

TỐI ƯU HÓA ĐIỀU KIỆN SẤY PHUN DỊCH TRÍCH LY NẤM VÂN CHI (*Coriolopsis aspera*) TẠI VIỆT NAM

Đến tòa soạn 09-03-2021

Nguyễn Ngọc Thuần, Đàm Sao Mai, Nguyễn Thị Nữ Trinh, Nguyễn Ngọc Tuấn
Viện Công nghệ Sinh học – Thực phẩm, Trường Đại học Công nghiệp TP Hồ Chí Minh

Nguyễn Ngọc Thuần, Lê Trung Thiên

Khoa Công nghệ thực phẩm, Trường Đại học Nông Lâm TP Hồ Chí Minh

Trịnh Ánh Nguyệt

Khoa Dinh dưỡng Cộng đồng, Trường Cao Đẳng Sư phạm Trung ương TP Hồ Chí Minh

SUMMARY

OPTIMIZING THE CONDITIONS OF *Coriolopsis aspera* SPRAY DRYING IN VIETNAM

The objectives of studying the effects of spray drying conditions such as inlet drying temperature, carrier content, feed flow rate on powder recovery efficiency, moisture content, reduction of free radical scavenging capacity, total flavonoid content, total polyphenol content, total triterpen content (RSA, TFC, TPC, TTC) of spray drying powder. Performance results for optimized experiment design. The one-factor experiment, the Box-Behnken mathematical model design was optimized in the spray drying process of the *Coriolopsis aspera*. The optimal parameters of spray drying with ethanol extract to extract TTC content are at least as follows: inlet drying temperature 1330C, carrier content 16% (w / w), feed flow 22.5ml / min then The prediction results of the target functions are 42,201% powder recovery efficiency, 2.936% powder moisture and 9.224% RSA reduction, 2.358% TFC reduction, 4.12% TPC reduction, 0.989% TTC reduction. The control results were exactly the same as the predicted results. That means the predicted values are consistent with the optimal values.

Keywords: *Coriolopsis aspera*, optimization, process of spray drying.

1. GIỚI THIỆU

Nấm *Coriolopsis aspera* được sử dụng như các loại thuốc truyền thống ở một số quốc gia Châu Á để điều trị nhiều bệnh bởi vì nó như là nguồn chất chống oxy hóa, chất chống ung thư, thuốc chống vi rút, thuốc chống vi khuẩn và thuốc điều hòa miễn dịch [18,27]. Các nghiên cứu gần đây đã cho thấy dịch chiết xuất từ nấm vân chi có rất nhiều hoạt tính sinh học bao gồm các hoạt động kháng khuẩn, kháng vi-rút, kháng nấm, chống ung thư [4,19,21]. Cụ thể là dịch chiết xuất ethanol từ nấm vân chi ức chế sự tăng sinh tế bào khối u của bệnh bạch cầu, tuyến vú và cổ tử cung [17]. Theo kết quả định

tính trong thành phần dịch cao chiết nấm vân chi từ dung môi ethanol hay methanol có chứa các nhóm chất terpenoids, saponins, steroids, flavonoids, phenols, tannins, alkaloids [9,25]. Trong dịch chiết ethanol của nấm vân chi còn có tác dụng kích thích hệ miễn dịch và chống oxy hóa do đó có thể được sử dụng cho thực phẩm bổ sung [13,15]. Từ những ý trên cho thấy dịch chiết từ nấm *Coriolopsis aspera* có khả năng ứng dụng trong chế biến thực phẩm làm thực phẩm bổ sung do hoạt tính sinh học đa dạng đặc biệt là nhóm chất triterpens. Nhóm chất này, trong quá trình chế biến bảo quản ít nhiều hoạt tính sinh học sẽ bị giảm. Để khắc

phục điều đó kỹ thuật vi bao bằng công nghệ sấy phun có thể áp dụng [26]. Sấy phun là công nghệ được sử dụng phổ biến nhất, vì nó là một quá trình liên tục, chi phí thấp, tạo ra các vi hạt khô có chất lượng tốt [24]. Theo nghiên cứu của Yoshii và cộng sự 2001, bổ sung gelatin 1% vào trong thành phần chất mang thì có thể bảo vệ chất hoạt tính sinh học trong quá trình sấy phun [30].

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP:

2.1. Vật liệu:

Nấm vân chi *Coriolopsis aspera* tự nhiên được thu nhận tại vườn Quốc Gia Pù Mát nằm ở 18°46' vĩ độ Bắc và 104°24' độ kinh Đông thuộc tỉnh Nghệ An. Sau đó nấm được nuôi trồng tại vườn sinh học của trường Đại Học Công Nghiệp Tp HCM. Nguyên liệu nấm đem nghiên cứu được thu hoạch có kích thước trung bình của quả thể từ 5-7 cm, thời gian thu hoạch khoảng 50-60 ngày

2.2. Hóa chất và thuốc thử

Gelatin (hãng Himedia, Ấn Độ), Kẹo cao su Ả Rập (hãng Himedia, Ấn Độ), maltodextrin (DE 16-19 hãng Brenntag, Mỹ), thuốc thử Folin-Ciocalteu, axit gallic, axit oleanolic, axit ascorbic, quercetin, 2, 2-Diphenyl-picrylhydrazyl (DPPH), được mua từ Sigma Aldrich (Sigma Chemicals Co., St. Louis, Tất cả các hóa chất khác được sử dụng trong nghiên cứu được mua thương mại và dùng để phân tích.

2.3. Xác định độ ẩm của bột

Độ ẩm của bột được xác định bằng cách sử dụng máy phân tích độ ẩm hồng ngoại (sartorius, model MA 160-1, Đức) ở nhiệt độ 105°C. Bột đem phân tích khoảng 1g được trải trên đĩa nhôm và đặt vào máy phân tích.

2.4. Xác định hiệu suất thu hồi bột sấy phun

Hiệu suất thu được ở mỗi lần sấy được tính toán theo công thức (1) dựa trên cách tính toán của [28].

Hiệu suất thu hồi (%) = $\frac{\text{Khối lượng bột thu được}}{\text{Khối lượng bột dự kiến}} \times 100$ (1)

Trong đó: Khối lượng bột dự kiến là lượng chất tan trong dịch trước khi sấy phun.

Khối lượng bột thu được là lượng bột thu được ở lọ thu mẫu tính theo hàm lượng chất khô.

2.5. Độ giảm RSA, TFC, TPC, TTC

Độ giảm RSA, TFC, TPC và TTC được tính theo công thức:

$$\text{Độ giảm RSA} = \frac{(RSA_t - RSA_s)}{RSA_t} \times 100 (\%)$$

Với RSA_t, RSA_s: khả năng chống oxy hóa trước và sau khi sấy phun.

$$\text{Độ giảm TFC} = \frac{(TFC_t - TFC_s)}{TFC_t} \times 100 (\%)$$

Với TFC_t, TFC_s: hàm lượng flavonoid tổng trước và sau khi sấy phun.

$$\text{Độ giảm TPC} = \frac{(TPC_t - TPC_s)}{TPC_t} \times 100 (\%)$$

Với TPC_t, TPC_s: hàm lượng polyphenol tổng trước và sau khi sấy phun.

$$\text{Độ giảm TTC} = \frac{(TTC_t - TTC_s)}{TTC_t} \times 100 (\%)$$

Với TTC_t, TTC_s: hàm lượng flavonoid tổng trước và sau khi sấy phun.

2.6. Quy trình sấy phun dịch chiết

2.6.1. Công đoạn chuẩn bị dịch sấy phun

Dịch trích ly từ nấm vân chi *Coriolopsis aspera* bằng dung môi ethanol với các thông số tối ưu được đem vi bao. Hỗn hợp chất mang bao gồm maltodextrin (DE từ 16-19 của Mỹ), gum arabic (Himedia, Ấn Độ), gelatin (Himedia, Ấn Độ) được phối theo tỷ lệ 0.94:0.05:0.01 [29], sau đó cho nước vào và gia nhiệt ở nhiệt độ 40°C để hỗn hợp các chất mang tan hoàn toàn. Cuối cùng thu được hỗn hợp dịch sấy phun và tiến hành đông hóa (HomoLab 2.50, 600 bar, FBF, Italia).

2.6.2. Công đoạn sấy phun

Quá trình tạo hạt vi bao bằng thiết bị sấy phun ở quy mô phòng thí nghiệm (Labplant SD-Basic Spray Dryer, Anh) với đầu phun có đường kính 0,5mm. Áp suất vào đầu phun cố định 3atm. Lượng không khí khô được cố định ở mức 70 m³ mỗi giờ. Nhiệt độ ở ống xả ẩm thường dao động 65-90°C.

2.7. Tối ưu hóa

Bước 1: Khảo sát yếu tố độc lập để tìm mức giới hạn trên và mức giới hạn dưới của các yếu tố như X₁: nhiệt độ đầu vào (°C), X₂: hàm lượng chất mang (%), X₃: lưu lượng nạp liệu (phút) ảnh hưởng đến hàm mục tiêu Y₁: hiệu suất (%), Y₂: độ ẩm bột (%), Y₃: độ giảm khả

năng khử gốc tự do (ppmVitC), Y₄: độ giảm hàm lượng TPC (%), Y₅: độ giảm hàm lượng TFC (%), Y₆: độ giảm hàm lượng TTC (%).

Bước 2: Lựa chọn mô hình toán học Box-Bohnken, đa thức bậc 2 để thực hiện tối ưu hóa theo phương pháp đáp ứng bề mặt (RSM). Sử dụng phần mềm JMP 10.0.0 để phân tích dữ liệu.

Bước 3: Kiểm chứng thực nghiệm.

2.8. Xử lý thống kê

Sử dụng phần mềm GMP 10.0.0 để thiết kế thí nghiệm tối ưu hóa theo phương pháp đáp ứng bề mặt. Sử dụng phần mềm Statgraphics centurion xv để phân tích phương sai (Anova) và độ lệch chuẩn. Sử dụng phần mềm microsoft excel để vẽ đồ thị.

3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

3.1. Thí nghiệm một yếu tố

3.1.1. Ảnh hưởng nhiệt độ đến hiệu suất, độ ẩm, độ giảm (RSA, TFC, TPC, TTC) của bột sắn phun.

Nhận xét hình 3.1 khi nhiệt độ tăng đến 160°C thì hiệu suất thu hồi bột không tăng nữa và đồng thời độ ẩm của bột càng giảm. Ở nhiệt độ 120-130°C sấy khó, bột rất dễ bị dính trên buồng sấy và cyclone do đó làm hiệu suất thu hồi bột giảm.

Trên hình 3.2 cho thấy nhiệt độ sấy tăng thì độ giảm (RSA, TFC, TPC) cao và độ ẩm của bột thu hồi thấp. Đối với độ giảm TTC ở nhiệt độ sấy từ 120°C -150°C có dấu hiệu giảm và từ nhiệt độ 160°C-170°C thì độ giảm TTC có tăng lên. Từ hình 3.1 và 3.2 chúng tôi chọn nhiệt độ 140°C để thí nghiệm tiếp theo vì độ giảm TTC (hàm mục tiêu quan tâm) ít và dễ sấy (bột không bị dính nhiều trên buồng sấy và cyclone).

3.1.2. Ảnh hưởng hàm lượng chất mang đến hiệu suất, độ ẩm, độ giảm (RSA, TFC, TPC, TTC) của bột sắn phun.

Nhận xét hình 3.3 khi tăng hàm lượng chất mang lên 14-16% thì hiệu suất thu hồi bột đạt giá trị cao nhưng sau đó có dấu hiệu giảm là do bột nó nhiều dính lên thành của buồng sấy và cyclone.

Nhận xét trên hình 3.4 ở hàm lượng chất mang 14 và 16% thì độ ẩm của bột sấy phun có độ

ẩm thấp nhất và độ giảm RSA, TFC, TPC, TTC là thấp nhất. Vì mong muốn độ giảm TTC là nhỏ nhất do đó lựa chọn hàm lượng chất mang 16% phù hợp cho thí nghiệm kế tiếp.

3.1.3. Ảnh hưởng lưu lượng nạp liệu đến hiệu suất, độ ẩm và độ giảm (RSA, TFC, TPC, TTC)

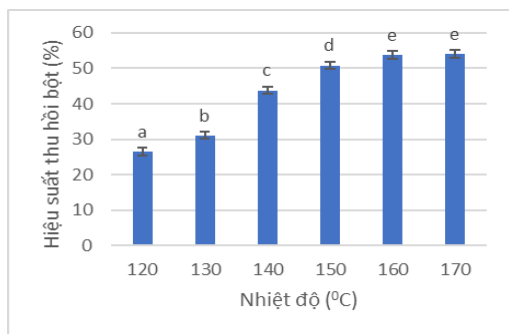
Nhận xét trên hình 3.5 cho thấy lưu lượng 25 ml/phút thì cho được hiệu suất thu hồi bột cao nhất, sau đó hiệu suất thu hồi có dấu hiệu giảm ở khoảng lưu lượng nạp liệu từ 30-35ml/phút. Điều đó phù hợp với quá trình sấy thực tế là lưu lượng nạp liệu cao đồng nghĩa với tốc độ sấy sẽ cao lúc đó bột chưa thoát ẩm tốt, dễ dàng bám lên cyclone và không rơi xuống lọ hứng sản phẩm.

Nhận xét trên hình 3.6 ở lưu lượng nạp liệu từ 10-25ml/ phút thì độ ẩm giảm và độ giảm RSA, TFC, TPC, TTC ít nhưng sau đó có dấu hiệu tăng trở lại. Điều đó cho thấy nếu lưu lượng nạp liệu thấp thì các có sự ảnh hưởng của nhiệt độ lên các chất chuyển hóa bậc 2 nhiều và ngược lại, nhưng nếu lưu lượng nạp liệu cao quá thì tốc độ sấy cao và sẽ làm cho bột sản phẩm có độ ẩm tăng lên (do chưa thoát ẩm kịp) và bột bị dính lên cyclone không xuống lọ hứng mẫu dẫn đến hiệu suất thu hồi giảm.

Từ các kết quả khảo sát các yếu tố độc lập trên chúng tôi chọn ra các mức giới hạn dưới và trên của các yếu tố như sau: nhiệt độ đầu vào từ 130-160°C, hàm lượng chất mang từ 14-18%, lưu lượng nạp liệu 15-30 ml/phút.

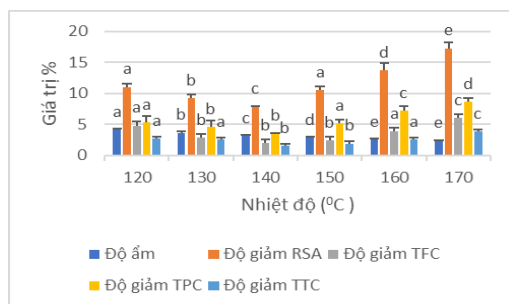
3.2. Tối ưu hóa

Dựa trên kết quả của các thí nghiệm một yếu tố độc lập, chúng tôi lựa chọn mô hình BBD, chọn mô hình đa thức bậc hai với 15 nghiệm thức để tối ưu hóa bốn biến độc lập, bao gồm X₁: nhiệt độ sấy (°C), X₂: hàm lượng chất mang (%), X₃: lưu lượng nạp liệu (ml/phút). Y₁: hiệu suất (%), Y₂: độ ẩm bột (%), Y₃: độ giảm khả năng kháng oxy hóa (%), Y₄: độ giảm TPC (%), Y₅: độ giảm TFC (%), Y₆: độ giảm TTC (%) theo phương pháp đáp ứng bề mặt (RSM). Sử dụng phần mềm JMP 10.0.0 để phân tích dữ liệu.



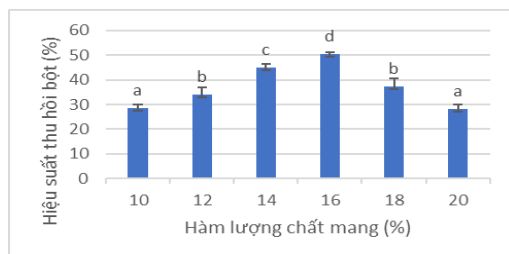
Hình 3.1. Ảnh hưởng của nhiệt sấy phun đến hiệu suất bột thu hồi

Kết quả được biểu diễn dưới dạng trung bình $\pm$ SD ($n = 3$), các chữ cái khác nhau (a,b,c,d,e) cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê với $p \leq 0.05$.



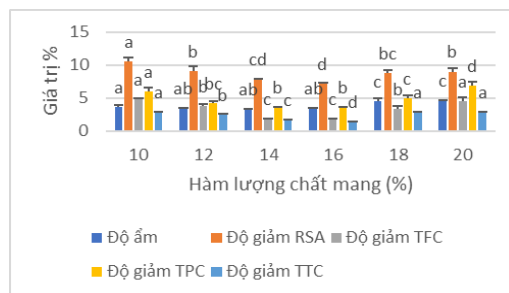
Hình 3. 2. Ảnh hưởng của nhiệt sấy phun đến độ ẩm, độ giảm (RSA, TFC, TPC, TTC) của bột thu hồi

Kết quả được biểu diễn dưới dạng trung bình $\pm$ SD ($n = 3$), các chữ cái khác nhau (a,b,c,d,e) trong cùng một chỉ tiêu cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê với $p \leq 0.05$.



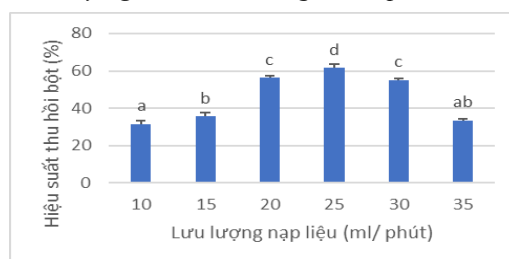
Hình 3. 3. Ảnh hưởng hàm lượng chất mang đến hiệu suất của bột thu hồi

Kết quả được biểu diễn dưới dạng trung bình $\pm$ SD ($n = 3$), các chữ cái khác nhau (a,b,c,d) cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê với $p \leq 0.05$.



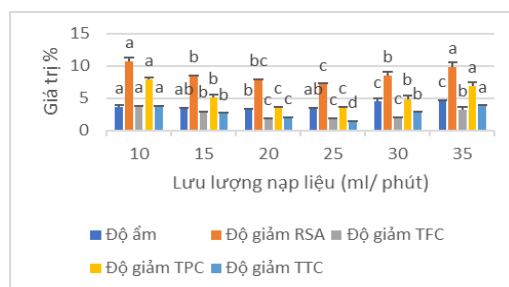
Hình 3. 4. Ảnh hưởng hàm lượng chất mang đến độ ẩm, độ giảm (RSA, TFC, TPC, TTC) của bột thu hồi

Kết quả được biểu diễn dưới dạng trung bình $\pm$ SD ($n = 3$), các chữ cái khác nhau (a,b,c,d) trong cùng một chỉ tiêu cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê với $p \leq 0.05$.



Hình 3. 5. Ảnh hưởng lưu lượng nạp liệu đến hiệu suất thu hồi bột

Kết quả được biểu diễn dưới dạng trung bình $\pm$ SD ($n = 3$), các chữ cái khác nhau (a,b,c,d) cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê với $p \leq 0.05$.



Hình 3. 6. Ảnh hưởng lưu lượng nạp liệu đến độ ẩm, độ giảm (RSA, TFC, TPC, TTC) của bột thu hồi

Kết quả được biểu diễn dưới dạng trung bình $\pm$ SD ($n = 3$), các chữ cái khác nhau (a,b,c,d) trong cùng một chỉ tiêu cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê với $p \leq 0.05$.

Bảng 1. Ma trận thực nghiệm với mô hình thiết kế BBD

Nghiệm thứ	Mã hóa	Yếu tố			Hàm mục tiêu					
		X ₁	X ₂	X ₃	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆
1	-0-	130	16	15	28.87	3.72	9.69	4.09	2.61	1.1
2	0+-	145	18	15	50.37	3.32	11.3	5.41	3.29	1.83
3	-0+	130	16	30	29.78	3.98	9.92	4.87	2.83	1.25
4	000	145	16	22.5	58.06	2.28	9.43	4.49	2.42	1.02
5	+0-	160	16	15	56.72	2.56	13.49	8.51	5.49	2.74
6	000	145	16	22.5	57.89	2.29	9.96	4.37	2.89	1.43
7	0-+	145	14	30	49.06	3.89	10.46	5.42	3.06	2.46
8	0--	145	14	15	46.81	3.02	11.35	6.29	3.35	2.26
9	0++	145	18	30	39.45	3.79	9.98	4.9	2.98	1.58
10	++0	160	18	22.5	57.82	3.05	11.37	6.27	3.86	2.35
11	000	145	16	22.5	59.26	2.47	9.53	4.76	2.35	1.24
12	-+0	130	18	22.5	29.76	3.82	10.17	5.05	2.81	2.01
13	+00	160	14	22.5	54.58	2.95	14.32	8.32	5.87	3.43
14	--0	130	14	22.5	31.41	3.52	10.02	5.02	3.11	0.94
15	+0+	160	16	30	42.13	3.67	13.21	8.21	5.19	2.99

X₁: nhiệt độ sấy (°C), X₂: hàm lượng chất mang (%), X₃: lưu lượng nạp liệu (ml/phút).

Y₁: hiệu suất (%), Y₂: độ ẩm bột (%), Y₃: độ giảm khả năng khử gốc tự do (%), Y₄: độ giảm TPC (%),

Y₅: độ giảm TFC (%), Y₆: độ giảm TTC(%).

• Statistical Analysis and Model Fitting

$$Y_1 = 58,40 + 11,43X_1 - 0,55X_2 - 2,79X_3 - 1,02X_1^2 - 3,98X_2^2 - 7,99X_3^2 + 1,22X_1X_2 - 3,87X_1X_3 - 3,29X_2X_3 \quad (1)$$

Trong phương trình (1) Y₁ hiệu suất của bột thu hồi và X₁: nhiệt độ sấy phun, X₂: hàm lượng chất mang, X₃: lưu lượng nạp liệu. Kết quả phân tích thống kê $R^2 = 0,9859$, $R^2_{Adj} = 0,9607$, cho thấy mức độ chính xác cao về độ tin cậy của các giá trị thử nghiệm và mức độ tương quan cao giữa các giá trị quan sát và dự đoán, thông số đo độ nhiễu (Adeq precision=20,951) > 4 cho thấy tín hiệu đầy đủ và mong muốn. Giá trị F của mô hình có ý

nghĩa với $p < 0,001$, còn lỗi không tương thích thì không đáng kể và không có ý nghĩa thống kê với $p = 0,0619 > 0,05$ là mong muốn. Điều đó chứng tỏ mô hình lựa chọn rất phù hợp. Từ phương trình trên có thể thấy rằng các hệ số X₁, X₁² có ảnh hưởng rất nhiều ($p < 0,001$). Các hệ số X₃² có ảnh hưởng nhiều ($p < 0,01$). Hệ số X₃, X₁X₃, X₂X₃, X₂² có ảnh hưởng ($p < 0,05$). Còn lại các hệ số X₂, X₁X₂, không có ảnh hưởng ($p > 0,05$).

$$Y_2 = 2,34 - 0,35X_1 + 0,07X_2 + 0,33X_3 + 0,48X_1^2 + 0,50X_2^2 + 0,65X_3^2 - 0,05X_1X_2 + 0,21X_1X_3 - 0,10X_2X_3 \quad (2)$$

Trong phương trình (2) Y₂ độ ẩm của bột thu hồi và X₁: nhiệt độ sấy phun, X₂: hàm lượng chất mang, X₃: lưu lượng nạp liệu. Kết quả phân tích thống kê $R^2 = 0,9941$, $R^2_{Adj} = 0,9836$, cho thấy mức độ chính xác cao về độ tin cậy của các giá trị thử nghiệm và mức độ tương quan cao giữa các giá trị quan sát và dự đoán, thông số đo độ nhiễu (Adeq precision=23,667) > 4 cho thấy tín hiệu đầy đủ và mong muốn.

Giá trị F của mô hình có ý nghĩa với $p < 0,001$, còn lỗi không tương thích thì không đáng kể và không có ý nghĩa thống kê với $p = 0,8824 > 0,05$ là mong muốn. Điều đó chứng tỏ mô hình lựa chọn rất phù hợp. Từ phương trình trên có thể thấy rằng các hệ số X₁, X₃, X₁X₃, X₁², X₂², X₃² có ảnh hưởng rất nhiều ($p < 0,001$). Các hệ số X₂, X₂X₃ có ảnh hưởng nhiều ($p < 0,01$). Còn lại các hệ số X₁X₂, không có ảnh hưởng ($p > 0,05$).

$$Y_3 = 9,64 + 1,5737X_1 - 0,4162X_2 - 0,2825X_3 + 1,3175X_1^2 + 0,5125X_2^2 + 0,62X_3^2 - 0,775X_1X_2 - 0,1275X_1X_3 - 0,1075X_2X_3 \quad (3)$$

Trong phương trình (3) Y_3 độ giảm khả năng chống oxy hóa của bột và X_1 : nhiệt độ sấy phun, X_2 : hàm lượng chất mang, X_3 : lưu lượng nạp liệu. Kết quả phân tích thống kê $R^2 = 0,9499$, $R^2_{Adj} = 0,8597$, cho thấy mức độ chính xác cao về độ tin cậy của các giá trị thử nghiệm và mức độ tương quan cao giữa các giá trị quan sát và dự đoán, thông số đo độ nhiễu (Adeq precision=12,274) > 4 cho thấy tín hiệu đầy đủ và mong muốn. Giá trị F của

mô hình có ý nghĩa với $p < 0,01$, còn lỗi không tương thích thì không đáng kể và không có ý nghĩa thống kê với $p = 0,1365 > 0,05$ là mong muốn. Điều đó chứng tỏ mô hình lựa chọn rất phù hợp. Từ phương trình trên có thể thấy rằng các hệ số X_1 có ảnh hưởng rất nhiều ($p < 0,001$). Hệ số X_1^2 có ảnh hưởng nhiều ($p < 0,01$). Hệ số X_1X_2 có ảnh hưởng ít ($p < 0,05$). Còn lại các hệ số X_2 , X_3 , X_1X_3 , X_2X_3 , X_2^2 , X_3^2 không có ảnh hưởng ($p > 0,05$).

$$Y_4 = 4,5466 + 1,535X_1 - 0,4275X_2 - 0,1125X_3 + 1,266X_1^2 + 0,3516X_2^2 + 0,6066X_3^2 - 0,52X_1X_2 - 0,27X_1X_3 + 0,09X_2X_3 \quad (4)$$

Trong phương trình (4) Y_4 độ giảm TPC của bột và X_1 : nhiệt độ sấy phun, X_2 : hàm lượng chất mang, X_3 : lưu lượng nạp liệu. Kết quả phân tích thống kê $R^2 = 0,9392$, $R^2_{Adj} = 0,8297$, cho thấy mức độ chính xác cao về độ tin cậy của các giá trị thử nghiệm và mức độ tương quan cao giữa các giá trị quan sát và dự đoán, thông số đo độ nhiễu (Adeq precision=10,421) > 4 cho thấy tín hiệu đầy đủ và mong muốn.

Giá trị F của mô hình có ý nghĩa với $p < 0,05$, còn lỗi không tương thích thì không đáng kể và không có ý nghĩa thống kê với $p = 0,0632 > 0,05$ là mong muốn. Điều đó chứng tỏ mô hình lựa chọn rất phù hợp. Từ phương trình trên có thể thấy rằng các hệ số X_1 có ảnh hưởng rất nhiều ($p < 0,001$). Hệ số X_1^2 có ảnh hưởng ($p < 0,05$). Còn lại các hệ số X_1X_2 , X_2 , X_3 , X_1X_3 , X_2X_3 , X_2^2 , X_3^2 không có ảnh hưởng ($p > 0,05$).

$$Y_5 = 2,5533 + 1,1312X_1 - 0,3062X_2 - 0,085X_3 + 1,1095X_1^2 + 0,2495X_2^2 + 0,3670X_3^2 - 0,4275X_1X_2 - 0,13X_1X_3 - 0,005X_2X_3 \quad (5)$$

Trong phương trình (5) Y_5 độ giảm TFC của bột và X_1 : nhiệt độ sấy phun, X_2 : hàm lượng chất mang, X_3 : lưu lượng nạp liệu. Kết quả phân tích thống kê $R^2 = 0,9410$, $R^2_{Adj} = 0,8348$, cho thấy mức độ chính xác cao về độ tin cậy của các giá trị thử nghiệm và mức độ tương quan cao giữa các giá trị quan sát và dự đoán, thông số đo độ nhiễu (Adeq precision=10,922) > 4 cho thấy tín hiệu đầy đủ và mong muốn.

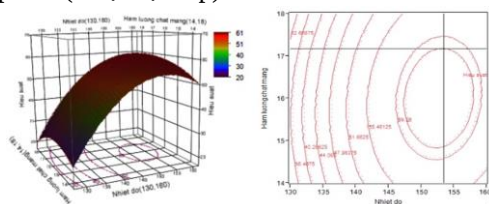
Giá trị F của mô hình có ý nghĩa với $p < 0,05$, còn lỗi không tương thích thì không đáng kể và không có ý nghĩa thống kê với $p = 0,2359 > 0,05$ là mong muốn. Điều đó chứng tỏ mô hình lựa chọn rất phù hợp. Từ phương trình trên có thể thấy rằng các hệ số X_1 có ảnh hưởng rất nhiều ($p < 0,001$). Hệ số X_1^2 có ảnh hưởng nhiều ($p < 0,01$). Còn lại các hệ số X_1X_2 , X_2 , X_3 , X_1X_3 , X_2X_3 , X_2^2 , X_3^2 không có ảnh hưởng ($p > 0,05$).

$$Y_6 = 1,23 + 0,7762X_1 - 0,165X_2 + 0,0437X_3 + 0,470X_1^2 + 0,4825X_2^2 + 0,32X_3^2 - 0,5375X_1X_2 + 0,025X_1X_3 - 0,1125X_2X_3 \quad (6)$$

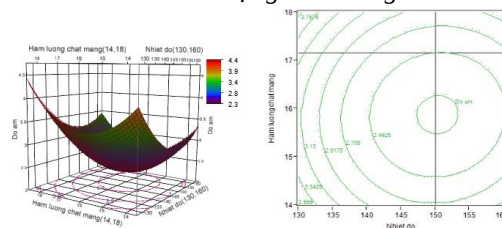
Trong phương trình (6) Y_6 độ giảm TTC của bột và X_1 : nhiệt độ sấy phun, X_2 : hàm lượng chất mang, X_3 : lưu lượng nạp liệu. Kết quả phân tích thống kê $R^2 = 0,9573$, $R^2_{Adj} = 0,8806$, cho thấy mức độ chính xác cao về độ tin cậy của các giá trị thử nghiệm và mức độ tương quan cao giữa các giá trị quan sát và dự đoán,

thông số đo độ nhiễu (Adeq precision=14,215) > 4 cho thấy tín hiệu đầy đủ và mong muốn. Giá trị F của mô hình có ý nghĩa với $p < 0,01$, còn lỗi không tương thích thì không đáng kể và không có ý nghĩa thống kê với $p = 0,3307 > 0,05$ là mong muốn. Điều đó chứng tỏ mô hình lựa chọn rất phù hợp. Từ phương trình trên có thể

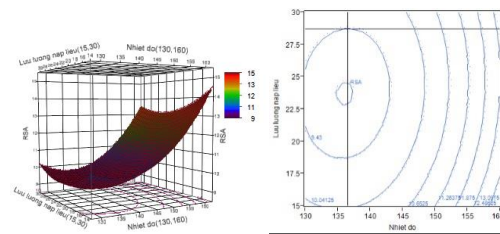
thấy rằng các hệ số X_1 có ảnh hưởng rất nhiều ($p < 0,001$). Hệ số X_1^2 , X_2^2 , X_1X_2 có ảnh hưởng ($p < 0,05$). Còn lại các hệ số X_2 , X_3 , X_1X_3 , X_2X_3 , X_3^2 không có ảnh hưởng ($p > 0,05$). Nhận xét trên đường đồng mức hình 3.7 của hiệu suất thu hồi bột cho thấy nếu tăng nhiệt độ từ 130°C đến 153°C thì hiệu suất thu hồi bột sẽ tăng cao nhất và sau đó giảm. Trong cùng nhiệt độ khi hàm lượng chất mang từ 13% đến 16% thì hiệu suất thu hồi bột tăng và sau đó giảm cho đến hàm lượng chất mang 18%. Nhận xét trên đường đồng mức 3.8 cho thấy nhiệt độ tăng từ 130°C-150°C thì độ ẩm của bột thu hồi giảm. Sau đó từ nhiệt tăng từ 150°C-160°C thì độ ẩm tăng do lưu lượng nạp liệu cao 30ml/phút bột thoát ẩm không tốt và có hiện tượng bột dính vào thành bình hứng khi thu hồi sản phẩm bột. Nhận xét trên đường đồng mức ở hình 3.9 cho thấy từ nhiệt độ tăng từ 136°C- 160°C thì khả năng chống oxy hóa giảm do độ giảm chống oxy hóa tăng lên. Còn lưu lượng nạp liệu từ 23ml/phút -25ml/phút thì khả năng chống oxy hóa của bột giảm ít nhất do độ giảm chống oxy hóa thấp nhất. Điều này cũng được giải thích nếu lưu lượng nạp liệu thấp thì thời gian sấy lâu do đó thời gian tiếp xúc nhiệt lâu và làm cho bột dễ bị thay đổi. Qua kết quả thực nghiệm nếu lưu lượng nạp liệu cao thì quá trình thoát ẩm không tốt làm cho bột có độ ẩm cao và dễ dính vào cyclone (nhiệt độ cao) một thời gian dài và sau đó rơi vào hủ chứa sản phẩm (nhiệt độ thấp).



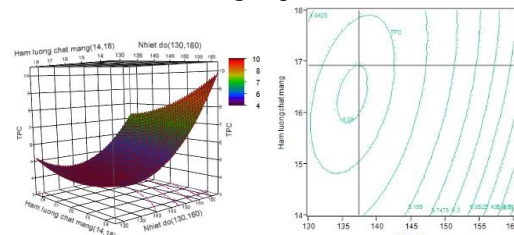
Hình 3. 7 Đồ thị 3D và đường đồng mức của hiệu suất thu hồi bột ảnh hưởng bởi nhiệt độ và hàm lượng chất mang



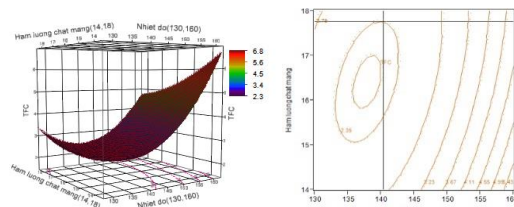
Hình 3. 8. Đồ thị 3D và đường đồng mức của độ ẩm bột thu hồi ảnh hưởng bởi nhiệt độ và hàm lượng chất mang



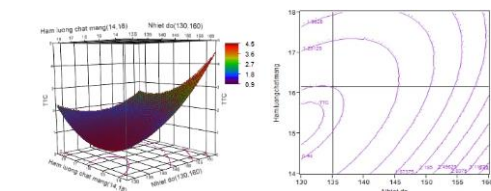
Hình 3.9. Đồ thị 3D và đường đồng mức của độ giảm chống oxy hóa theo nhiệt độ và lưu lượng nạp liệu



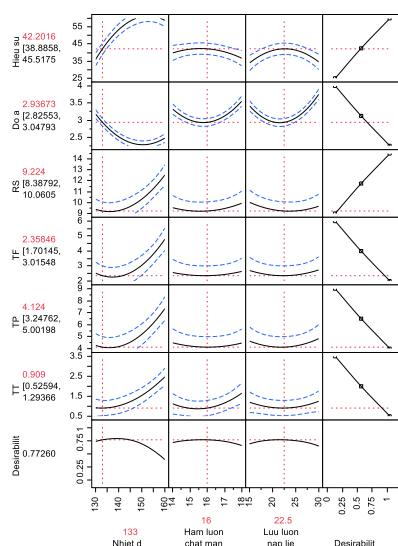
Hình 3.10. Đồ thị 3D và đường đồng mức của độ giảm TPC theo nhiệt độ và hàm lượng chất mang



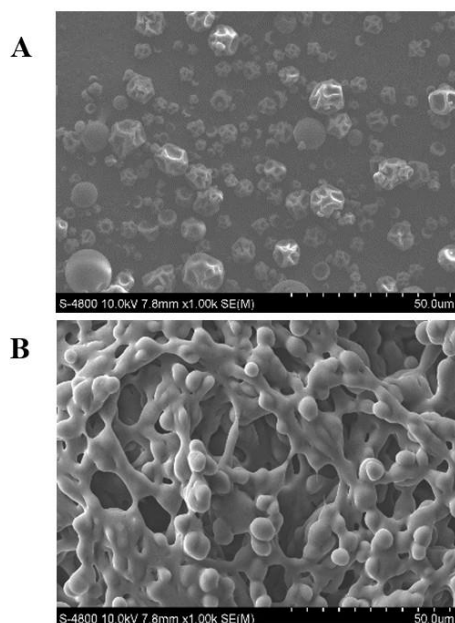
Hình 3.11. Đồ thị 3D và đường đồng mức của độ giảm TFC theo nhiệt độ và hàm lượng chất mang



Hình 3.12. Đồ thị 3D và đường đồng mức của độ giảm TTC theo nhiệt độ và hàm lượng chất mang
Nhận xét trên hình 3.10 của đồ thị đường đồng mức độ giảm TPC cho thấy nhiệt độ từ 135°C-160°C thì hàm lượng TPC giảm do độ giảm TPC tăng lên. Điều đó cho thấy trong quá trình sấy phun nhiệt độ có ảnh hưởng đến hàm lượng TPC và có xu hướng giảm khi nhiệt độ sấy tăng. Nhận xét trên hình 3.11 ở đồ thị đường đồng mức của độ giảm TFC cho thấy nhiệt độ từ 137°C-160°C thì hàm lượng TFC giảm do độ giảm TFC tăng lên. Điều đó cho thấy trong quá trình sấy phun nhiệt độ có ảnh hưởng đến hàm lượng TFC và có xu hướng giảm giảm khi nhiệt độ sấy tăng. Sự thay đổi TFC nó giống như sự thay đổi TPC.



Hình 3.13. Kết quả dự đoán của mô hình tối ưu



Hình 3. 14. Hình ảnh chụp SEM sản phẩm bột sấy phun

Nhận xét trên hình 3.12 ở đường đồng mức của độ giảm TTC cho thấy nhiệt độ tăng lên từ 130°C-160°C thì hàm lượng TTC giảm do độ giảm TTC tăng. Điều đó cho thấy nhiệt độ sấy có ảnh hưởng đến hàm lượng TTC và có xu hướng giảm khi nhiệt độ sấy tăng.

Theo kết quả chạy tối ưu hóa trên phần mềm JMP đã đưa ra thông số tối ưu dự đoán ở hình 3.13 cho quá trình sấy phun dịch cao chiết ethanol để hàm lượng TTC giảm ít nhất như

sau nhiệt độ sấy đầu vào 133°C, hàm lượng chất mang 16% (w/w), lưu lượng nạp liệu 22,5ml/phút khi đó phần mềm cho kết quả dự đoán các hàm mục tiêu lần lượt là hiệu suất thu hồi bột 42,201%, độ ẩm bột 2,936% và độ giảm chống oxy hóa khả 9,224%, độ giảm TFC 2,358%, độ giảm TPC 4,124%, độ giảm TTC 0,909%.

3.3. Xác minh mô hình dự đoán

Thực hiện kiểm chứng với thông số sấy phun như nhiệt độ sấy đầu vào 133°C, hàm lượng chất mang 16% (w/w), lưu lượng nạp liệu 22,5ml/phút thu được kết quả ở bảng 3.2 như sau:

Bảng 3.1. Kết quả so sánh thực nghiệm với dự đoán

Hàm mục tiêu	Giá trị dự đoán	Giá trị thực nghiệm	Giá trị P-value
Hiệu suất (%)	42,201 ^a	42,040 ^{a±0,262}	0,3490
Độ ẩm (%)	2,936 ^a	2,871 ^{a±0,058}	0,1297
% RSA giảm	9,224 ^a	9,192 ^{a±0,040}	0,2525
%TPC giảm	4,124 ^a	4,191 ^{a±0,049}	0,0763
%TFC giảm	2,358 ^a	2,298 ^{a±0,066}	0,1951
% TTC giảm	0,909 ^a	0,883 ^{a±0,023}	0,1269

Kết quả kiểm chứng đối với các hàm mục tiêu hoàn toàn giống với kết quả dự đoán. Điều đó có nghĩa là các giá trị dự đoán phù hợp với các giá trị tối ưu.

Trên hình 3.14 ở hình A cho thấy bột sấy phun vãn chi khi sấy ở điều kiện tốt sẽ cho bột có độ ẩm thấp và sẽ không bị dính lại còn đối với hình B cho thấy khi sấy điều kiện không tốt bột sẽ bị dính lại và hạt bột không có hình dạng đặt trung.

4. KẾT LUẬN

Kết luận, chúng tôi đã xác định được điều kiện sấy phun trong công đoạn sấy phun để hàm lượng TTC giảm ít nhất với mục tiêu đề ra là sản phẩm có tính năng ức chế tế bào ung thư, kháng viêm cao. Bên cạnh đó sản phẩm vẫn có khả năng chống oxy hóa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Asatiani, Mikheil D, Elisashvili, Vladimir, Songulashvili, George, Reznick, Abraham Z, & Wasser, Solomon P.. Higher basidiomycetes

mushrooms as a source of antioxidants *Progress in mycology* (pp. 311-326), (2010).

[2] Barbosa, MIMJ, Borsarelli, CD, & Mercadante, AZ. Light stability of spray-dried bixin encapsulated with different edible polysaccharide preparations. *Food research international*, 38(8-9), 989-994, (2005)..

[3] Barclay, Thomas, Ginic-Markovic, Milena, Cooper, Peter, & Petrovsky, Nikolai. Inulin-a versatile polysaccharide with multiple pharmaceutical and food chemical uses. *Journal of Excipients and Food Chemicals*, 1(3), 1132, (2016).

[4] Borchers, Andrea T, Stern, Judith S, Hackman, Robert M, Keen, Carl L, & Gershwin, M Eric. Mushrooms, tumors, and immunity. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 221(4), 281-293, (1999).

[5] Chen, Liang-Liang, Kong, Fan-Dong, Wang, Pei, Yuan, Jing-Zhe, Guo, Zhi-Kai, Wang, Hao, . . . Mei, Wen-Li. Two new tremulane sesquiterpenes from a mangrove endophytic fungus, *Coriolopsis* sp. J5. *Chinese Chemical Letters*, 28(2), 222-225, (2017).

[6] Cui, Yong, Kim, Dong-Seok, & Park, Kyoung-Chan. Antioxidant effect of *Inonotus obliquus*. *Journal of Ethnopharmacology*, 96(1-2), 79-85, (2005).

[7] Desai, Kashappa Goud H, & Jin Park, Hyun. Recent developments in microencapsulation of food ingredients. *Drying technology*, 23(7), 1361-1394, (2005).

[8] Ding, Ming Ruo, Zhang, Qiao Yin, Hu, Fang, Huang, Nian Yu, & Wang, Jun Zhi. *Synthesis and in vitro Anti-breast Cancer Activity of Trametenolic acid B Derivatives*. Paper presented at the Advanced Materials Research, (2013)

[9] Fagbohungebe, YD, & Oyetayo, VO. Phytochemical and antioxidant properties of *Trametes* species collected three districts of Ondo state Nigeria, (2014).

[10] Fakoya, Soji, & Folarin Oloketuyi, Sandra.. Antimicrobial Efficacy and Phytochemical Screening of Mushrooms, *Lenzites Betulinus*, and *Coriolopsis Gallica*

Extracts. *TAF Preventive Medicine Bulletin*, 11(6), (2012).

[11] Gharsallaoui, Adem, Roudaut, Gaëlle, Chambin, Odile, Voilley, Andrée, & Saurel, Rémi. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food research international*, 40(9), 1107-1121, (2007).

[12] Grienke, Ulrike, Zwirchmayr, Julia, Peintner, Ursula, Urban, Ernst, Zehl, Martin, Schmidtke, Michaela, & Rollinger, Judith M. Lanostane Triterpenes from *Gloeophyllum odoratum* and Their Anti-Influenza Effects Authors, (2019).

[13] Ho, CY, Lau, Clara BS, Kim, CF, Leung, KN, Fung, KP, Tse, TF, . . . Chow, Moses SS. Differential effect of *Coriolus versicolor* (Yunzhi) extract on cytokine production by murine lymphocytes in vitro. *International immunopharmacology*, 4(12), 1549-1557, (2004).

[14] Igual, M, Ramires, S, Mosquera, LH, & Martínez-Navarrete, Nuria. Optimization of spray drying conditions for lulo (*Solanum quitoense* L.) pulp. *Powder technology*, 256, 233-238, (2014).

[15] Janjušević, Ljiljana, Pejin, Boris, Kaišarević, Sonja, Gorjanović, Stanislava, Pastor, Ferenc, Tešanović, Kristina, & Karaman, Maja. *Trametes versicolor* ethanol extract, a promising candidate for health-promoting food supplement. *Natural product research*, 32(8), 963-967, (2018).

[16] Kahlos, Kirsti, Kangas, L, & Hiltunen, R. Ergosterol peroxide, an active compound from *Inonotus radiatus*. *Planta medica*, 55(04), 389-390, (1989).

[17] Kajimoto, Sachiko, Takanashi, Noriko, Kajimoto, Tetsuya, Xu, Man, Cao, Judong, Masuda, Yutaka, . . . Nakaya, Kazuyasu. Sophoranone, extracted from a traditional Chinese medicine Shan Dou Gen, induces apoptosis in human leukemia U937 cells via formation of reactive oxygen species and opening of mitochondrial permeability transition pores. *International journal of cancer*, 99(6), 879-890, (2002).

- [18] Khatun, Selima, Islam, Aminul, Cakilcioglu, Ugur, & Chatterjee, Narayan C.. Research on mushroom as a potential source of nutraceuticals: a review on Indian perspective. *Journal of Experimental Agriculture International*, 47-73, (2012).
- [19] Kidd, Parris M. The use of mushroom glucans and proteoglycans in cancer treatment. *Alternative Medicine Review*, 5(1), 4-27, (2000).
- [20] Lau, CBS, Ho, CY, Kim, CF, Leung, KN, Fung, KP, Tse, TF, . . . Chow, MSS. Cytotoxic activities of *Coriolus versicolor* (Yunzhi) extract on human leukemia and lymphoma cells by induction of apoptosis. *Life Sciences*, 75(7), 797-808, (2004).
- [21] Lee, In-Kyoung, Kim, Young-Sook, Jang, Yoon-Woo, Jung, Jin-Young, & Yun, Bong-Sik. C. New antioxidant polyphenols from the medicinal mushroom *Inonotus obliquus*. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 17(24), 6678-6681, (2016).
- [22] Leliebre-Lara, Vivian, Monzote Fidalgo, Lianet, Pferschy-Wenzig, Eva-Maria, Kunert, Olaf, Nogueiras Lima, Clara, & Bauer, Rudolf. In vitro antileishmanial activity of sterols from *Trametes versicolor* (Bres. Rivarden). *Molecules*, 21(8), 1045, (2016).
- [23] Ma, Lishuai, Chen, Haixia, Dong, Peng, & Lu, Xueming. Anti-inflammatory and anticancer activities of extracts and compounds from the mushroom *Inonotus obliquus*. *Food Chemistry*, 139(1-4), 503-508, (2013).
- [24] Mahdavi, Sahar Akhavan, Jafari, Seid Mahdi, Ghorbani, Mohammad, & Assadpoor, Elham. Spray-drying microencapsulation of anthocyanins by natural biopolymers: a review. *Drying technology*, 32(5), 509-518, (2014).
- [25] Melappa, Govindappa, Roshan, Ara, Nithi, Chanduri, Mohummed, Thouseef Syed, Ramachandra, Yerappa Lakshmikanth, & Poojari, Chandrappa Chinna. Phytochemical analysis and in vitro antioxidant, antimicrobial, anti-inflammatory and cytotoxicity activities of wood rotting fungi, *Trametes ochracea*. *Pharmacognosy Journal*, 7(2), (2015).
- [26] Nedovic, Viktor, Kalusevic, Ana, Manojlovic, Verica, Levic, Steva, & Bugarski, Branko. An overview of encapsulation technologies for food applications. *Procedia Food Science*, 1, 1806-1815, (2011).
- [27] Ogidi, CO, & Oyetayo, VO. Antifungal effect of *Corioliopsis polyzona* (Pers) on fungi isolated from remnant foods and wastewater from restaurants in Akure metropolis, Nigeria. *African Journal of Microbiology Research*, 9(8), 527-533, (2015).
- [28] Pereira, Ana Lucia Fernandes, Almeida, Francisca Diva Lima, Lima, Micael Andrade, da Costa, Jose Maria Correia, & Rodrigues, Sueli. Spray-drying of probiotic cashew apple juice. *Food and bioprocess technology*, 7(9), 2492-2499, (2014).
- [29] Rajabi, Hamid, Ghorbani, Mohammad, Jafari, Seid Mahdi, Mahoonak, Alireza Sadeghi, & Rajabzadeh, Ghadir. Retention of saffron bioactive components by spray drying encapsulation using maltodextrin, gum Arabic and gelatin as wall materials. *Food hydrocolloids*, 51, 327-337, (2015).
- [30] Yoshii, Hidefumi, Soottitantawat, Apinan, Liu, Xiang-Dong, Atarashi, Takuroh, Furuta, Takeshi, Aishima, Shizuo, . . . Linko, Pekka. Flavor release from spray-dried maltodextrin/gum arabic or soy matrices as a function of storage relative humidity. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2(1), 55-61, (2001).