

Ảnh hưởng của thông số công nghệ tới độ co ngót và biến dạng của xoài thái lát trong quá trình sấy đối lưu

Effect of Technology Parameters to the Shrinkage of Mango Slices during Convection Drying Process

Nguyễn Đức Trung, Phạm Thanh Hương*

Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, Số 1, Đường Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội

Đến Tòa soạn: 02-5-2018; chấp nhận đăng: 20-3-2019

Tóm tắt

Ứng dụng thị giác máy tính nhằm nâng cao hiệu quả của việc đánh giá chất lượng và cảm quan hình ảnh đang là hướng nghiên cứu được quan tâm trong lĩnh vực chế biến thực phẩm. Khoảng thông số công nghệ: vận tốc, nhiệt độ của tác nhân sấy và độ dày của vật liệu sấy có khả năng bảo đảm chất lượng và màu sắc chấp nhận được của sản phẩm xoài sấy khô được sử dụng trong việc đánh giá ảnh hưởng của thông số công nghệ tới độ biến dạng và co ngót trong quá trình sấy đối lưu. Nghiên cứu sử dụng chương trình được phát triển trên Matlab nhằm xác định thông số hình học của vật thể hai chiều (diện tích, kích thước trục dài và trục ngắn của hình elip đã xấp xỉ) để xác định sự biến đổi hình dạng từ các hình ảnh chứa miếng xoài và vật thể mẫu đã xác định kích thước và kiểu dáng.

Từ khóa: Độ co ngót, Độ biến dạng, Xoài thái lát, Sấy đối lưu

Abstracts

Computer vision application to improve the effectiveness of quality evaluation and image sensory is interested trend of researching in food processing. The range of technology parameters: velocity, temperature of drying air and material thickness which can ensure the acceptable quality and color of the dried mango slices is applied to estimate the effect of technology parameters to the shrinkage and deformation during convective drying process. This study utilizes the program developed in Matlab to determine the geometry parameters of 2D – object (the area, the dimension of long and short axis of fitted ellipse) in order to determine the shape variation from the images of mango slices and original sample with defined dimension and form.

Keywords: Shrinkage, Deformation, Mango slices, Convective drying.

1. Giới thiệu

Trước ngưỡng cửa của cách mạng công nghiệp 4.0, ứng dụng thị giác máy tính là một trong những xu hướng chủ đạo trong các ngành công nghiệp và công nghệ thực phẩm nói riêng [1]. Ứng dụng thị giác máy tính trong nghiên cứu quá trình sấy chưa được thực hiện ở Việt Nam và đã bắt đầu được thực hiện ở những nhóm nghiên cứu mạnh về ứng dụng tin học một số quốc gia trên Thế giới như Mỹ, Canada, Nhật bản [1] với một số công trình tiêu biểu như: giám sát sự biến đổi màu của tôm [2]; thể tích và cấu trúc của táo thái lát [3]; độ co ngót của lá cây thuốc lá [4]. Những nghiên cứu trên chủ yếu tập trung vào đánh giá biến đổi kích thước và màu sắc mà chưa tập trung vào đánh giá biến đổi về hình dạng.

Ở góc độ cảm quan thực phẩm, sản phẩm sấy cần có kích thước và hình dạng gần nhất với nguyên liệu tươi. Khảo sát đã được thực hiện với một số chế

độ sấy có thông số công nghệ: vận tốc và nhiệt độ của tác nhân sấy (TNS) có khả năng bảo đảm chất lượng và màu sắc chấp nhận được của sản phẩm xoài sấy khô [5]. Nghiên cứu cho thấy: trong những khoảng thời gian khác nhau tương ứng với độ ẩm khác nhau của vật liệu sấy (VLS), tốc độ biến dạng và co ngót là khác nhau và thường khá bé ở cuối quá trình sấy nên sự lựa chọn thời điểm chuyển giữa các chế độ công nghệ cần được thực hiện nhằm bảo đảm mức độ co ngót của sản phẩm cuối cùng là ít nhất mà vẫn bảo đảm chất lượng, màu sắc cũng như độ ẩm cuối.

2. Phương pháp và công cụ nghiên cứu

2.1. Vật liệu sấy

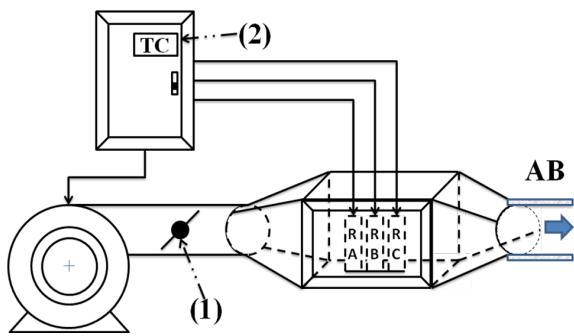
Xoài tươi không có vết thâm đen, còn đủ cuống, có kích thước chiều dài từ 12 cm đến 15 cm được lựa chọn với độ chín tới ứng với sắc vàng từ $\frac{1}{2}$ đến $\frac{2}{3}$. Xoài được bảo quản trong các tủ thoáng, mát (4°C). Xoài được tách vỏ bỏ hạt và thái lát với độ dày các miếng lần lượt như sau: D1 = 3 (mm); D2 = 5 (mm) và D3 = 7 (mm) theo các mặt phẳng dọc theo hạt. Các miếng xoài có kích thước của trục ngắn trên 5 cm sẽ

* Địa chỉ liên hệ: Tel.: (+84) 983.409.489
Email: huong.phamthanh@hust.edu.vn

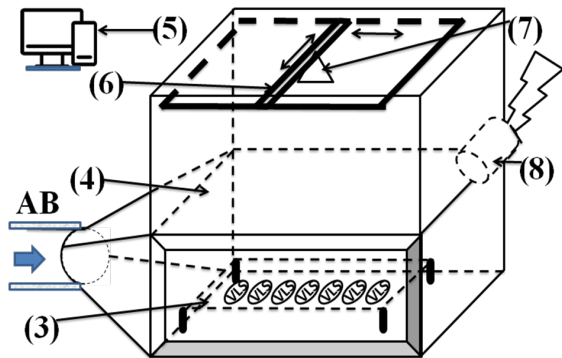
được đưa vào khâu tiền xử lý sấy. Trước khi đưa vào sấy, các miếng xoài được ngâm tẩm trong dung dịch chứa axit citric (1%) và axit ascorbic (0,5%) nhằm hạn chế ảnh hưởng tiêu cực của các tác nhân tới chất lượng cũng như cảm quan về màu sắc của sản phẩm sấy [6], [7]. Mỗi thí nghiệm sấy được thực hiện với các miếng xoài có kích thước tương đối đồng đều. Số lượng các miếng xoài trên các khay sấy trong tất cả các thí nghiệm sấy là 6. Sự biến đổi các thông số hình học của thí nghiệm sấy sẽ dựa trên nguyên tắc xác định thông số trung bình nhằm bảo đảm tính đại diện.

2.2. Thiết bị thí nghiệm

Thiết bị sấy đối lưu có khả năng điều chỉnh vận tốc và nhiệt độ TNS đi kèm thiết bị chụp hình kỹ thuật số có thiết kế được thể hiện trên hình 1.a và hình 1.b dưới đây.



Hình 1. a. Bộ phận cấp TNS điều chỉnh được nhiệt độ và vận tốc.



Hình 1. b. Buồng sấy tích hợp hệ thống thu thập hình ảnh các VLS.

Nhiệt độ TNS được điều chỉnh bằng phương pháp sử dụng phím ấn trên thiết bị điều khiển nhiệt độ tự động (1) thông qua tác động điều chỉnh tới dây đốt điện trở của calorife điện - khí. Dải điều chỉnh của thiết bị trong phạm vi từ 45°C đến 95°C. Sai số điều chỉnh nhiệt độ dưới 0,5°C.

Vận tốc TNS điều chỉnh được trong phạm vi từ 0,7 m/s đến 3,5 m/s thông qua góc mở le gió (1). Việc hiệu chỉnh sử dụng thiết bị đo tốc độ gió CGESAIRVEL của hãng Carlo Gavazzi.

Nhiệt độ TNS được khảo sát ở các trị số lần lượt như sau: T1= 55°C; T2 = 60°C; T3 = 65°C; T4 = 70°C và T5 = 75°C. Vận tốc TNS được khảo sát ở các trị số lần lượt: V1 = 2,0 m/s; V2 = 1,5 m/s; V3 = 1,0 m/s.

Với việc bố trí 6 miếng xoài thái lát trong một thí nghiệm, thiết bị sấy chỉ sử dụng một khay sấy đặt ở phần giữa của khoang sấy để chứa toàn bộ vật liệu sấy cách đều nhau. Khay sấy được sơn đen nhằm tránh phản quang trong quá trình chụp hình các miếng xoài trong quá trình sấy như thể hiện trên hình 3.a và hình 3.b. Việc sơn đen các khay sấy giúp phân tách chính xác hình ảnh của các miếng xoài với môi trường xung quanh.

Thiết bị chụp hình trong một buồng chụp được sơn đen có bố trí đèn chiếu sáng phụ trợ có thể bật khi cần nhằm chống các nhiễu xạ về ánh sáng của môi trường. Máy ảnh kỹ thuật số được hỗ trợ di chuyển và định vị chính xác bởi các trục ngang, dọc có thang chia theo kích thước độ phân dải 1 mm. Khoang sấy và buồng chụp được phân cách bởi một lớp kính trong (không phản quang) và chịu được nhiệt độ tối đa của các thí nghiệm khảo sát.

Kênh dẫn gió AB được bọc bảo ôn dày 20 mm với vật liệu cách nhiệt là bông thủy tinh thổi qua khoang sấy thoát khí thải ở cửa (8) nhằm hạn chế ảnh hưởng động âm lên tấm kính mỏng trong suốt (4). Hệ thống thu thập hình ảnh sử dụng camera kỹ thuật số (7) gắn trên hệ truyền động (6) điều chỉnh được theo hai phương có thể thu thập hình ảnh tại bất cứ vị trí nào trên khay sấy (3) và xử lý trên máy tính (5) đã được cài đặt chương trình thích thực hiện phương pháp đánh giá độ co ngót và biến dạng với mô tả chi tiết trong phần sau đây.

2.3. Phương pháp đánh giá độ co ngót và biến dạng

2.3.1. Hệ số co ngót

Hệ số co ngót tức thời (K_n) của VLS được xác định qua tỷ lệ diện tích của chúng tại thời điểm đang xét (S_n) so với thời điểm trước đó (S_{n-1}) như sau:

$$K_n = \frac{S_n}{S_{n-1}}$$

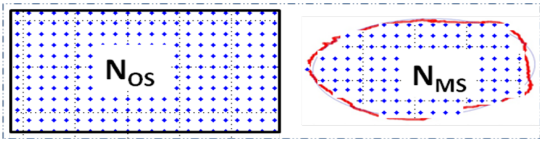
Hệ số co ngót của sản phẩm sấy (K^S) được xác định qua tỷ lệ diện tích của sản phẩm khi kết thúc quá trình sấy (S_N) so với vật liệu tươi (S_0) như sau:

$$K^S = \frac{S_N}{S_0} = \frac{S_N}{S_{N-1}} \cdot \frac{S_{N-1}}{S_{N-2}} \cdot \frac{S_{N-2}}{S_{N-3}} \dots \frac{S_3}{S_2} \cdot \frac{S_2}{S_1} \cdot \frac{S_1}{S_0}$$

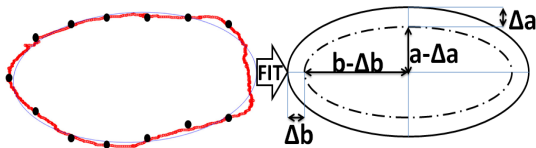
$$\rightarrow K^S = K_N \cdot K_{N-1} \cdot K_{N-2} \dots K_3 \cdot K_2 \cdot K_1$$

Công thức trên cho phép xác định hệ số co ngót của chế độ công nghệ phức hợp với nhiệt độ và vận tốc của TNS biến thiên trong quá trình sấy nhằm hạn

chế tối thiểu độ co ngót của sản phẩm sấy. Việc xác định diện tích của VLS ở thời điểm bất kỳ (MS) được xác định gián tiếp qua mẫu vật có kích thước định trước (OS) như hình 2.a:



Hình 2. a. Xác định diện tích gián tiếp qua vật chuẩn



Hình 2. b. Xấp xỉ elip và biến thiên độ dài trục

$$S_{MS} = S_{OS} \frac{S_{MS}}{S_{OS}} = S_{OS} \frac{N_{MS}}{N_{OS}}$$

Phép đếm số lượng pixel (N_{MS} và N_{OS}) và hệ thức trên được đưa vào chương trình sẽ cho ra kết quả về hệ số co ngót với kết quả hiển nhiên luôn nhỏ hơn 1 nên thường được qui đổi ra dạng đơn vị: %. Rõ ràng hệ số co ngót càng nhỏ thì VLS có mức độ co ngót càng lớn trong quá trình sấy. Một chế độ công nghệ sấy được coi là tốt khi mức độ co ngót nhỏ tương ứng hệ số co ngót lớn (gần với 1 hơn). Khi ấy diện tích quan sát được của sản phẩm sấy không bị giảm nhiều so với diện tích ban đầu VLS do ảnh hưởng của sự rút nước khỏi các mao dẫn trong quá trình sấy gây ra.

Việc xác định hệ số co ngót nêu trên được áp dụng cho một miếng xoài thái lát. Thí nghiệm thực hiện với 6 miếng xoài thái lát nên hệ số co ngót của các thí nghiệm được xác định bằng trung bình nhân của hệ số co ngót từng miếng như sau:

$$K_{TN}^{CN} = \sqrt[6]{K^{S_1} K^{S_2} K^{S_3} K^{S_4} K^{S_5} K^{S_6}}$$

Độ lệch của từng miếng trong thí nghiệm được xác định bằng thương số của hệ số co ngót của các miếng xoài. Ngưỡng cho phép của độ lệch nằm trong khoảng từ 0,8 đến 1,25. Phép tính trung bình nhân trên cũng được áp dụng trong việc xác định hệ số biến dạng của thí nghiệm được trình bày sau đây.

2.3.2. Hệ số biến dạng

Hệ số biến dạng được xác định thông qua tỷ số biến đổi của chỉ số hình dạng tương tự hệ số co ngót. Tuy nhiên, chỉ số hình dạng được xác định tùy theo VLS. Các miếng xoài thái lát có hình oval do vậy chỉ số hình dạng (SI) được xác định bằng tỷ số giữa trục dài ($b - \Delta b$) với trục ngắn (a hoặc $a - \Delta a$) của hình

elip được xấp xỉ (hình 2. b.) với phép hồi qui trực chuẩn của chương trình với khả năng xoay trục tọa độ để thích nghi với góc quay ngẫu nhiên của VLS [8].

Như vậy, chỉ số hình dạng của VLS ban đầu (HD_0) và của sản phẩm sấy (HD_N) được tính toán theo công thức sau:

$$\begin{cases} HD_0 = \frac{b}{a} \\ HD_N = \frac{b - \Delta b}{a - \Delta a} \end{cases}$$

Hệ số biến dạng của sản phẩm sấy được định nghĩa theo công thức sau đây:

$$K^F = \frac{HD_n}{HD_0} = \frac{b - \Delta b}{a - \Delta a} = \frac{b - \Delta b}{b} \cdot \frac{b}{a - \Delta a} = \frac{1 - \frac{\Delta b}{b}}{1 - \frac{\Delta a}{a}}$$

Nhìn nhận ở góc độ co ngót của các trục (trục dài và trục ngắn) theo hai phương vuông góc của elip, hệ số biến dạng có thể qui đổi dưới dạng hệ số co ngót theo hai phương (K_a và K_b) và được viết lại dưới dạng tỷ số của hai hệ số co ngót theo hai phương của trục chính của elip theo công thức sau:

$$K^F = \frac{HD_n}{HD_0} = \frac{b - \Delta b}{a - \Delta a} = \frac{b - \Delta b}{b} = \frac{K_b}{K_a}$$

Hệ số biến dạng tức thời chỉ được dùng khi cần xác định lại mức độ biến dạng của sản phẩm được sấy theo chế độ phức hợp với thông số công nghệ biến thiên trong quá trình sấy nhằm bảo đảm tối thiểu độ biến dạng. Vì thế, hệ số biến dạng tức thời không được quan tâm do có ít ý nghĩa trong thực tiễn. Việc xác định hệ số biến dạng cũng như độ lệch của hệ số biến dạng và độ lệch cho phép trong các thí nghiệm cũng được thực hiện theo phương pháp tính trung bình nhân cho 6 miếng xoài tương tự như với hệ số co ngót như sau:

$$K_{TN}^{BD} = \sqrt[6]{K^{F_1} K^{F_2} K^{F_3} K^{F_4} K^{F_5} K^{F_6}}$$

Một chế độ công nghệ sấy có cảm quan hình dạng tốt khi có mức độ biến dạng tối thiểu. Mức độ biến dạng của VLS được coi là nhỏ khi hệ số biến dạng nằm ở giải giá trị xung quanh 1.

Trong trường hợp độ lệch về hệ số biến dạng cũng như hệ số co ngót của một miếng nằm ngoài vùng cho phép thì kết quả tương ứng của miếng không được sử dụng. Tính toán về các trị số trung bình và độ lệch được thực hiện lại cho các miếng còn

lại cho đến khi độ lệch so với trị số trung bình nằm trong khoảng cho phép. Trong trường hợp số miếng có kết quả không bảo đảm độ lệch cho phép lớn hơn 3 thì thí nghiệm cần thực hiện lại nhằm bảo đảm số miếng tiến hành thí nghiệm có kết quả phù hợp tối thiểu là 3.

Các công thức tính toán trên được cài đặt trong chương trình phần mềm thị giác máy tính xác định hệ số co ngót và hệ số biến dạng với dữ liệu đầu vào là các ảnh chụp tại các thời điểm khác nhau.

2.4. Phần mềm thị giác máy tính đánh giá độ co ngót và biến dạng

Phần mềm thị giác máy tính đánh giá độ co ngót và biến dạng được dùng như công cụ đo lường và phân tích kết quả theo phương pháp nghiên cứu đã nêu với thiết bị thí nghiệm phù hợp có tích hợp thêm máy ảnh kỹ thuật số. Chương trình do nhóm nghiên cứu tự lập trình trên Matlab trên cơ sở phát triển ứng dụng kết hợp giữa bộ công cụ xử lý ảnh và bộ công cụ tối ưu ứng dụng cho hồi qui mô hình từ dữ liệu ảnh của VLS.

Phần mềm đã hoàn chỉnh về nội dung xử lý, tuy nhiên vẫn cần hoàn thiện một số đặc điểm về giao diện (GUI) bảo đảm tiện dụng hơn.

3. Kết quả và thảo luận

Kết quả nghiên cứu được trình bày dưới dạng bảng và hình được lấy từ các kết quả phân tích trung gian trên phần mềm thị giác máy tính. Trình tự thực hiện với công cụ không quá phức tạp được thể hiện với ba bước cơ bản đầu tiên như thể hiện trên hình 3.a: mở ảnh (bước 1), chọn tập tin chứa ảnh cần xử lý (bước 2) và đưa tập tin chứa ảnh vào chương trình (bước 3). Phần miếng xoài cần xác định tự động các thông số được đưa lên và lựa chọn trên giao diện GUI của phần mềm như hình 3. b.

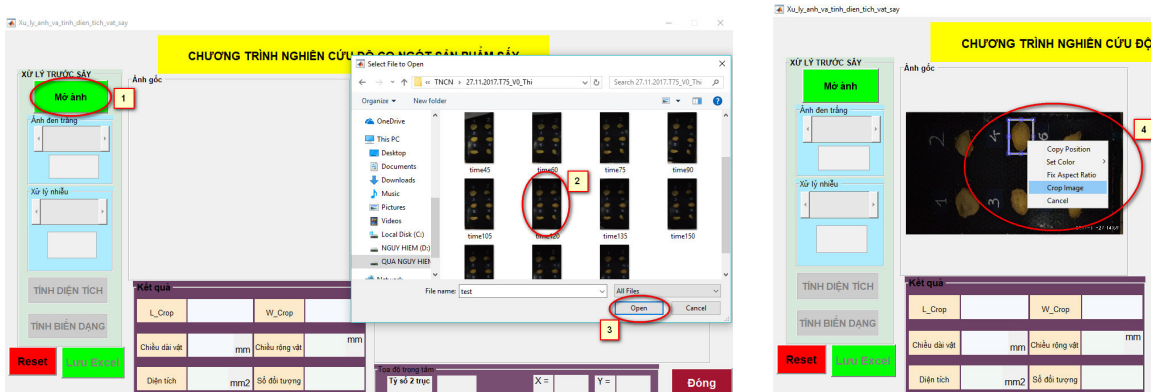
Vật tham chiếu chuẩn trong xử lý ảnh được dùng là các hình chữ nhật được dựng từ các điểm

chuẩn được chấm trắng trên khay sấy nền đen. Các hình chữ nhật này đều có các kích thước xác định và chứa miếng xoài được sấy.

Bảng 1 nêu trên cho phép tổng hợp đánh giá ảnh hưởng của độ dày VLS, nhiệt độ và tốc độ của TNS tới mức độ co ngót thông qua hệ số co ngót (%) của sản phẩm sấy cuối cùng so với vật liệu sấy ban đầu. Chế độ công nghệ sấy có mức độ co ngót ít nhất ứng với hệ số co ngót lớn nhất (71,56 %) ứng với bộ tham số (T4 = 70°C; V1 = 2 m/s; D2 = 5 mm). Cặp tham số công nghệ của TNS (T4; V1) nói trên cũng cho hệ số co ngót: lớn nhất (71,25 %) đối với các miếng xoài thái lát có độ dày D1 = 3mm và lớn thứ hai đối với các miếng có độ dày D3 = 7 mm (57,49 %: chênh lệch không đáng kể so với miếng có độ dày D3 có hệ số co ngót lớn nhất là: 57,99%). Như vậy cặp tham số (T4; V1) rất phù hợp trong việc bảo đảm hạn chế mức độ co ngót trong quá trình sấy đối với xoài thái lát ở các độ dày khác nhau được khảo sát.

Bảng 1. Hệ số co ngót của sản phẩm sấy (%) của sản phẩm xoài sấy so với xoài tươi thái lát theo độ dày VLS, nhiệt độ và vận tốc của TNS.

T	V	D1	D2	D3
T1	V1	61,29	56,09	56,16
	V2	56,48	54,32	43,59
	V3	44,50	50,99	46,65
T2	V1	59,99	47,19	43,19
	V2	53,76	52,75	56,82
	V3	42,54	34,16	53,96
T3	V1	36,74	38,73	32,51
	V2	46,33	41,62	46,68
	V3	68,67	53,97	57,99
T4	V1	71,25	71,56	57,45
	V2	62,35	49,52	47,97
	V3	59,82	39,23	50,57
T5	V1	58,90	45,66	51,44
	V2	42,96	45,77	42,63
	V3	54,70	51,40	53,32



Hình 3. a. Ba bước cơ bản trong sử dụng phần mềm tiện ích **b.** Lựa chọn miếng xoài cần xác định thông số

Hơn thế nữa, chế độ cố định với cặp tham số (T4; V1) và độ dày trong khoảng D1 và D2 cũng cho kết quả rất tốt về mức độ biến dạng với hệ số biến dạng rất gần với 1. Hệ số biến dạng ứng với D1 và D2 lần lượt là 1,196 và 1,081. Chế độ công nghệ (T4; V1) đều cho mức độ biến dạng tốt thứ 2 trong các chế độ được khảo sát.

Bảng 2. Hệ số biến dạng của sản phẩm xoài sấy so với xoài tươi thái lát theo độ dày VLS, nhiệt độ và vận tốc của TNS.

T	V	D1	D2	D3
T1	V1	1,25	1,11	1,28
	V2	1,72	1,71	2,23
	V3	2,30	1,69	1,84
T2	V1	1,13	1,28	1,58
	V2	1,29	1,30	1,32
	V3	1,96	2,38	1,46
T3	V1	1,33	1,07	1,73
	V2	1,60	2,25	1,41
	V3	1,32	1,81	1,61
T4	V1	1,20	1,08	1,40
	V2	1,09	1,71	1,12
	V3	1,26	1,10	1,21
T5	V1	1,45	1,67	1,71
	V2	1,08	1,32	1,27
	V3	1,50	1,57	1,56

Mức độ biến dạng thấp nhất với độ dày D1 và D2 không xảy ra với cùng một chế độ công nghệ mà với hai chế độ khác nhau: cặp tham số (T4; V2) với độ dày D1 và chế độ công nghệ với cặp tham số (T3; V1) với độ dày D2. Với độ dày D3 thì cặp tham số (T4; V1) không thể hiện ưu thế so với các cặp tham số khác trong kết quả về biến dạng VLS. Các chế độ ở nhiệt độ thấp hơn T5 cho cảm quan màu sắc tốt. Khi sấy ở nhiệt độ T5, sản phẩm sấy có màu xám hơn tuy nhiên vẫn ở mức hoàn toàn chấp nhận được. Xoài sấy có vị chua đậm hơn, tuy nhiên mức độ ngọt cũng tăng lên đáng kể do quá trình rút nước khỏi vật liệu sấy. Bên cạnh đó, quá trình đường hóa khi sấy cũng giúp tăng độ ngọt với xoài tươi có độ chín khoảng 1/2.

Chế độ sấy thích hợp (T4; V1) với độ co ngót và mức biến dạng đều ở tối thiểu với xoài tươi có độ dày D1 (3mm) và D2 (5mm) cho phép thực hiện quá trình sơ chế dễ dàng hơn (dung sai: 1mm) ở độ dày 4 mm.

4. Kết luận

Nghiên cứu đã đánh giá ảnh hưởng của các chế độ công nghệ với thông số cố định về nhiệt độ và vận tốc của TNS cùng độ dày VLS tới độ co ngót và biến dạng của sản phẩm cuối cùng cho phép lựa chọn được chế độ công nghệ sấy cùng chế độ sơ chế phù hợp với thực tiễn sản xuất. Xét trên phạm vi của các chế độ công nghệ sấy được khảo sát trong nghiên cứu, cặp tham số của TNS với các giá trị: T4 = 70°C; V1 = 2

m/s đều cho kết quả tốt về cả độ co ngót và biến dạng của sản phẩm sấy so với nguyên liệu ban đầu với các miếng xoài có độ dày D1 = 3mm và D2 = 5 mm. Trong thực tiễn sản xuất, chế độ chuẩn công nghệ sấy sử dụng cặp tham số cho phép xoài thái lát với độ dày 4mm cho phép dung sai lên tới 1mm.

Nghiên cứu đã tiếp cận phương pháp và xây dựng bộ công cụ xác định hệ số co ngót và biến dạng nhằm tạo ra cơ sở tiền đề cho việc đánh giá mức độ co ngót và biến dạng trong quá trình sấy cho nhiều loại nông sản khác có hình dạng tương tự có thể xấp xỉ theo hình elip như thanh long, táo,

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội trong đề tài mã số T2017-PC-001.

Tài liệu tham khảo

- [1] Da-Wen Sun, Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation, Elsevier, 2nd edition, 2016.
- [2] Soleiman Hosseinpour, Shahin Rafiee, Seyed Saeid Mohtasebi, Mortaza Aghbashlo, Application of computer vision technique for on-line monitoring of shrimp color changes during drying, Journal of Food Engineering 115 (2013) 99–114.
- [3] David Joseph Sampson, Young Ki Chang, H.P. Vasantha Rupasinghe, Qamar UZ Zaman, A dual-view computer-vision system for volume and image texture analysis in multiple apple slices drying, Journal of Food Engineering 127 (2014) 49–57.
- [4] Wenkui Zhu, Zhaogai Wang, Delong Xu, Jinsong Du, Measurement and Study on Drying Shrinkage Characteristic of Tobacco Lamina Based on Computer Vision, 7th CCTA, Sep 2013, Beijing, China. Springer, IFIP Advances in Information and Communication Technology, AICT-419 (Part I), pp.306-314, 2014, Computer and Computing Technologies in Agriculture VII.
- [5] Kabiru, A.A., Joshua, A.A. & Raji, A.O., 2013. Effect of slice thickness and temperature on the drying kinetics of mango (mangifera indica). International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences, 15(1), 41-50.
- [6] Juliana Villegas-Santiago, Monserrat Calderon-Santoyo, Arturo Ragazzo-Sanchez, Marco Antonio Salgado-Cervantes, Guadalupe Luna-Solano, 2011. Fluidized bed and tray drying of thinly sliced mango (Mangifera - indica) pretreated with ascorbic and citric acid. International Journal of Food Science and Technology 2011, 46, 1296–1302.
- [7] Abano, E.E., Sam-Amoah, L.K., Owusu, J. & Engmann, F.N., 2013. Effects of ascorbic acid, salt, lemon juice, and honey on drying kinetics and sensory characteristic of dried mango Croatian. Journal of Food Science and Technology 5 (1) 1-10.
- [8] Kenichi Kanatani, Yasuyuki Sugaya, Yasushi Kanazawa, Ellipse Fitting for Computer Vision : Implementation and Applications, Synthesis Lectures on Computer Vision, 2016.