

TỐI ƯU HÓA QUÁ TRÌNH SẤY PHUN DỊCH CÀ CHUA

Optimization the Spray Drying of Tomato Pulp

Nguyễn Thị Hồng Minh, Nguyễn Thị Thùy Ninh

Viện dinh dưỡng

Địa chỉ email tác giả liên hệ: nguyenhongminh3215@yahoo.com.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu nhằm tìm điều kiện tối ưu để sản xuất bột cà chua bằng kế hoạch bậc hai tâm xoay và phương pháp tối ưu hóa đa mục tiêu - sử dụng phương pháp hàm mong đợi. 20 thí nghiệm thực nghiệm được tiến hành để xây dựng hàm mục tiêu mô tả sự ảnh hưởng của tỷ lệ bổ sung maltodextrin vào dịch trước sấy phun, nhiệt độ không khí sấy, tốc độ bơm nhập liệu tới quá trình sấy phun. Bằng phương pháp hàm mong đợi đã giải bài toán tối ưu hóa đa mục tiêu xác định được chế độ tối ưu cho quá trình sấy phun dịch cà chua như sau: tỷ lệ maltodextrin/chất khô dịch quả 52%, nhiệt độ không khí sấy 133^oC, tốc độ bơm nhập liệu 27 ml/phút. Khi đó hiệu suất đạt 74,2% và hàm lượng lycopene của sản phẩm là 43,334 mcg%.

Từ khóa: Tối ưu hóa, sấy phun, cà chua.

ABSTRACT

The study aimed to find the optimal conditions for the production of tomato paste with 2-level rotatable design and multi-objective optimization using the desirability function approach. 20 laboratory experiments were conducted to build the objective function that describes the influence of maltodextrin on the rate of additional services before the sun spray, drying air temperature, pump speed input to the spray drying process. By means of expected function it was able to solve multi-objective optimization for determining the optimal mode for spray drying tomatoes translated as follows: the ratio of maltodextrin/juice dry matter 52%, drying air temperature 133 ^oC, the rate of input pump 27 ml/min. At this condition, the performance reached 74.2% and lycopene content of the product is 43.334 mcg%.

Keywords: Optimization, spray-drying, tomatoes.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cà chua là loại quả chứa nhiều thành phần dinh dưỡng có lợi cho sức khỏe, trong đó có lycopene. Hàm lượng lycopene trong cà chua từ 3,1 - 7,74 mg/100g quả tươi. Lycopene là một chất chống oxy hóa mạnh, giúp cho cơ thể phòng chống các bệnh mạn tính không lây như tim mạch, ung thư,... (Agarwal & cs., 2001). Với chế độ ăn tăng cường cà chua và các sản phẩm từ cà chua sẽ góp phần bổ sung thêm nguồn lycopene cho cơ thể, giúp cơ thể phòng chống bệnh tật.

Do tập quán và thói quen sử dụng thức ăn tươi của người dân Việt Nam nên sản

phẩm chế biến từ cà chua chưa phổ biến. Sản phẩm chế biến từ cà chua trên thị trường hiện nay chủ yếu ở là sốt cà chua hay nước cà chua ép. Hiện cà chua ở dạng bột vẫn còn rất ít. Bột cà chua là sản phẩm dễ bảo quản, thuận tiện cho việc vận chuyển, giữ được hương vị tươi của quả cà chua và có thể sử dụng theo nhiều cách để tạo các loại thực phẩm khác nhau trong chế độ ăn như nước giải khát hoặc để nấu các món ăn (Quách Đình & cs., 1996).

Sấy phun là công nghệ tiên tiến tạo nên các sản phẩm dạng bột khô chất lượng cao.

Quá trình sấy phun tiến hành nhanh, không kịp đốt nóng sản phẩm quá nhiệt độ cho phép vì vậy giữ được màu sắc, hương vị tự nhiên và lượng lycopene trong cà chua (Al-asheh &cs., 2003; Quách Đĩnh, 2001).

Sấy phun tạo bột cà chua chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố (Al-asheh &cs., 2003; Banat &cs., 2002; Goula và Adamopoulos, 2007). Mục đích của nghiên cứu là xác định điều kiện tối ưu quá trình sấy phun tạo bột từ cà chua để đạt hiệu suất thu hồi sản phẩm cao nhất và sản phẩm có hàm lượng lycopene cao nhất.

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nguyên liệu

Cà chua: sử dụng cà chua giống Savior - trồng tại Viện nghiên cứu rau quả, chọn loại chín ở thời kỳ chín đỏ

Maltodextrin: sản phẩm của Nhật, dạng bột mịn, trắng, có DE < 15.

Thiết bị sấy phun

Sử dụng máy sấy phun BUCHI MINI SPRAY DRYER B-191 của Thụy Điển.

Phương pháp phân tích

Xác định hàm lượng lycopene: theo phương pháp AOAC -941.15

Xác định hàm lượng chất khô hòa tan: bằng chiết quang kế

Xác định hiệu suất thu hồi: Hiệu suất thu hồi sản phẩm được tính bằng % lượng chất khô trong sản phẩm so với lượng chất khô trong dịch quả trước sấy phun.

Phương pháp tối ưu hóa

Tối ưu hóa quá trình nghiên cứu bằng phương pháp quy hoạch thực nghiệm

(Nguyễn Minh Tuyển, 2004). Các bước tiến hành như sau:

Trước hết, tiến hành khảo sát sự ảnh hưởng của tỷ lệ bổ sung maltodextrin, nhiệt độ không khí sấy, tốc độ bơm nhập liệu tới quá trình sấy phun và khoảng biến thiên của chúng. Quả cà chua được chần ở nhiệt độ 88°C, thời gian 1,8 phút. Quả sau khi chần được làm nguội bằng nước lạnh luân lưu và chà qua rây có kích thước 1mm, xác định nồng độ chất khô hòa tan trong dịch quả. Phối chế dịch quả với maltodextrin theo tỷ lệ khối lượng maltodextrin/tổng lượng chất khô hòa tan trong dịch quả lần lượt là 25/75, 30/70, 35/65, 40/60, 45/55 (tương ứng 33%, 43%, 54%, 67% và 82%). Sấy phun các dịch quả với nhiệt độ không khí vào: 130°C; áp suất vòi phun: 1,2 bar; tốc độ bơm nhập liệu: 30 ml/phút. Để khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ không khí sấy, dịch cà chua đem sấy phun được phối trộn với maltodextrin theo tỷ lệ khối lượng maltodextrin/tổng chất khô hòa tan của dịch quả là 54%. Tiến hành sấy phun với tốc độ bơm nhập liệu 30 ml/phút, áp suất vòi phun 1,2 bar và nhiệt độ sấy thay đổi lần lượt 110, 120, 130, 140, 150, 160°C.

Ảnh hưởng của tốc độ bơm nhập liệu tới quá trình sấy phun được xác định bằng cách lấy dịch cà chua đem sấy phun được phối trộn maltodextrin theo tỷ lệ khối lượng maltodextrin/tổng chất khô hòa tan của dịch quả là 54%. Tiến hành sấy phun với nhiệt độ không khí vào 130°C, áp suất vòi phun 1,2 bar, tốc độ bơm nhập liệu thay đổi 10, 20, 30, 40, 50 ml/phút.

Tiếp theo, xây dựng ma trận thực nghiệm và tiến hành thí nghiệm. Để khảo sát vùng tối ưu, sử dụng kế hoạch bậc hai tâm xoay cho 3 yếu tố, mỗi yếu tố tiến hành

tại 5 mức Số lần thí nghiệm được xác định như sau: $N = 2^3 + 2 \cdot 3 + 6 = 20$.

Sau đó, quy hoạch thực nghiệm gồm 20 thí nghiệm. Tính toán hệ số hồi quy với 2 hàm mục tiêu là hiệu suất thu hồi sản phẩm (Y_1) và hàm lượng lycopene của sản phẩm (Y_2). Phương trình hồi quy có dạng sau:

$$Y_1 = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_{11}X_1^2 + a_{22}X_2^2 + a_{33}X_3^2 + a_{12}X_1X_2 + a_{13}X_1X_3 + a_{23}X_2X_3.$$

$$Y_2 = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{33}X_3^2 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3.$$

Trong đó: a, b là các hệ số hồi quy. X là các biến số hay các yếu tố ảnh hưởng

Cuối cùng, kiểm định sự có nghĩa của hệ số hồi quy và kiểm định sự tương thích của mô hình. Chế độ tối ưu được xác định bằng phương pháp tối ưu hóa đa mục tiêu - phương pháp hàm mong đợi. Tính toán và xử lý kết quả bằng phần mềm máy tính Design - Expert 8.0.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình sấy phun

3.1.1. Ảnh hưởng của tỷ lệ bổ sung maltodextrin vào dịch trước sấy phun

Tỷ lệ bổ sung maltodextrin vào dịch trước sấy phun có ảnh hưởng rõ rệt đến hiệu suất thu hồi và hàm lượng lycopene trong sản phẩm ($F=111,313$; $p<0,001$; $\alpha=0,05$ và $F=243,970$; $p<0,001$; $\alpha=0,05$). Khi tỷ lệ bổ sung maltodextrin thấp, sản phẩm tạo thành có hàm lượng lycopene cao (Bảng 1). Tuy nhiên, tính dính của dịch quả vẫn chưa được cải thiện nên sản phẩm bám nhiều lên thành thiết bị làm quá trình sấy phun thực hiện khó khăn và hiệu suất thu hồi sản phẩm thấp. Khi tăng tỷ lệ maltodextrin thì quá trình sấy phun được thực hiện dễ dàng hơn, nhưng lượng maltodextrin bổ sung thêm nhiều sẽ làm hàm lượng lycopene trong sản phẩm giảm đi. Như vậy, chọn tỷ lệ bổ sung maltodextrin vào dịch quả thích hợp là tỷ lệ khối lượng maltodextrin/nồng độ chất khô hòa tan của dịch quả từ 43% - 67% (Bảng 1).

Bảng 1. Ảnh hưởng của tỷ lệ bổ sung maltodextrin đến hiệu suất thu hồi và hàm lượng lycopene

Khối lượng maltodextrin/tổng chất khô hòa tan của dịch quả	Hiệu suất thu hồi (%)	Hàm lượng lycopene (mcg%)
33%	65,8±0,5	44469±94
43%	70,3±0,6	42059±476
54%	74,2±1,0	40344±334
67%	74,5±0,4	35915±985
82%	75,8±0,6	32977±126

Bảng 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ không khí sấy đến hiệu suất và chất lượng của bột cà chua

Nhiệt độ sấy (°C)	Hiệu suất thu hồi (%)	Hàm lượng lycopene (mcg%)
110	64,5±0,6	38.201±315
120	72,3±0,3	38.426±451
130	74,2±1,0	40.344±334
140	74,5±0,4	37.224±399
150	74,8±0,4	36.270±358
160	70,1±2,6	35.505±485

Bảng 3. Ảnh hưởng của tốc độ bơm nhập liệu đến hiệu suất thu hồi và chất lượng của bột cà chua

Tốc độ bơm nhập liệu (ml/phút)	Hiệu suất thu hồi	Hàm lượng lycopene (mcg%)
10	77,3±1,0	39.234±244
20	76,8±1,5	39.435±420
30	74,2±1,0	40.344±334
40	70,8±1,1	40.321±259
50	65,1±0,6	39.173±107

3.1.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ không khí sấy

Nhiệt độ không khí sấy thấp quá hay cao quá đều bất lợi cho quá trình sấy phun dịch cà chua. Kết quả ở bảng 2 cho thấy nhiệt độ không khí sấy ảnh hưởng rõ rệt đến hiệu suất thu hồi dịch quả và hàm lượng lycopene của sản phẩm ($F=137,772$; $P<0,001$; $\alpha=0,05$ và $F=57,072$; $P<0,001$; $\alpha=0,05$). Nhiệt độ không khí sấy thấp, độ ẩm sản phẩm vẫn còn cao, nên bám nhiều trên thành thiết bị làm giảm hiệu suất thu hồi của sản phẩm sau sấy. Nhiệt độ không khí sấy tăng làm độ ẩm sản phẩm giảm, hiệu suất thu hồi và hàm lượng lycopene tăng lên. Khi nhiệt độ sấy tiếp tục tăng, quá trình sấy tạo sản phẩm khô nhưng hàm lượng lycopene giảm đi do tác động của nhiệt độ làm tổn thất lycopene. Nhiệt độ sấy tăng đến 160°C , hiệu suất thu hồi bắt đầu giảm do ở nhiệt độ này vật liệu sấy bị cháy, sản phẩm sau sấy giảm mùi thơm, màu đỏ tươi chuyển sang màu đỏ thẫm, hàm lượng lycopene giảm rõ rệt. Như vậy, nhiệt độ không khí sấy ở khoảng nhiệt độ $120 - 150^{\circ}\text{C}$ thích hợp cho quá trình sấy phun bột cà chua.

3.1.3. Ảnh hưởng của tốc độ bơm nhập liệu

Tốc độ bơm nhập liệu có ảnh hưởng lớn đến lưu lượng dòng nhập liệu, năng suất thiết bị và cả nhiệt độ không khí đầu ra. Tốc

độ bơm nhập liệu tăng đồng nghĩa với thời gian lưu của vật liệu sấy trong buồng sấy giảm, lượng hơi nước thoát ra từ dịch quả ít hơn làm độ ẩm tăng, phần hạt ẩm dính lại trong buồng sấy tăng dẫn đến hiệu suất thu hồi sản phẩm sau quá trình sấy phun giảm.

Kết quả ở bảng 3 cho thấy tốc độ bơm nhập liệu ảnh hưởng rất lớn đến hiệu suất thu hồi và hàm lượng lycopene của bột cà chua ($F=66,3$; $p<0,001$; $\alpha=0,05$ và $F=12,011$; $p=0,001$; $\alpha=0,05$).

Khi tốc độ bơm nhập liệu thấp, hiệu suất thu hồi tương đối cao do sản phẩm sau sấy có độ ẩm thấp. Tuy nhiên, hàm lượng lycopene không cao do tốc độ bơm nhập liệu thấp, thời gian lưu của dịch quả trong buồng sấy lớn, lycopene giảm do tác động của nhiệt độ. Tốc độ bơm nhập liệu tăng lên, hiệu suất thu hồi sản phẩm giảm đi nhưng hàm lượng lycopene tăng do thời gian lưu của vật liệu trong buồng sấy giảm làm giảm tác động của nhiệt độ đến hàm lượng lycopene. Tốc độ bơm nhập liệu tiếp tục tăng, thời gian lưu của nguyên liệu trong buồng sấy giảm, sản phẩm sau sấy có độ ẩm tăng lên, sản phẩm sau sấy phun bám nhiều hơn vào thành thiết bị, hiệu suất thu hồi và hàm lượng lycopene giảm. Vì vậy tốc độ bơm nhập liệu từ $20 - 40\text{ml/phút}$ thích hợp cho quá trình sấy phun dịch cà chua.

3.2. Tối ưu hóa quá trình sấy phun tạo bột cà chua

Bảng 4. Khoảng biến đổi của các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình sấy phun dịch cà chua

Các yếu tố	Mức tiến hành				
	- α	-1	0	+1	+ α
X ₁ - Tỷ lệ maltodextrin/chất khô của dịch quả (%)	35	43	55	67	75
X ₂ - Nhiệt độ sấy phun (°C)	110	120	135	150	160
X ₃ - Tốc độ bơm nhập liệu (ml/phút)	13,2	20	30	40	46,8

Quy hoạch thực nghiệm gồm 20 thí nghiệm. Kết quả thực nghiệm được trình bày ở bảng 5.

Bảng 5. Các thí nghiệm tiến hành và kết quả

TN	Tỷ lệ maltodextrin/chất khô dịch quả	Nhiệt độ sấy (°C)	Tốc độ bơm (ml/phút)	Hiệu suất thu hồi (%)	Hàm lượng lycopene (mcg%)
1	43	120	20,0	71,5	42.401
2	67	120	20,0	71,9	36.752
3	43	150	20,0	69,6	40.682
4	67	150	20,0	73,6	36.725
5	43	120	40,0	67,5	40.770
6	67	120	40,0	70,9	36.974
7	43	150	40,0	67,2	39.056
8	67	150	40,0	74,2	36.876
9	35	135	30,0	67,4	41.108
10	75	135	30,0	73,6	34.800
11	55	110	30,0	72,8	39.501
12	55	160	30,0	74,3	38.149
13	55	135	13,2	70,3	41.500
14	55	135	46,8	67,4	40.149
15	55	135	30,0	74,3	43.008
16	55	135	30,0	74,3	43.200
17	55	135	30,0	74,2	43.000
18	55	135	30,0	74,3	43.105
19	55	135	30,0	74,2	43.121
20	55	135	30,0	74,2	43.096

Phân tích hồi quy cho thấy chuẩn F của hai mô hình lần lượt bằng 3179,07 (Y_1), 914,23 (Y_2) cho thấy hai mô hình hoàn toàn có ý nghĩa thống kê với độ tin cậy 99,99% ($P < 0,0001$).

Chuẩn F cho “sự không tương thích” của mô hình Y_1 là 2,30 ($P=0,1908$), Y_2 là 4,98 ($P=0,0514$) cho thấy hai mô hình hoàn toàn tương thích với thực nghiệm. Hơn nữa, hệ số tương quan bội R^2 của 2 mô hình lần lượt bằng 0,9997 và 0,9988 cho thấy mô hình mô tả đến 99,97% và 99,88% sự thay đổi hàm mục tiêu phụ thuộc vào các biến ảnh hưởng.

Hiệu suất thu hồi và hàm lượng lycopene của bột cà chua sau sấy được biểu diễn bằng hai mô hình bậc 2 như sau:

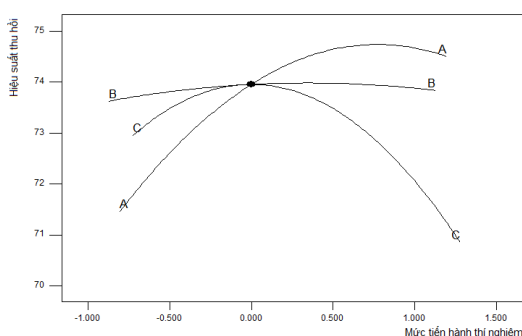
$$Y_1 = 74,25 + 1,85X_1 + 0,39X_2 - 0,86X_3 + 0,90X_1X_2 + 0,75X_1X_3 + 0,40X_2X_3 - 1,32X_1^2 - 0,24X_2^2 - 1,90X_3^2$$

$$Y_2 = 43094,3 - 1911,77X_1 - 427,02X_2 - 377,55X_3 + 413,50X_1X_2 + 453,75X_1X_3 - 8,25X_2X_3 - 1854,48X_1^2 - 1546,54X_2^2 - 839,61X_3^2$$

Lần lượt xét ảnh hưởng của từng yếu tố (khi các yếu tố khác giữ ở mức trung bình) đến hiệu suất thu hồi (Hình 1) và hàm lượng lycopene (Hình 2), tỷ lệ khối lượng maltodextrin/tổng chất khô hòa tan của dịch quả và tốc độ bơm nhập liệu có ảnh hưởng rõ rệt đến hiệu suất thu hồi.

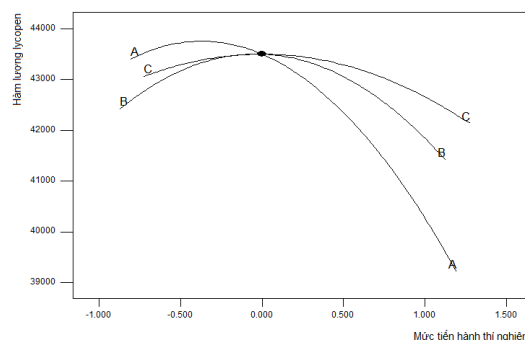
Hàm lượng lycopene bị ảnh hưởng nhiều nhất bởi tỷ lệ khối lượng maltodextrin/tổng chất khô hòa tan của dịch quả, sau đó là nhiệt độ và tốc độ bơm nhập liệu.

Hiệu suất thu hồi ảnh hưởng nhiều nhất bởi tỷ lệ bổ sung maltodextrin vào dịch quả và tốc độ bơm nhập liệu. Khi tỷ lệ bổ sung maltodextrin còn thấp, bột cà chua có tính hút ẩm lớn, bám nhiều lên thành thiết bị, hiệu suất thu hồi thấp. Tỷ lệ maltodextrin càng lớn thì quá trình sấy phun được thực hiện càng dễ dàng, hiệu suất thu hồi tăng lên. Tốc độ bơm nhập liệu ảnh hưởng tới thời gian lưu của dịch quả trong buồng sấy. Tốc độ bơm nhập liệu thấp, thời gian lưu của dịch quả trong buồng sấy tăng lên, sản phẩm tạo ra có độ ẩm thấp và hiệu suất thu hồi cao. Tốc độ bơm nhập liệu tăng, thời gian lưu của dịch quả trong buồng sấy giảm, đến một mức nào đó, lưu lượng dòng nhập liệu quá nhanh sẽ làm quá trình bốc hơi nước xảy ra không kịp, sản phẩm cuối cùng có độ ẩm cao và hiệu suất thu hồi giảm rõ rệt. Hàm lượng lycopene của bột cà chua sau sấy phun cũng chịu ảnh hưởng rõ rệt bởi tỷ lệ bổ sung maltodextrin vào dịch quả. Maltodextrin đóng vai trò là chất mang giúp quá trình sấy phun thực hiện dễ dàng. Nhưng khi tỷ lệ bổ sung maltodextrin tăng làm giảm hàm lượng lycopene của sản phẩm.



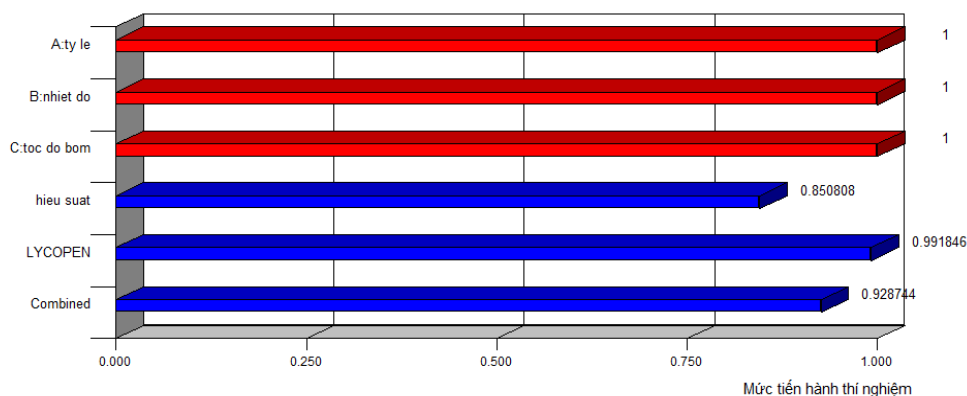
Hình 1. Ảnh hưởng của các yếu tố đến hiệu suất thu hồi

(A: tỷ lệ maltodextrin, B: nhiệt độ sấy, C: tốc độ bơm)



Hình 2. Ảnh hưởng của các yếu tố đến hàm lượng lycopene

(A: tỷ lệ maltodextrin, B: nhiệt độ sấy, C: tốc độ bơm)



Hình 3. Mức độ đáp ứng sự mong đợi - sấy phun dịch cà chua

Tối ưu hóa

Quá trình sấy phun được tiến hành sao cho thu được bột cà chua với hiệu suất và hàm lượng lycopene cao nhất. Tiến hành giải bài toán tối ưu bằng cách chập mục tiêu theo thuật toán “hàm mong đợi”. Kết quả tối ưu hóa thu được tỷ lệ maltodextrin/chất khô dịch quả 52%, nhiệt độ không khí sấy 133°C, tốc độ bơm nhập liệu 27 ml/phút. Khi đó hiệu suất đạt 73,8% và hàm lượng lycopene của sản phẩm là 43.578 mcg%.

Với điều kiện tối ưu này thì mục tiêu về hiệu suất thu hồi đạt 85% mong muốn, hàm lượng lycopene đạt 99% mong muốn và mục tiêu chung đạt 93% mong muốn (Hình 3).

3.3. Thí nghiệm kiểm chứng

Tiến hành sấy phun cà chua với các thông số: tỷ lệ maltodextrin/chất khô dịch quả 52%, nhiệt độ không khí sấy 133°C, tốc độ bơm nhập liệu 27 ml/phút. Thí nghiệm được tiến hành 3 lần cho kết quả hiệu suất thu hồi sản phẩm đạt $74,2 \pm 0,3\%$ và hàm lượng lycopene của bột cà chua đạt 43.334 ± 129 mcg%.

4. KẾT LUẬN

Điều kiện tối ưu để sấy phun tạo bột cà chua là tỷ lệ maltodextrin/chất khô dịch quả 52%, nhiệt độ không khí sấy 133°C, tốc độ bơm nhập liệu 27 ml/phút. Khi đó hiệu suất đạt 74,2% và hàm lượng lycopene của sản phẩm là 43.334 mcg%.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Quách Đình, Nguyễn Văn Tiếp, Nguyễn Văn Thoa (1996). Sấy rau quả, Công nghệ sau thu hoạch và chế biến rau quả. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, tr. 202-217.
- Nguyễn Minh Tuyển (2004). Quy hoạch thực nghiệm. Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, tr. 95-115
- Agarwal A., H. Shen, S. Agarwal, A. Rao (2001). Lycopene content of tomato products: its stability, bioavailability and in vivo antioxidant properties. J Med Food, 4 (1), pp. 9-15.
- Al-asheh S., R. Jumah , F. Banat., S. Hammad (2003). The use of experimental factorial design for analysing the effect of spray dryer operating variables on the production of tomato powder. Food and Bioproducts processing, 81 (2), pp 81-88.
- Banat F., R. Jumah, S. Al-Asheh, S. Hammad (2002). Effect of operating parameters on the spray drying of tomato paste. Eng. Life Sci., 2, pp. 403-407.
- Goula A., K.Adamopoulos (2007). Spray drying of tomato pulp: Effect of feed concentration. Drying technology, 22 (10), pp 2309-2330.