

# ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG THIẾT BỊ SẤY VI SÓNG CHÂN KHÔNG DỰA TRÊN SỰ BIẾN ĐỔI CÁC THÀNH PHẦN DINH DƯỠNG Ở KHOAI LANG TÍM

Phan Thế Duy\*, Nguyễn Thành Văn,  
Võ Thị Dâng Dâng, Đỗ Văn Thanh

Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm TP.HCM

\*Email: [duypt@hufi.edu.vn](mailto:duypt@hufi.edu.vn)

Ngày nhận bài: 28/02/2022; Ngày chấp nhận đăng: 15/4/2022

## TÓM TẮT

Sấy vi sóng chân không là một trong những kỹ thuật sấy tiên tiến đang được nghiên cứu và ứng dụng nhiều trong thời gian gần đây. Trong quá trình sấy vi sóng chân không, nhiệt năng được cung cấp bằng năng lượng điện từ trường để làm nóng vật liệu, ở điều kiện chân không. Bài báo này trình bày các kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình sấy vi sóng chân không đối với thời gian sấy, hàm lượng đường tổng và hàm lượng protein của khoai lang tím ở những điều kiện khác nhau về áp suất chân không (65, 75, 85 kPa) và công suất vi sóng (80, 240, 400 W); so sánh với quá trình sấy đối lưu bằng không khí nóng khi sản phẩm đạt cùng độ ẩm  $\leq 5,0\%$ . Kết quả cho thấy áp suất chân không và công suất vi sóng có ảnh hưởng đến hàm lượng đường tổng và hàm lượng protein của mẫu sau sấy. Hàm lượng đường tổng và protein lớn nhất lần lượt là 13,46 g/100 g nguyên liệu khô và 3,27 g/100 g nguyên liệu khô ở điều kiện công suất vi sóng 80 W, áp suất chân không 85 kPa và thời gian sấy 20 phút. Mẫu khoai lang tím sấy vi sóng chân không có tổng lượng đường và lượng protein thất thoát thấp hơn mẫu trong điều kiện sấy đối lưu cưỡng bức bằng không khí nóng với sự khác biệt có ý nghĩa ( $p \leq 0,05$ ).

*Từ khóa:* Sấy vi sóng chân không, sấy đối lưu không khí nóng, hàm lượng đường tổng, protein, khoai lang tím.

## 1. MỞ ĐẦU

Sấy là một quá trình làm giảm hàm ẩm có trong nguyên liệu dựa vào nguyên lý chênh lệch áp suất hơi riêng phần của nước trên bề mặt nguyên liệu và môi trường xung quanh khi sử dụng tác nhân là nhiệt [1]. Sấy vi sóng chân không có thể là phương pháp thay thế để tạo ra những sản phẩm sấy chất lượng cao, phương pháp này kết hợp các lợi ích của việc làm khô bằng năng lượng vi sóng và làm khô trong môi trường chân không [2]. Một trong những ưu điểm của sấy bằng lò vi sóng là thời gian sấy rất ngắn. Sự hấp thụ năng lượng vi sóng của sản phẩm ướt phụ thuộc vào sự phân bố độ ẩm gây ra sự gia nhiệt có chọn lọc trong phần bên trong. Do đó, phần có độ ẩm thấp của vật liệu ướt sẽ được bảo vệ khỏi quá nhiệt. Hơn thế nữa, sự co rút của thực phẩm trong quá trình sấy bằng lò vi sóng có thể được giảm bớt do sự gia nhiệt thể tích bên trong sản phẩm. Sấy chân không cho phép sản phẩm được sấy ở nhiệt độ thấp, nó đặc biệt thích hợp cho các sản phẩm thực phẩm nhạy cảm với nhiệt và trái cây có hàm lượng đường cao. Do đó, lò vi sóng sấy chân không cho phép quá trình sấy được thực hiện trong thời gian ngắn và nhiệt độ tương đối thấp. Điều này dẫn đến hiệu quả của quá trình sấy khô, bảo toàn giá trị dinh dưỡng, màu sắc, kết cấu và hương vị [3]. Sự ra đời của phương pháp sấy vi sóng trong môi trường chân không đánh dấu sự ưu thế hơn trong việc cải thiện các nhược điểm hiện có của các phương pháp sấy trước đó cho ngành công nghiệp thực phẩm nói

riêng cũng như các ngành công nghiệp khác nói chung, đồng thời cũng để sản xuất ra các sản phẩm có chất lượng cao.

Phương pháp sấy vi sóng thuộc nhóm điện trường cao tần, không ảnh hưởng đến sức khỏe người tiêu dùng đã được hiệp hội bảo vệ sức khỏe người tiêu dùng Mỹ công nhận vào năm 2009, và đã được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực chế biến: Sấy khô, chân hấp, sấy khô trong chân không, làm chín trong sản xuất thịt hay rau củ quả [4].

Khoai lang tím có nguồn gốc từ Nhật Bản, có tên khoa học là Okinawan. Đây là một nguồn thực phẩm chứa nhiều chất dinh dưỡng cần thiết cho con người bao gồm chủ yếu là tinh bột (12,7 g), protein (1,6 g), và vitamin C, vitamin nhóm B và các khoáng chất khác, kết quả được tính trên 100 g nguyên liệu [5, 6]. Do đó, mục tiêu của nghiên cứu này nhằm xác định được ảnh hưởng hưởng điều kiện sấy vi sóng chân không đến nguồn nguyên liệu này, từ đó xác định được khả năng ứng dụng trong thực tế nhằm chế biến sâu nguồn khoai lang tím tại địa phương.

## **2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

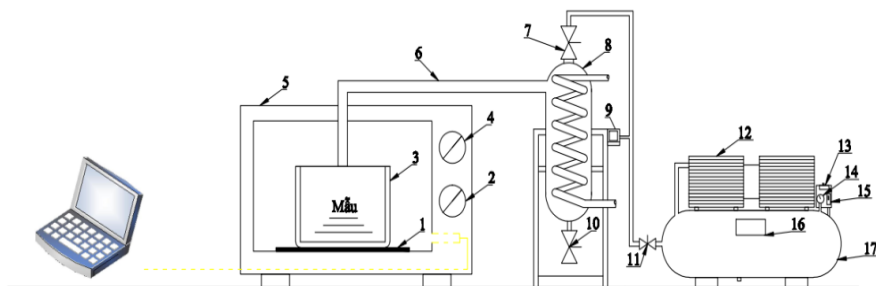
### **2.1. Nguyên liệu**

Khoai lang tím sử dụng trong nghiên cứu được mua tại huyện Bình Tân, tỉnh Vĩnh Long, nguyên liệu khoai được chọn theo tiêu chuẩn da trơn, không bị trầy xước, không sâu bệnh, chưa mọc mầm, đồng đều nhau về kích thước. Nguyên liệu được thu hoạch ở vụ đông xuân, sau 78-80 ngày trồng. Nguyên liệu khoai có độ ẩm 70,56%, hàm lượng đường tổng là  $14,28 \pm 0,37$  g/100 g nguyên liệu khô và hàm lượng protein là  $5,69 \pm 0,39$  g/100 g nguyên liệu khô. Củ khoai sau khi được làm sạch, gọt vỏ, cắt lát mỏng theo đường kính củ với độ dày  $0,5 \pm 0,01$  mm. Sau đó chân qua nước sôi ở 100 °C trong 15 giây rồi làm nguội bằng cách ngâm nước cất ở nhiệt độ phòng trong 1 phút.

### **2.2. Mô hình thiết bị sấy vi sóng chân không**

Mô hình sấy vi sóng chân không được thiết kế từ lò vi sóng SHARP, Model R-20A1(S)VN thể tích 22 L, công suất đầu phát vi sóng tối đa là 800 W, tần số 2450 MHz. Buồng chân không được thiết kế bởi một chén thủy tinh (đặt bên trong lò, chịu nhiệt lên đến 400 °C) nối với hệ thống bơm chân không bằng ống nhựa Teflon có khả năng đạt được mức áp suất chân không tối đa 90 kPa. Một hệ thống quay được sử dụng để cho phép buồng chân không quay cùng với bàn xoay, làm giảm sự không đồng nhất bởi sự hấp thụ vi sóng của các mẫu trong quá trình sấy. Độ chân không được điều khiển bằng cảm biến áp suất âm SPSA-TPC (Model V01). Ngoài ra, thiết bị ngưng tụ được lắp nối tiếp giữa buồng chân không và hệ thống bơm nhằm loại bỏ hơi nước thoát ra trong quá trình sấy, nhằm bảo vệ bơm chân không.

Lò vi sóng dân dụng sử dụng trong nghiên cứu này được công bố hoạt động ở các mức công suất định danh của nhà sản xuất (80, 240, 400, 640, 800 W), nhưng bản chất là hoạt động theo chu kỳ bật tắt nguồn phát vi sóng (30 giây/chu kỳ). Tại mỗi chu kỳ, lò vi sóng hoạt động theo nguyên lý phát vi sóng với công suất cực đại hoặc không phát vi sóng (công suất không). Ở 800 W, nguồn phát vi sóng luôn bật; còn mức 80 W bật trong 6 giây rồi tắt trong 24 giây tiếp theo; ở mức công suất 240 W, nguồn phát được bật trong 12 giây rồi tắt đi trong 18 giây, ngược lại ở 400 W thì bật 18 giây tắt đi 12 giây.



Hình 1. Mô hình thiết bị sấy vi sóng trong môi trường chân không

- |  |  |
|--|--|
| 1. Đĩa xoay                              | 2. Bộ phận đếm thời gian                 |
| 3. Buồng sấy (buồng chân không)          | 4. Bộ phận điều khiển mức công suất phát |
| 5. Lò vi sóng                            | 6. Ống dẫn Teflon                        |
| 7,10,11. Van một chiều                   | 8. Đầu phát vi sóng                      |
| 9. Bộ phận điều khiển áp suất chân không | 12. Bơm chân không không dầu             |
| 13. Công tắc khẩn cấp                    | 14. Đồng hồ áp suất chân không           |
| 15. Công tắc bơm chân không              | 16. Role đóng ngắt                       |
| 17. Bình tích áp                         |  |

### 2.3. Phương pháp thí nghiệm

Khoai lang tím sau khi xử lý được xếp vào buồng chân không, khối lượng  $40 \pm 2$  g (tương đương 24 - 26 lát khoai), tiến hành thí nghiệm sấy ở các điều kiện thiết lập theo thiết kế thí nghiệm: công suất vi sóng (80, 240, 400 W) và áp suất chân không (65, 75, 85 kPa) cho đến khi độ ẩm của mẫu khoai lang  $\leq 5,0\%$ ; ghi nhận lại thời gian cần cho một mẫu sấy tại từng điều kiện. Độ ẩm được xác định bằng cân sấy ẩm hồng ngoại. Thời gian sấy được tính bằng bộ đếm thời gian tích hợp trong lò sấy vi sóng. Một thí nghiệm đối chứng được thực hiện theo phương pháp sấy đối lưu với không khí nóng, mẫu khoai lang tím được xử lý tương tự như mẫu sấy vi sóng chân không nhưng được sấy trong tủ sấy (Mettler, UN110) ở nhiệt độ  $60^\circ\text{C}$ , ghi nhận thời gian sấy cho đến khi mẫu đạt được độ ẩm  $\leq 5,0\%$ .

### 2.4. Phương pháp phân tích

Hàm lượng đường tổng được xác định dựa trên phản ứng tạo màu giữa đường khử với thuốc thử axit dinitrosalicylic (DNS) [7]. Cường độ màu của hỗn hợp phản ứng tỉ lệ thuận với nồng độ đường khử trong một phạm vi nhất định, tiến hành so màu ở bước sóng 540 nm. Dựa theo đồ thị đường chuẩn của glucose tinh khiết với các nồng độ: 0, 100, 200, 300, 400, 500, 1000 ppm. 5 g mẫu đã được đồng nhất cho vào 50 mL ethanol, lắc đều, đun cách thủy trong 30 phút ở nhiệt độ  $80^\circ\text{C}$ ; sau đó tiến hành lọc dung dịch bằng giấy lọc. Sau đó cho HCl 10%, đun cách thủy thêm 5 phút, để nguội, trung hòa bằng NaOH và lắc đều. Hút 1 mL dịch lọc cho vào ống nghiệm đã có sẵn 0,5 mL thuốc thử DNS, lắc đều các ống nghiệm. Cho các ống nghiệm vào nồi cách thủy đang sôi đúng 10 phút, để nguội, pha loãng bằng nước cất rồi đem đi xác định độ hấp thụ tại bước sóng 540 nm.

Hàm lượng protein được xác định bằng phương pháp Kjeldahl. Mẫu được vô cơ hóa bằng dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  đậm đặc thu được nitơ ở dạng  $\text{NH}_4^+$ , NaOH được dùng đẩy ammonia ra khỏi muối, dùng hơi nước kéo ammonia ra khỏi muối trong bộ chưng cất đạm. Định lượng  $\text{NH}_3$  bay ra theo phương pháp chuẩn độ thể bằng HCl 0,1N với chỉ thị Tashiro. Cân 1 g mẫu, 10 g hỗn hợp xúc tác  $\text{CuSO}_4:\text{K}_2\text{SO}_4$  (1:10) và 15 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  đặc cho vào ống phá mẫu. Thực hiện vô cơ

hóa mẫu trong hệ thống phá mẫu thích hợp đến khi thu được dung dịch trong suốt, tiến hành chưng cất đậm trong thiết bị chưng cất đậm bán tự động nhằm chuyển  $\text{NH}_3$  vào các bình hấp thụ. Chuẩn độ bằng dung dịch chuẩn  $\text{HCl}$  0,1N với chỉ thị Tashiro, dung dịch chuyển màu từ xanh sang tím, ghi lại thể tích  $\text{HCl}$  0,1N tiêu tốn. Hàm lượng protein được xác định bằng hàm lượng nitơ tổng số nhân cho hệ số chuyển đổi 6,25.

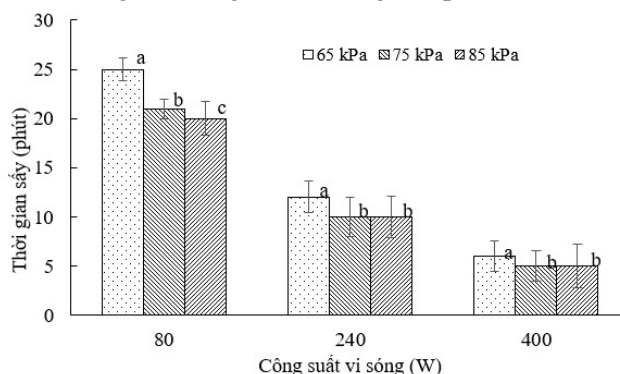
## 2.5. Phương pháp xử lý số liệu

Đồ thị được vẽ bằng phần mềm Microsoft Excel 2016 với độ lệch chuẩn (STD). Số liệu được thu thập và xử lý bằng phần mềm Minitab 19. Các thí nghiệm được bố trí ngẫu nhiên, lặp lại 3 lần, phương pháp phân tích phương sai một chiều (one-way ANOVA) và LSD (Least significant difference) được sử dụng để so sánh kết quả thu được giữa các mức yếu tố khảo sát với  $\alpha = 0,05$ .

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Ảnh hưởng của công suất vi sóng và áp suất chân không đến thời gian sấy

Trong quá trình sấy, thời gian là một yếu tố rất quan trọng, tuy nhiên nó còn chịu ảnh hưởng bởi các yếu tố như nguyên liệu, thông số kỹ thuật thiết bị, phương pháp sấy, v.v. Nghiên cứu này theo dõi sự ảnh hưởng của công suất vi sóng và áp suất chân không đến thời gian sấy.



Hình 2. Ảnh hưởng của công suất vi sóng và áp suất chân không đến thời gian sấy (Các chữ a, b, c thể hiện sự khác biệt ở mức ý nghĩa ( $\alpha = 5\%$ ) qua phép thử LSD)

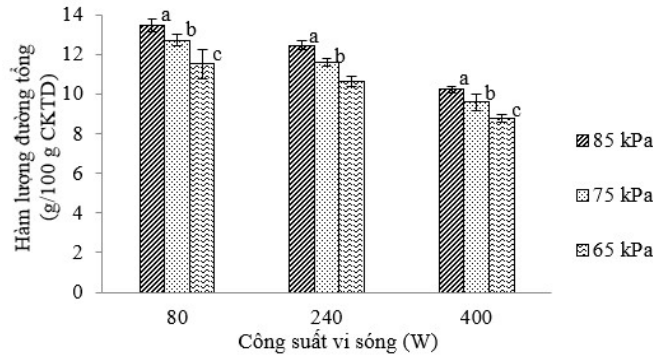
Thời gian sấy có sự chênh lệch rõ khi thay đổi các yếu tố khảo sát được thể hiện trong Hình 2. Thời gian sấy giảm ở cùng một mức áp suất chân không khi tăng công suất vi sóng. Thời gian sấy khô cần thiết để độ ẩm của mẫu đạt dưới 5,0% ở áp suất chân không 65 kPa từ 25 phút chỉ còn 6 phút khi công suất thay đổi từ 80 W đến 400 W. Ở công suất vi sóng 400 W và áp suất chân không 85 kPa, thời gian sấy là ngắn nhất, chỉ 5 phút. Xu hướng tương tự cũng được phát hiện ở các mức công suất phát vi sóng và áp suất chân không còn lại. Độ ẩm của mẫu giảm nhanh chóng trong quá trình gia nhiệt bằng vi sóng do nhiệt được tạo ra bên trong mẫu gây chênh lệch áp suất hơi lớn giữa tâm và bề mặt của mẫu [8]. Công suất vi sóng càng lớn thì mẫu nhận năng lượng càng nhiều, nhiệt được tạo ra càng lớn, nước hoá hơi càng nhanh nên thời gian sấy ngắn.

Hình 2 biểu diễn sự ảnh hưởng của áp suất chân không đến thời gian sấy ở các mức công suất vi sóng khác nhau. Khi áp suất chân không tăng từ 65 kPa đến 85 kPa thì thời gian sấy giảm cho tất cả các mức công suất, cụ thể ở công suất 80 W thời gian sấy giảm dần từ 25 phút còn 20 phút. Tương tự với công suất 240 W, thời gian sấy giảm từ 12 phút xuống 10 phút. Ở công suất 400 W, thời gian sấy không có sự khác biệt bởi vì công suất vi sóng lớn, cung cấp

nhieu năng lượng làm tốc độ hoá hơi nhanh, thời gian sấy ngắn. Áp suất chân không tăng thì thời gian sấy sẽ giảm ở các mức công suất vi sóng bởi vì áp chân không lớn thì nhiệt hoá hơi của nước sẽ giảm vì thế nước trong nguyên liệu dễ thoát ra hơn so với áp suất chân không thấp.

### 3.2. Ảnh hưởng của công suất vi sóng và áp suất chân không đến hàm lượng đường tổng

Vi sóng khi truyền qua mẫu sẽ gia nhiệt cho chúng. Nước, đường tổng và các chất trong thực phẩm hấp thụ năng lượng vi sóng trong một quá trình gọi là gia nhiệt điện môi. Trong điều kiện chân không, năng lượng vi sóng được cung cấp ở mức độ phân tử gây ra những biến đổi trong thành phần dinh dưỡng của khoai lang tím.



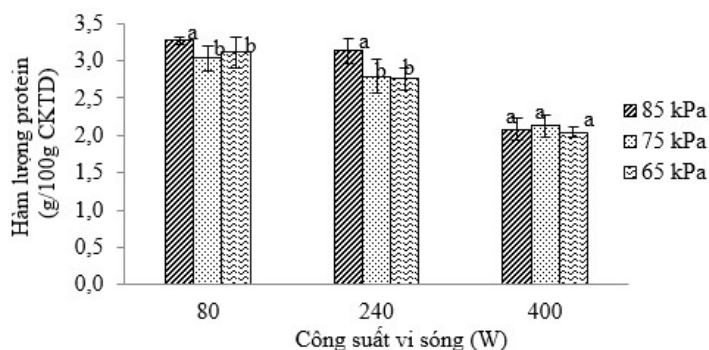
Hình 3. Hàm lượng đường tổng ở các mức công suất vi sóng và áp suất chân không khác nhau (Các chữ a, b, c thể hiện sự khác biệt ở mức ý nghĩa ( $\alpha = 5\%$ ) qua phép thử LSD).

Hàm lượng đường tổng của khoai lang tím ở các điều kiện sấy khác nhau được trình bày trong Hình 3. Kết quả cho thấy công suất vi sóng có ảnh hưởng đến hàm lượng đường tổng có ý nghĩa ( $p \leq 0,05$ ). Cùng điều kiện áp suất chân không 85 kPa, công suất vi sóng 80 W đạt được hàm lượng đường tổng lớn nhất là  $13,46 \pm 0,33$  g/100 g nguyên liệu khô, sau đó giảm dần còn  $10,25 \pm 0,77$  g/100 g nguyên liệu khô tại công suất 400 W. Xu hướng này cũng xảy ra tương tự ở các áp suất chân không còn lại khi tăng công suất vi sóng. Như vậy áp suất chân không giống nhau thì hàm lượng đường tổng sẽ tăng khi công suất vi sóng giảm dần. Nguyên nhân chính là phản ứng Maillard làm giảm hàm lượng đường tổng trong quá trình sấy [9]. Công suất vi sóng càng cao, mẫu khoai lang tím tiếp xúc với vi sóng càng lâu, nhận nhiều năng lượng hơn trong một chu kỳ, nhiệt độ tăng làm phản ứng Maillard xảy ra nhiều hơn. Còn ở công suất vi sóng thấp thời gian tiếp xúc vi sóng trên một chu kỳ ngắn hơn nên hạn chế sự biến đổi của đường.

Tác động của áp suất chân không đến hàm lượng đường tổng trong mẫu khoai lang tím ở các điều kiện công suất khác nhau được thể hiện trong Hình 3. Áp suất chân không tăng từ 65 kPa lên 85 kPa thì hàm lượng đường tổng tăng từ  $8,78 \pm 0,21$  g/100 g nguyên liệu khô đến  $10,25 \pm 0,77$  g/100 g nguyên liệu khô (công suất vi sóng 400 W), quy luật này cũng được phát hiện ở các công suất vi sóng còn lại. Áp suất chân không có ảnh hưởng có ý nghĩa đến hàm lượng đường tổng của sản phẩm sau sấy, áp suất càng lớn thì nhiệt hoá hơi của nước càng giảm vì thế làm tăng khả năng lưu giữ đường tổng trong mẫu sấy [10].

### 3.3. Ảnh hưởng của công suất vi sóng và áp suất chân không đến hàm lượng protein

Khoai lang tím là một trong những giống khoai có hàm lượng protein nhiều nhất, vì thế sự biến đổi hàm lượng protein trong quá trình sấy là rất điều rất đáng lưu tâm.



Hình 4. Hàm lượng protein ở các mức công suất vi sóng và áp suất chân không khác nhau (Các chữ a, b, c thể hiện sự khác biệt ở mức ý nghĩa ( $\alpha = 5\%$ ) qua phép thử LSD).

Hàm lượng protein trong mẫu khoai lang tím sấy cùng điều kiện áp suất chân không 85 kPa, lần lượt tại mức công suất 80 W là  $3,27 \pm 0,05$  g/100 g nguyên liệu khô, 240 W là  $3,13 \pm 0,17$  g/100 g nguyên liệu khô, 400 W là  $2,08 \pm 0,2$  g/100 g nguyên liệu khô. Nhận thấy hàm lượng protein giảm dần, tỷ lệ nghịch với công suất vi sóng; công suất vi sóng càng thấp thì hàm lượng protein càng cao. Bởi vì nhiệt tạo ra từ năng lượng vi sóng có thể phá hủy cấu trúc protein, dẫn đến thay đổi liên kết hydro, tương tác kỵ nước và liên kết disulfua [10]. Ở mức công suất vi sóng thấp, thời gian tiếp xúc vi sóng với nguyên liệu ngắn nên nhiệt độ của mẫu sẽ thấp hơn so với mức công suất vi sóng cao hơn. Từ đó có thể thấy thời gian tiếp xúc vi sóng trong một chu kỳ của mẫu càng lâu thì hàm lượng protein càng giảm.

Khi áp suất chân không tăng lần lượt từ 65 kPa đến 75 kPa và 85 kPa, công suất phát vi sóng 400 W, hàm lượng protein không có sự khác biệt rõ ràng. Điều này lặp lại ở hai mức công suất thấp hơn là 80 W và 240 W. Như vậy, áp suất chân không không ảnh hưởng nhiều đến sự thay đổi hàm lượng protein của khoai lang tím sấy.

### 3.4. Đánh giá thời gian sấy và sự biến đổi hàm lượng đường tổng, protein của phương pháp sấy vi sóng chân không và sấy đối lưu

Cho đến nay, sấy đối lưu bằng không khí nóng là phương pháp phổ biến nhất được sử dụng để làm khô thực phẩm, tuy nhiên phương pháp này tồn tại rất nhiều nhược điểm như thời gian sấy lâu cũng như các chất dinh dưỡng bị suy giảm đáng kể.

Bảng 1. So sánh thời gian sấy, hàm lượng đường tổng, hàm lượng protein khi độ ẩm khoai lang tím  $\leq 5,0\%$  giữa sấy vi sóng chân không và sấy đối lưu bằng không khí nóng

| Phương pháp                           | Thời gian sấy | Hàm lượng đường tổng (g/100 g nguyên liệu khô) | Hàm lượng protein (g/100 g nguyên liệu khô) |
|---------------------------------------|---------------|--|---|
| Sấy vi sóng chân không (85 kPa, 80 W) | 20 phút       | $13,46 \pm 0,33^a$                             | $3,27 \pm 0,05^a$                           |
| Sấy đối lưu không khí nóng (60 °C)    | 360 phút      | $8,94 \pm 0,15^b$                              | $2,10 \pm 0,03^b$                           |

(Các chữ a, b, c thể hiện sự khác biệt ở mức ý nghĩa ( $\alpha = 5\%$ ) qua phép thử LSD)

Để đánh giá tính ưu việt khi sấy khoai lang tím bằng phương pháp sấy vi sóng chân không, tiến hành so sánh với mẫu sấy đối lưu không khí nóng ở 60 °C. Các giá trị thời gian, hàm lượng đường tổng và hàm lượng protein được thể hiện ở Bảng 1. Trong thí nghiệm sấy vi sóng chân không tại điều kiện công suất 80 W, áp suất 85 kPa thu được cho giá trị hàm lượng đường tổng và protein cao nhất, vì thế kết quả này được dùng để so sánh với giá trị từ mẫu sấy đối lưu ở 60 °C. Dựa vào Bảng 1, tổng thời gian sấy của phương pháp sấy bằng vi sóng chân

không (85 kPa, 80 W) cho đến khi mẫu đạt độ ẩm  $\leq 5,0\%$  chỉ có 20 phút trong khi đó thời gian sấy đối lưu tiêu tốn đến 360 phút (6 giờ) với cùng một khối lượng nguyên liệu ban đầu. Sở dĩ, sấy vi sóng chân không cho thời gian sấy rất ngắn bởi vì trong quá trình sấy, vi sóng truyền qua những lát khoai lang tím và gia nhiệt cho chúng. Năng lượng vi sóng được cung cấp trực tiếp ở mức độ phân tử thông qua sự tương tác với trường điện từ, đặc biệt, là thông qua ma sát phân tử, là kết quả của sự quay lưỡng cực điện ở các phân tử theo dao động trường điện từ. Cơ chế chính gia nhiệt bằng vi sóng là sự quay của lưỡng cực điện và phân cực ion (cơ chế phân cực hoá lưỡng cực - Dipolar polarization Mechanism). Như vậy, chỉ có những vật liệu có độ phân cực đủ lớn thì tác dụng gia nhiệt bằng vi sóng mới có kết quả mong đợi. Nước trong thực phẩm là thành phần chủ yếu có lưỡng cực điện, có vai trò rất lớn trong gia nhiệt điện môi. Với cấu trúc lưỡng cực điện, có các điện tích dương và âm ở 2 đầu, do đó các phân tử nước sẽ quay theo chiều song song với điện trường ngoài. Dao động điện trường xoay chiều làm quay đảo chiều các phân tử, va chạm với các phân tử khác và buộc chúng chuyển động, dẫn tới sự chuyển hoá năng lượng phân tán này thành năng lượng nhiệt. Ở tần số siêu cao, các phân tử đảo chiều liên tục, tạo ra sự chuyển hoá năng lượng cao, dẫn tới sự gia nhiệt rất nhanh nên thời gian sấy sẽ ngắn [2]. Với phương pháp sấy đối lưu bằng không khí nóng thì nhiệt lượng được truyền gián tiếp qua môi chất là không khí, không khí chỉ tiếp xúc đến bề mặt của mẫu, còn phụ thuộc rất nhiều vào quá trình truyền ẩm bên trong mẫu sấy nên thời gian sấy rất dài. Ngoài ra, sấy đối lưu không khí nóng ở điều kiện áp suất bình thường làm phản ứng Maillard và các phản ứng khác xảy ra nhiều hơn, vì thế hàm lượng đường tổng và protein thấp hơn đáng kể so với phương pháp sấy vi sóng chân không [11].

#### 4. KẾT LUẬN

Những nghiên cứu ban đầu về tác dụng của sấy vi sóng chân không cho thấy công suất vi sóng và áp suất chân không có ảnh hưởng rõ rệt đến hàm lượng đường tổng và hàm lượng protein của mẫu khoai lang tím sau sấy. Việc sử dụng công suất vi sóng càng lớn và áp suất chân không càng nhỏ làm giảm hàm lượng đường tổng và hàm lượng protein. Trong điều kiện sấy với công suất vi sóng 80 W, áp suất chân không 85 kPa cho sản phẩm có hàm lượng đường tổng và protein lớn nhất. So sánh mẫu khoai lang tím sấy vi sóng chân không ở điều kiện công suất vi sóng 80 W, áp suất chân không 85 kPa và mẫu sấy đối lưu không khí nóng ở 60 °C cho thấy thời gian thực hiện sấy vi sóng chân không nhanh hơn gấp 18 lần nhờ cơ chế tác động đặc biệt của vi sóng. Kết quả thu được khi sấy vi sóng chân không chỉ cần 20 phút trong khi đó thời gian sấy đối lưu không khí nóng cần tới hơn 360 phút (6 giờ) để đạt được độ ẩm tương đối với mức sấy vi sóng chân không ( $\leq 5,0\%$ ). Ngoài ra hàm lượng đường tổng và protein cũng cao hơn lần lượt là 1,50 và 1,55 lần so với sấy đối lưu bằng không khí nóng. Kết quả nghiên cứu đánh giá sự tác động của công suất vi sóng cũng như áp suất chân không đến củ khoai lang tím cũng như đánh giá được sự vượt trội so với phương pháp sấy đối lưu bằng không khí nóng.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Văn Phú - Kỹ thuật sấy, Nhà xuất bản Giáo dục (2008) tr.5.
2. Schubert H., Regier M., Knoerzer K. - The microwave processing of foods, Taylor & Francis USA (2005) 4-79.
3. Yongsawatdigul J., Gunasekaran S. - Microwave-vacuum drying of cranberries: Part II. Quality evaluation, J. Food Process. Preserv **146** (1996) 145-156. DOI: j.1745-4549.1996.tb00851.x
4. Raghavan G.S., Orsat V., Mead V. - Microwave processing of foods, Stewart Postharvest Review **4** (2005) 3-7.

5. Giri N.A., Sakhale B.K. - Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.): A valuable tropical tuber crop: A review, *The Pharma Innovation Journal* **183** (2019) 182-191.
6. Mohanraj R., Sivasankar S. - Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L. Lam) - A valuable medicinal food: A review, *Journal of Medicinal Food* **17** (7) (2014) 733-741. DOI: 10.1089/jmf.2013.2818
7. Miller G.L. - Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar, *Analytical Chemistry* **427** (1959) 426-428. DOI: 10.1021/ac60147a030
8. Attanasio G., Cinquanta L., Albanese D., Matteo M.D. - Effects of drying temperatures on physico-chemical properties of dried and rehydrated chestnuts (*Castanea sativa*), *Food Chemistry* **88** (4) (2004) 583-590. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.01.071
9. Uribe E, Marin D., Vega-Galvez A., Quispe-Furtes I., Rodriguez A. - Assessment of vacuum-dried peppermint (*Mentha piperita* L.) as a source of natural antioxidants, *Food Chemistry* **190** (2016) 559-565. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.05.108
10. Liu P., Zhang M., Mujumdar A.S. - Comparison of three microwave-assisted drying methods on the physiochemical, nutritional and sensory qualities of restructured purple-fleshed sweet potato granules, *International Journal of Food Science and Technology* **47** (2012) 141-147. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2011.02819.x
11. Teodorowicz M., Van Neerven J., Savelkoul H. - Food processing: The influence of the maillard reaction on immunogenicity and allergenicity of food proteins, *Nutrients* **9** (2017) 835-853. DOI: 10.3390/nu9080835.

## ABSTRACT

### ASSESSING THE APPLICABILITY OF VACUUM MICROWAVE DRYING PROCESS BY THE CHANGES OF NUTRITIONAL COMPONENTS IN PURPLE SWEET POTATO

Phan The Duy\*, Nguyen Thanh Van,  
Vo Thi Dang Dang, Do Van Thanh  
*Ho Chi Minh City University of Food Industry*  
\*Email: duypt@hufi.edu.vn

Microwave vacuum drying is one of the most advanced drying techniques being investigated recently for applying. In the microwave vacuum drying process, the material is heated by electromagnetic energy, under vacuum conditions. This report presents the results of research on the effect of microwave vacuum drying on drying time, total sugar content, and protein content of purple sweet potato under different conditions of vacuum pressure (65, 75, 85 kPa) and microwave power (80, 240, 400 W); compared with hot air convection drying process when the same samples at moisture content  $\leq 5.0\%$ . The results show that vacuum pressure and microwave power affect the samples' total sugar and protein content after drying. The maximum total sugar and protein contents were 13.46 g and 3.27 g, respectively, at a microwave power of 80 W, the vacuum pressure of 85 kPa. The vacuum microwave dried purple sweet potato samples had lower total sugar and protein losses than those dried under forced convection drying by hot air with a significant difference ( $p \leq 0.05$ ).

**Keywords:** Vacuum microwave drying, hot air convection drying, total sugar content, protein, purple sweet potato.