

Tối ưu nhiệt độ sấy quả hồi bằng kỹ thuật sấy nhiệt độ thấp kết hợp vi sóng

Trần Hà, Mã Thị Bích Thảo*, Nguyễn Phương, Nguyễn Thị Hồng, Vũ Văn Liệu

Trung tâm Ươm tạo Công nghệ và Doanh nghiệp Khoa học Công nghệ, Viện Ứng dụng Công nghệ, C6, phường Thanh Xuân Bắc, quận Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài 19/9/2022; ngày chuyển phản biện 22/9/2022; ngày nhận phản biện 14/10/2022; ngày chấp nhận đăng 18/10/2022

Tóm tắt:

Mục đích của nghiên cứu này là tối ưu nhiệt độ sấy quả hồi bằng kỹ thuật sấy nhiệt độ thấp kết hợp vi sóng (thực hiện trên hệ thống thiết bị sấy bơm nhiệt kết hợp vi sóng) sao cho thời gian sấy ngắn nhất và hàm lượng tinh dầu cao nhất. Nguyên liệu sử dụng cho nghiên cứu là quả hồi tươi thu hái tại huyện Văn Quán, tỉnh Lạng Sơn vào tháng 8/2021. Bằng thực nghiệm đã xác định được ảnh hưởng của nhiệt độ sấy ở các mức: 30, 35, 40, 45, 50 và 55°C đến thời gian sấy và hàm lượng tinh dầu trong quả hồi khô (độ ẩm quả hồi sau sấy $\leq 10\%$). Kết quả nghiên cứu đã xác định được nhiệt độ tối ưu sấy quả hồi bằng kỹ thuật sấy nhiệt độ thấp kết hợp vi sóng là $48,7 \pm 1^\circ\text{C}$, thời gian sấy 530 ± 5 phút, hàm lượng tinh dầu trong quả hồi khô đạt 9,9 ml/100 g. Các kết quả nghiên cứu thực nghiệm này đã cung cấp cơ sở khoa học về hàm lượng tinh dầu của quả hồi Lạng Sơn, các thông số kỹ thuật cho việc sấy quả hồi bằng kỹ thuật sấy ở nhiệt độ thấp kết hợp vi sóng, giúp cho việc sản xuất, chế biến quả hồi ở quy mô công nghiệp, nâng cao giá trị hàng hóa, phục vụ xuất khẩu.

Từ khóa: quả hồi, thời gian, tinh dầu hồi, tối ưu nhiệt độ sấy, vi sóng.

Chỉ số phân loại: 2.11

Optimisation of the drying temperature of star anise by low-temperature drying technique combined with microwave

Ha Tran, Thi Bich Thao Ma*, Phuong Nguyen, Thi Hong Nguyen, Van Lieu Vu

Nacentech Technology and Business Incubator Center,
National Center for Technological Progress,
C6, Thanh Xuan Bac Ward, Thanh Xuan District, Hanoi, Vietnam

Received 19 September 2022; revised 14 October 2022; accepted 18 October 2022

Abstract:

The purpose of this study is to optimise the drying temperature of star anise fruit using the low-temperature drying technique combined with microwaves on a heat pump combined with microwave drying system so that the drying time is shortest and the essential oil is highest. The raw materials used for the research are fresh anise harvested in Van Quan district, Lang Son province in August 2021. Experimentally, the effects of drying temperatures at the levels: 30, 35, 40, 45, 50 and 55°C have been determined on drying time and essential oil content in dried anise fruit (moisture content of anise fruit after drying $\leq 10\%$). Research results have determined that the optimal temperature for drying anise fruits using the low-temperature drying technique combined with microwaves is $48,7 \pm 1^\circ\text{C}$, drying time is 530 ± 5 minutes, and the essential oil content in dried star anise fruits reaches 9.9 ml/100 g. These experimental research results have provided a scientific basis for the essential oil content of Lang Son star anise fruit, and technical parameters for drying star anise fruit using low-temperature drying techniques combined with microwaves, helping the production and processing of anise on an industrial scale, increasing the value of goods and serving export purposes.

Keywords: microwave, optimisation of the drying temperature, star anise, star anise essential oil, time.

Classification number: 2.11

1. Đặt vấn đề

Cây hồi có tên khoa học là *Illicium verum* Hook, tên gọi khác là đại hồi, đại hồi hương hoặc bát giác hồi hương. Quả của cây hồi là nguồn dược liệu quý trên thế giới, được sử dụng trong công nghiệp được phẩm và thực phẩm [1].

Ở Việt Nam, nói đến “hồi” là nói đến tỉnh Lạng Sơn, với diện tích trồng trên 33.000 ha, chiếm khoảng 71% tổng diện tích trồng cây hồi của cả nước. Quả hồi thu hoạch 2 vụ/năm, vụ chính từ tháng 7 tới tháng 9 và vụ sau là từ tháng 11 tới tháng 2 năm sau. Quả hồi tươi chứa hàm lượng nước từ 65 đến 85%, tinh dầu từ 3 đến 3,5%, tùy thuộc vào giống, điều kiện thổ nhưỡng, mùa vụ và thời điểm thu hoạch. Quả hồi khô là đặc sản của tỉnh Lạng Sơn. Trong quả hồi, thành phần quan trọng nhất là tinh dầu, có thành phần chủ yếu là trans - anethole chiếm 85 đến 90%, ngoài ra còn có hơn 20 hoạt chất khác là các terpen, terpineol, pinen, dipenten, limonen... [2]. Thực tế tại địa phương trồng hồi, quả hồi đem phơi, sấy chiếm khoảng 30% tổng sản lượng quả hồi thu hoạch, còn phần lớn quả hồi tươi được bán cho tư nhân, bị thương lái ép giá hoặc bán sang Trung Quốc, ảnh hưởng đến đời sống của người trồng hồi. Hiện nay, sản xuất quả hồi khô ở Lạng Sơn theo phương pháp thủ công, chủ yếu là đem phơi, dẫn tới chất lượng quả hồi khô có màu sắc không đồng đều, lẫn nhiều tạp chất, nấm mốc... ảnh hưởng đến việc bảo quản, làm giảm giá trị của quả hồi. Một số doanh nghiệp đã đầu tư lò sấy thủ công hoặc thiết bị sấy sử dụng năng lượng mặt trời..., tuy nhiên ở quy mô nhỏ và chất lượng quả hồi không ổn định nên chưa đáp ứng yêu cầu cho xuất khẩu.

Trên thế giới, hệ thống sấy bơm nhiệt (sấy lạnh) kết hợp vi sóng đã được ứng dụng rất hiệu quả cho ngành dược và chế biến thực phẩm [3]. Hiện nay, ở Việt Nam có nhiều công trình nghiên cứu ứng dụng sấy bơm nhiệt kết hợp vi sóng cho ngành chế biến thực phẩm như: cá, cà rốt, hành lá... đã thu được kết quả tốt, ngoài việc giảm được thời gian sấy còn nâng cao năng suất, chất lượng cho sản phẩm sấy [4]. Việc ứng dụng thiết bị sấy bơm nhiệt, kết hợp vi sóng để

*Tác giả liên hệ: Email: bichthaoacnsh@gmail.com

sấy quả hồi có ý nghĩa thực tế, do quả hồi chứa nhiều tinh dầu nên dễ bay hơi ở nhiệt độ cao và quả hồi hay bị biến đổi màu sắc trong quá trình sấy. Việc nghiên cứu xác định nhiệt độ sấy tối ưu là cần thiết nhằm đảm bảo màu sắc và giữ được lượng tinh dầu trong quả hồi tồn thất ít nhất, điều này có ý nghĩa quan trọng cho sản xuất quả hồi khô xuất khẩu [5].

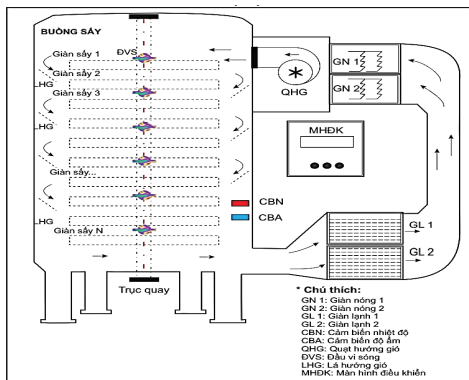
Mục đích của nghiên cứu này là tối ưu nhiệt độ sấy quả hồi bằng kỹ thuật sấy nhiệt độ thấp kết hợp vi sóng (thực nghiệm thực hiện trên hệ thống thiết bị sấy bơm nhiệt kết hợp vi sóng) đạt hàm mục tiêu: thời gian sấy ngắn nhất và hàm lượng tinh dầu cao nhất.

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu

Sử dụng quả hồi tươi trồng tại huyện Văn Quán, tỉnh Lạng Sơn, được thu hái vào tháng 8/2021. Quả hồi tươi sau thu hái được đóng túi PE, bảo quản trong thùng carton và vận chuyển về nơi thí nghiệm, thời gian từ khi thu hái đến khi đưa vào thí nghiệm không quá 48 giờ.

Thiết bị sử dụng cho thí nghiệm là hệ thống hệ thống sấy bơm nhiệt kết hợp vi sóng dạng pilot, công suất 50 kg/m², khoảng điều chỉnh nhiệt độ 30-55°C, bộ vi sóng gồm 6 đầu công suất 1.000 W/đầu phát (hình 1).



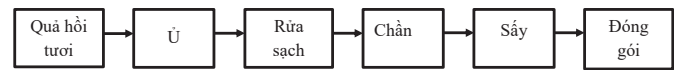
Hình 1. Hệ thống sấy bơm nhiệt kết hợp sử dụng vi sóng.

2.2. Bố trí thí nghiệm

Công nghệ chế biến quả hồi khô được trình bày theo sơ đồ hình 2. Quả hồi tươi đem ủ thời gian 72 giờ, sau đó được rửa sạch và chần ở nhiệt độ 70°C với thời gian 3 phút, để ráo nước và đưa vào buồng sấy đặt trên các giàn có gắn trục quay để vi sóng phát huy tác dụng và nhiệt độ sấy được phân bố đều trên quả hồi. Mỗi thí nghiệm được tiến hành với 20 kg hồi tươi, nhiệt độ sấy khảo sát ở các mức: 30, 35, 40, 45, 50 và 55°C; sấy cho đến khi độ ẩm quả hồi ≤10%. Xác định thời gian sấy và hàm lượng tinh dầu trong quả hồi.

2.3. Phương pháp xác định độ ẩm của quả hồi

Xác định độ ẩm của quả hồi theo phương pháp dùng dung môi (Dược điển Việt Nam IV, phụ lục 12, 13, trang PL-240) [6].



Hình 2. Sơ đồ công nghệ chế biến quả hồi.

Độ ẩm X (%) của quả hồi được tính theo công thức sau:

$$X = \frac{m_1 - m_2}{p} \times 100$$

trong đó: m_1 là khối lượng nước cất được sau lần cất 1 (g); m_2 là khối lượng nước cất được sau lần cất 2 (g); p là khối lượng mẫu (g).

2.4. Phương pháp xác định hàm lượng tinh dầu trong quả hồi

Xác định hàm lượng tinh dầu trong quả hồi bằng phương pháp chưng cất lôi cuốn theo hơi nước trực tiếp (Dược điển Việt Nam III, phụ lục 9, trang PL-141) [7].

Hàm lượng tinh dầu hồi Y (ml/100 g) được tính theo công thức sau:

$$Y = \frac{m_{co}}{m(1-\chi)} \times 100$$

trong đó: m_{co} là lượng tinh dầu hồi thu được (ml); m là khối lượng quả hồi (g); χ là độ ẩm quả hồi (%).

2.5. Phương pháp toán học

Phương pháp phân tích hồi quy xây dựng mô hình thực nghiệm xác định ảnh hưởng nhiệt độ sấy ở các mức: 30, 35, 40, 45, 50, 55°C (đến khi độ ẩm quả hồi ≤10%) tới thời gian sấy và hàm lượng tinh dầu.

Yếu tố ảnh hưởng: A (nhân tố biến ký hiệu A) nhiệt độ sấy.

Hàm mục tiêu: Y_1 : thời gian sấy (phút) đạt min và Y_2 : hàm lượng tinh dầu (ml/100 g) đạt max.

Tối ưu hóa nhiệt độ sấy từ mô hình thực nghiệm đã được mã hóa sử dụng phần mềm Design-Expert 7.1 [8, 9].

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Xây dựng mô hình thực nghiệm

Kết quả thực nghiệm quá trình sấy quả hồi theo mô hình thực nghiệm với một số yếu tố được thể hiện ở bảng 1.

Bảng 1. Nhân tố và các mức độ bố trí theo mô hình thực nghiệm.

Mẫu	A: nhiệt độ sấy (°C)	Y_1 : thời gian sấy (phút)	Y_2 : hàm lượng tinh dầu (ml/100 g)
1	30	816	11,9
2	35	751	11,2
3	40	659	10,8
4	45	558	10,3
5	50	525	9,9
6	55	500	9,0

3.2. Xây dựng phương trình hồi quy thực nghiệm thời gian sấy

Kết quả phân tích hồi quy của phương trình thời gian sấy được trình bày ở bảng 2. Theo đó, phương trình hồi quy tuyến tính được lựa chọn có giá trị $f=89,61$ ($p\text{-value}=0,0007$) cho biết mô hình tuyến tính hoàn toàn phù hợp với thực nghiệm. Thêm vào đó, giá trị hệ số xác định R^2 và $R^2_{\text{hiệu chỉnh}}$ lần lượt bằng 0,9573 và 0,9466 cho thấy phương trình hồi quy tuyến tính đơn biến hoàn toàn tương thích, cho phép biểu diễn 95% sự phụ thuộc của thời gian sấy vào nhiệt độ sấy.

Bảng 2. Phân tích hồi quy của phương trình thời gian sấy.

Nguồn gốc	Tổng bình phương	Bậc tự do	Phương sai	f-value	p-value (prob>f)
Mô hình	79498,3	1	79498,3	89,61	0,0007
A - nhiệt độ sấy	79498,3	1	79498,3	89,61	0,0007
Phần dư	3548,53	4	887,13		
Tổng	83046,83	5			
R^2	0,9573				
$R^2_{\text{hiệu chỉnh}}$	0,9466				

Giá trị các hệ số hồi quy của phương trình thời gian sấy và khoảng tin cậy 95% được trình bày ở bảng 3.

Bảng 3. Hệ số hồi quy của phương trình thời gian sấy.

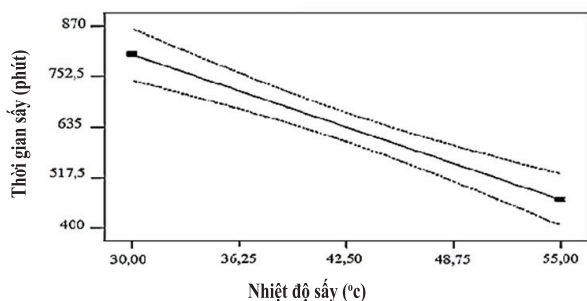
Thông số	Giá trị	df	Sai số chuẩn	Khoảng tin cậy 95%		VIF
				Cận dưới	Cận trên	
Hệ số chặn	634,83	1	12,16	601,07	668,59	
A - nhiệt độ sấy	-168,5	1	17,8	-217,92	-119,08	1

Ta có:

Phương trình hồi quy biến mã hóa: $Y_1=634,83-168,5x_A$.

Phương trình hồi quy biến thực: $Y_1=1207,73333-13,48x_{\text{Nhiệt độ sấy}}$.

Mối quan hệ tuyến tính giữa thời gian sấy và nhiệt độ sấy được biểu diễn ở hình 3.



Hình 3. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến thời gian sấy.

3.3. Xây dựng phương trình hồi quy thực nghiệm hàm lượng tinh dầu

Kết quả phân tích hồi quy của phương trình hàm lượng tinh dầu được trình bày ở bảng 4. Theo đó, phương trình hồi quy tuyến tính được lựa chọn có giá trị $f=239,2$ ($p\text{-value}=0,0001$) cho biết

mô hình tuyến tính hoàn toàn phù hợp với thực nghiệm. Thêm vào đó, giá trị hệ số xác định R^2 và $R^2_{\text{hiệu chỉnh}}$ lần lượt bằng 0,9836 và 0,9794 cho thấy phương trình hồi quy tuyến tính đơn biến hoàn toàn tương thích, cho phép biểu diễn 98% sự phụ thuộc của hàm lượng tinh dầu vào nhiệt độ sấy.

Bảng 4. Phân tích hồi quy của phương trình hàm lượng tinh dầu.

Nguồn gốc	Tổng bình phương	Bậc tự do	Phương sai	f	p-value (prob>f)
Phương trình	5,1	1	5,1	239,2	0,0001
A - nhiệt độ sấy	5,1	1	5,1	239,2	0,0001
Phần dư	0,085	4	0,021		
Tổng	5,19	5			
R^2	0,9836				
$R^2_{\text{hiệu chỉnh}}$	0,9794				

Giá trị các hệ số hồi quy của phương trình hàm lượng tinh dầu và khoảng tin cậy 95% được trình bày ở bảng 5.

Bảng 5. Hệ số hồi quy của phương trình hàm lượng tinh dầu.

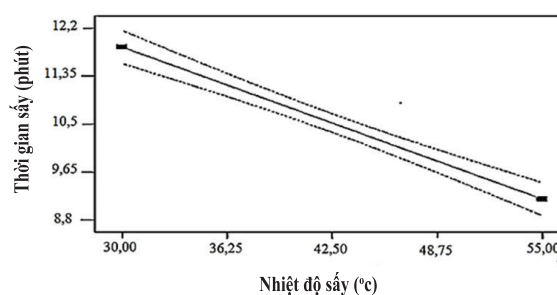
Thông số	Giá trị	df	Sai số chuẩn	Khoảng tin cậy 95%		VIF
				Cận dưới	Cận trên	
Hệ số chặn	10,52	1	0,06	10,35	10,68	
A - nhiệt độ sấy	-1,35	1	0,087	-1,59	-1,11	1

Ta có:

Phương trình hồi quy biến mã hóa: $Y_2=10,52-1,35x_A$.

Phương trình hồi quy biến thực: $Y_2=15,10667-0,108x_{\text{Nhiệt độ sấy}}$.

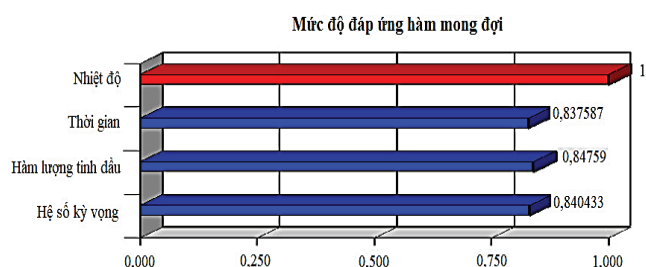
Mối quan hệ tuyến tính giữa hàm lượng tinh dầu và nhiệt độ sấy được thể hiện ở hình 4.



Hình 4. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến hàm lượng tinh dầu.

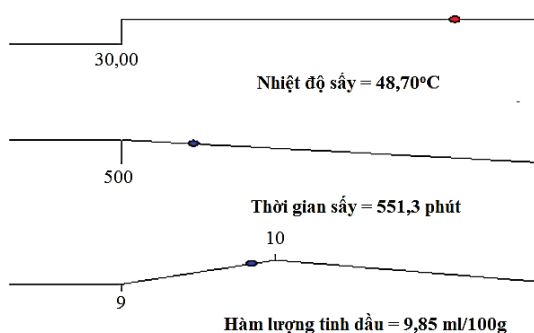
3.4. Tối ưu hóa nhiệt độ sấy quả hồi bằng kỹ thuật sấy nhiệt độ thấp kết hợp vi sóng

Quá trình sấy quả hồi bằng kỹ thuật sấy nhiệt độ thấp kết hợp vi sóng được tiến hành sao cho thời gian sấy nhỏ nhất và hàm lượng tinh dầu trong quả lớn nhất. Tiến hành giải bài toán tối ưu bằng cách chấp mục tiêu theo thuật toán “Hàm mong đợi” được đưa ra bởi G. Derringer và cs (1980) [9]. Kết quả tối ưu hóa sử dụng phần mềm Design-Expert 7.1 được trình bày ở hình 5 và 6.



Hình 5. Mức độ đáp ứng sự mong đợi của nhiệt độ sấy và các hàm mục tiêu.

Hình 5 cho thấy, khi yếu tố nhiệt độ sấy đáp ứng 100% thì khả năng đạt được hàm mục tiêu: thời gian sấy đạt 83,76%, hàm lượng tinh dầu đạt 84,76% so với mong muốn. Hàm mong đợi chung đạt được 84% là khá cao, như vậy đã đạt được mục tiêu đặt ra.



Hình 6. Kết quả tối ưu hóa của phương trình.

Hình 6 cho thấy, quá trình sấy quả hồi được tiến hành ở nhiệt độ 48,7°C, thời gian sấy 551,3 phút, hàm lượng tinh dầu đạt được là 9,85 ml/100 g với mức độ đáp ứng sự mong đợi là 84%.

3.5. Thực nghiệm kiểm tra lại kết quả tối ưu hóa

Thực nghiệm được lặp lại 3 lần với thông số tối ưu, điều chỉnh thông số nhiệt độ phù hợp với thực tế. Các giá trị thu được thể hiện ở bảng 6.

Bảng 6. Kết quả thực nghiệm sấy quả hồi ở điều kiện tối ưu.

Số thực nghiệm	Nhiệt độ (°C)	Thời gian sấy (phút)	Hàm lượng tinh dầu (ml/100 g)
1	48,5±0,5	547	9,90
2	48,5±0,5	545	9,90
3	48,5±0,5	543	9,90
Giá trị thực nghiệm trung bình		545	9,90
Giá trị dự báo theo bài toán tối ưu		551	9,85

Kết quả bảng 6 cho thấy, giá trị thực nghiệm trung bình là: thời gian sấy 545 phút và hàm lượng tinh dầu 9,9 ml/100 g. Giá trị dự báo theo bài toán tối ưu: thời gian sấy 551 phút và hàm lượng tinh

dầu 9,85 ml/100 g: Như vậy, giá trị thực nghiệm và giá trị dự báo gần tương đương nhau, có nghĩa là phương trình thực nghiệm phù hợp với thực tế.

4. Kết luận

Nghiên cứu này đã tối ưu hóa nhiệt độ sấy quả hồi bằng kỹ thuật sấy nhiệt độ thấp kết hợp vi sóng, kết quả thực nghiệm phù hợp với bài toán tối ưu cho thấy phương trình thực nghiệm phù hợp với thực tế, qua đó đã xác định nhiệt độ tối ưu cho sấy quả hồi là 48,5±0,5°C để đạt thời gian sấy 545 phút và hàm lượng tinh dầu 9,9 ml/100 g.

Kết quả nghiên cứu này cung cấp cơ sở khoa học về hàm lượng tinh dầu của quả hồi Lạng Sơn, các thông số kỹ thuật cho việc sấy quả hồi bằng kỹ thuật sấy ở nhiệt độ thấp kết hợp vi sóng, giúp doanh nghiệp có thêm dữ liệu trong việc khai thác, sản xuất quả hồi khô từ quả hồi tươi ở tỉnh Lạng Sơn.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được thực hiện thông qua Đề tài cấp Bộ “Nghiên cứu hoàn thiện công nghệ chế biến một số sản phẩm từ quả hồi Lạng Sơn”. Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] N.N. Binh, T.Q. Viet (2002) *Illicium verum* Hook, Agriculture Publisher, pp.5-12 (in Vietnamese).
- [2] L.D. Cu, T.A. Thu, (2005), *Chemical Composition of Lang Son Anise Essential Oil*, Science and Technics Publishing House, pp.27-33 (in Vietnamese).
- [3] M. Zareina, S.H. Samadib, B. Ghobadianb (2015), “Investigation of microwave dryer effect on energy efficiency during drying of apple slices”, *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, **14**(1), pp.41-47. DOI: 10.1016/j.jssas.2013.06.002.
- [4] N. Hay, L.A. Duc, N.V.L, et al. (2015), "Research on fire drying of snakehead fish according to the principle of combined heat and microwave drying", *Conference Proceedings National Science and Technology in Mechanical Engineering - Fourth Edition*, **1**, Ho Chi Minh City National University Publisher (in Vietnamese).
- [5] Directorate for Standards, Metrology and Quality (2011), *National Standard, TCVN 8852: 2011, Star anise (Illicium verum* Hook. f) (in Vietnamese).
- [6] Ministry of Health (2010), *Vietnamese Pharmacopoeia IV*, 1497pp, Medical Publishing House (in Vietnamese).
- [7] Ministry of Health (2002), *Vietnamese Pharmacopoeia III*, 886pp, Medical Publishing House (in Vietnamese).
- [8] Nguyen Minh Tuyen (2005), *Experimental Regulations*, 227pp, Science and Technics Publishing House (in Vietnamese).
- [9] G. Derringer, R. Suich (1980), “Simultaneous optimization of several responses variables”, *Journal of Quality Technology*, **12**(4), pp.214-219.