

# ẢNH HƯỞNG CỦA BỨC XẠ CHùm TIA ĐIỆN TỬ ĐẾN ĐỘ ĐỒNG ĐỀU LIỀU VÀ CHẤT LƯỢNG XOÀI CÁT HÒA LỘC

Nguyễn Thị Lý và cộng sự

Trung tâm Nghiên cứu và Triển khai công nghệ bức xạ

Úc đã chính thức cho phép nhập khẩu 04 loại trái cây là thanh long, vải, nhãn và xoài từ Việt Nam. Tuy nhiên, trái cây muốn được xuất khẩu vào thị trường này phải xử lý kiểm dịch. Sử dụng bức xạ chùm tia điện tử trong kiểm dịch đối với trái cây tươi nói riêng và thực phẩm có nguồn gốc thực vật nói chung đang là xu hướng phát triển của thế giới.

Các kết quả khảo sát ban đầu cho thấy bức xạ chùm tia điện tử phù hợp cho chiếu xạ kiểm dịch trái xoài cát Hòa Lộc với trọng lượng trái từ 407 g đến 552g và độ dày trái từ 7,3 cm đến 8,0 cm do tỷ số bất đồng đều liều (DUR) nằm trong giới hạn cho phép ( $\leq 2,5$ ). Chất lượng trái xoài được chiếu xạ bị ảnh hưởng không đáng kể khi xử lý ở dải liều từ 0,4 – 0,8 kGy, mặc dù hao hụt khối lượng (%), các chỉ số màu  $L^*$  (độ sáng),  $a^*$  (đỏ đến xanh) và  $b^*$  (vàng đến xanh lam) và độ cứng có chút thay đổi so với đối chứng (không chiếu xạ). Kết quả cũng cho thấy, hàm lượng Vitamin C của xoài được chiếu xạ ở liều 1,0 kGy giảm nhiều và góc màu (giá trị ho) tăng lên đáng kể ở ngày cuối cùng của quá trình bảo quản.

Các kết quả này có thể kết luận rằng chiếu xạ chùm tia điện tử đối với xoài cát Hòa Lộc ở liều lượng chung 0,4 kGy là một biện pháp kiểm dịch khả thi để duy trì chất lượng trái xoài.

## 1. MỞ ĐẦU

Xoài là một trong những loại trái cây nhiệt đới được ưa chuộng và tiêu thụ nhiều nhất ở Hoa Kỳ và Úc do hương vị độc đáo và giá trị dinh dưỡng cao. Tuy nhiên, hàm lượng nước cao và giàu giá trị dinh dưỡng làm cho trái xoài dễ bị tấn công bởi vi sinh vật gây hư hỏng và côn trùng gây hại, đặc biệt khi trái chín. Điều này làm cho thời hạn sử dụng và khả năng bán ra thị trường của chúng giảm nhanh chóng nếu không được bảo quản bằng các phương pháp phù hợp.

Ngoài ra, một số loài côn trùng gây hại có thể xâm nhập, lây lan trong quá trình vận chuyển và trao đổi mua bán làm ảnh hưởng đến hệ sinh thái của các vùng đất mới như sâu đục hạt xoài (*Sternonchetus olivieri*) có thể xâm nhập vào hạt xoài và lây lan ở Châu Á, Châu Phi và Châu Đại Dương (bao gồm cả Úc) [1]. Loài gây hại này cần được xử lý kiểm dịch trước khi xuất khẩu xoài vào thị

trường Mỹ [1]. Chiếu xạ là biện pháp kiểm dịch hiệu quả, có thể xử lý kiểm dịch được tất cả các loài côn trùng gây hại nhiễm trên trái cây đã được đóng gói kín mà không gây bất kỳ tác động không mong muốn nào [2]. Liều bức xạ 300 Gy đã được phê duyệt để kiểm soát sâu đục hạt xoài xuất khẩu từ Hawaii sang lục địa Hoa Kỳ. Trái xoài Việt Nam cũng phải được kiểm dịch bằng các biện pháp chiếu xạ để vượt qua được rào cản kiểm dịch của các thị trường khó tính như Mỹ và Úc.

Có ba loại tia được phép sử dụng trong chiếu xạ kiểm dịch thực vật là tia gamma nguồn Cobal-60; tia X và chùm tia điện tử. Xu hướng mới ngày nay là sử dụng chiếu xạ chùm tia điện tử do nhiều ưu điểm vượt trội như thời gian xử lý nhanh trong trường hợp trái cây và rau củ được đóng gói phù hợp. Tại liều chiếu xạ tối thiểu cần thiết cho xử lý kiểm dịch thực vật, thời gian xử lý cho từng gói sản phẩm chỉ mất khoảng vài giây, tốc độ này là

một lợi thế lớn đối với mặt hàng tươi và dễ hỏng do không phải nhập kho trước khi xử lý. Khi sử dụng chùm tia điện tử, hàng tấn sản phẩm có thể được bốc dỡ, xử lý và chất hàng lại để vận chuyển đi trong cùng một khoảng thời gian. Một ưu điểm khác khi xử lý bằng bức xạ chùm tia điện tử là khả năng tắt mở dễ dàng trong quá trình vận hành. Công nghệ này đã được áp dụng cho nhiều loại sản phẩm tươi sống đặc biệt là các sản phẩm có nguồn gốc thực vật [3, 4]. Khả năng thâm nhập vào sản phẩm của chùm tia điện tử phụ thuộc vào mật độ, đặc tính sản phẩm và hướng đặt của nó. Do đó, liều hấp thụ tại mỗi điểm trong sản phẩm tiếp xúc với chùm điện tử bị ảnh hưởng bởi mật độ, hình dạng và độ dày của sản phẩm chiếu xạ vì các điện tử bị suy giảm và phân tán khi đi qua vật liệu. Không giống với các sản phẩm đã qua chế biến, trái cây có hình dạng không đồng nhất tạo sự khác biệt lớn về mật độ trong thùng đựng trái cây. Do đó, các loại trái cây khác nhau sẽ nhận được liều lượng hấp thụ khác nhau trong cùng một quá trình chiếu xạ. Điều quan trọng là phải đảm bảo tất cả vị trí của sản phẩm được chiếu xạ nhận được liều tối thiểu cần thiết khi xử lý chiếu xạ và tỷ lệ bất đồng đều liều (tỷ lệ  $D_{max} / D_{min}$ ) nằm trong giới hạn cho phép và hiệu quả xử lý có thể chấp nhận được. Trên thực tế, phần lớn các thực phẩm sẽ nhận được liều hấp thụ lớn hơn liều tối thiểu cần thiết [5]. Do đó, màu sắc, kết cấu, hương vị, và thậm chí cả thành phần dinh dưỡng của sản phẩm tươi sống có thể bị giảm chất lượng nếu sản phẩm tiếp xúc với chùm tia điện tử với liều lượng quá cao. Do đó, liều hấp thụ tối đa phải được giới hạn không cao quá 1,0 kGy theo yêu cầu của FDA, và tỷ lệ bất đồng đều liều ( $D_{max} / D_{min}$ ) không được cao hơn 2,5 như khuyến cáo của APHIS / USDA [6].

Trong nghiên cứu này, xoài cát Hòa Lộc được chiếu xạ bằng EB (năng lượng 10 MeV) tại Trung tâm Nghiên cứu và Triển khai Công nghệ bức xạ (Vinagamma) với liều lượng chung là 400 Gy, và tỷ lệ bất đồng đều liều bên trong xoài và giữa các thùng đựng xoài được xác định, để đảm bảo các yêu cầu của Úc và Hoa Kỳ về xử lý kiểm dịch bức xạ. Ảnh hưởng của liều chiếu xạ đến các chỉ tiêu

chất lượng chính của xoài cũng được khảo sát theo thời gian bảo quản.

## 2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Vật liệu

Xoài cát Hòa Lộc được thu mua từ Công ty Xuất Nhập Khẩu Trái Cây Chánh Thu ở tỉnh Bến Tre và chuyển ngay trong đêm về Trung tâm Vinagamma. Các quả có khối lượng từ 407 đến 552g và dày từ 7,3 đến 8,0 cm được đóng gói trong các thùng carton kích thước dài x rộng x cao: 42 x 31,5 x 12 (cm) (10 quả/ thùng) để chiếu xạ EB.

Liều kế B3 WINDose do GEX Corp., Mỹ cung cấp đã được sử dụng để đo liều hấp thụ trong các thí nghiệm.

### 2.2. Phương pháp

#### 2.2.1. Mô phỏng Monte Carlo

Nghiên cứu khảo sát phân bố liều hấp thụ trong trái xoài cát Hoà Lộc chiếu xạ bằng chùm tia điện tử 10 MeV được thực hiện bằng các mô phỏng Monte Carlo sử dụng chương trình MCNP5. Để giảm sai số thống kê xuống mức nhỏ hơn hoặc bằng 5%, toàn bộ quá trình lấy mẫu được lặp đi lặp lại với 106 lịch sử hạt. Kết quả mô phỏng Monte Carlo là giá trị trung bình của số lịch sử được lấy mẫu để giải quyết vấn đề đặt ra [7].

Xoài có độ dày lớn nhất được chọn và được giả định dưới dạng hình ellipsoid để chạy mô phỏng với chiều dài (L), chiều rộng (W) và độ dày (T) (Hình 1). Chiều dài, chiều rộng và độ dày lần lượt là 16,9, 8,6 và 8,0 cm đối với thịt, và 11,2, 4,9 và 2,0 cm đối với hạt. Tỷ trọng trung bình lần lượt là 1,0 g/cm<sup>3</sup> và 1,05 g/cm<sup>3</sup> đối với thịt và hạt. Thông số vào của vật liệu (thịt và hạt xoài) được lấy từ cơ sở dữ liệu dinh dưỡng quốc gia của USDA để tham khảo theo báo cáo của Eromosele và cộng sự (1998) [8]. Những dữ liệu đó được sử dụng để tính toán các thành phần nguyên tố hoá học dựa trên tỷ lệ thành phần khối lượng có trong mô tế bào [9] (Bảng 1).

**Bảng 1. Thành phần nguyên tố hoá học và tỷ trọng của thịt và hạt xoài thực tế (tính theo phần trăm khối lượng)**

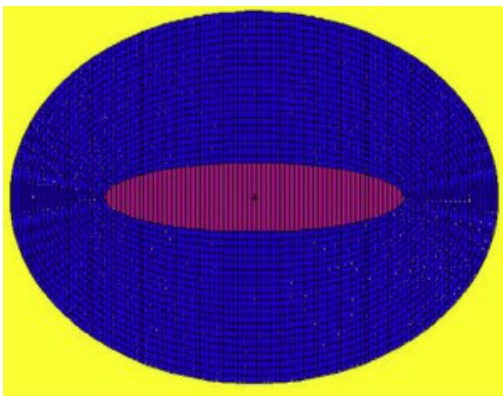
Vật liệu	Thành phần nguyên tố (%)					Tỷ trọng (g/cm <sup>3</sup> )
	C	H	O	N	Khác	
Thịt	7,01	10,18	82,4	0,13	Ca: 0,02; Mg: 0,01; P: 0,02; K: 0,23	1,0
Hạt	30,1	9,41	59,85	0,64		1,05

### 2.2.2. Chiếu xạ

Các thí nghiệm chiếu xạ được thực hiện trên máy gia tốc chùm tia điện tử UERL-10-15S2 (Nga cung cấp) với mức năng lượng 10 MeV, 15 kW tại VINAGAMMA, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam. Sản phẩm chiếu xạ được đặt trên hệ thống băng tải và chiếu xạ hai mặt. Liều chiếu xạ cho các mục đích cụ thể được kiểm soát bằng cách thiết lập các thông số vận hành. Để tạo ra liều 0,4 kGy các thông số máy sẽ được thiết lập với tần số xung 37,8 Hz, độ rộng quét 500 mm, tốc độ băng tải 0,85 m/phút và thời gian cho mỗi xung là 4 s. Để tạo ra liều chiếu xạ 1,0 kGy mỗi mặt, tần số xung được tăng lên 87,5 Hz, trong khi các thông số

khác giữ nguyên. Trái xoài được đặt trong thùng carton (dài x rộng x cao: 42 x 31,5 x 12 (cm)) và xử lý với liều lượng hấp thụ mục tiêu là 0,4, 0,6, 0,8 và 1,0 kGy. Tất cả các thí nghiệm được thực hiện ở nhiệt độ phòng với ít nhất ba lần lặp lại.

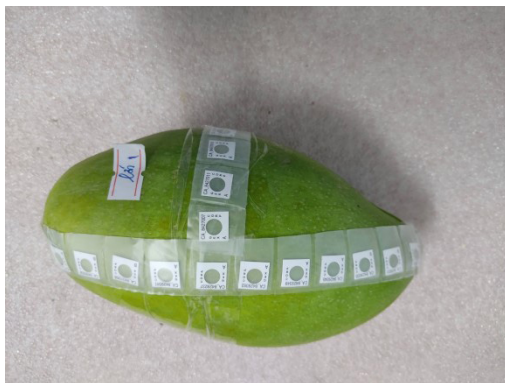
Để đo liều lượng hấp thụ trên bề mặt và bên trong xoài, các liều kế được đặt trên bề mặt của quả, và bên trong quả như hình 3. Sau khi chiếu xạ, quả được bảo quản ở nhiệt độ 16°C để xác định màu sắc, độ cứng, vitamin C, và hao hụt khối lượng trong thời gian bảo quản. Mẫu chưa chiếu xạ được sử dụng làm đối chứng. Đối với mỗi nghiệm thức, 3 thùng (10 quả /thùng) được sử dụng cho ba lần lặp lại.



Hình 1. Mặt cắt ngang của xoài dọc theo trục chính để mô phỏng



Hình 2. Vị trí liều kế B3 trong thùng xoài cát Hoà Lộc



Hình 3. Vị trí liều kế B3 tại bề mặt (a) và bên trong (b) trái xoài cát Hoà Lộc

### 2.2.3. Đánh giá chất lượng xoài cát Hoà Lộc sau chiếu xạ EB

*Xác định tỉ lệ hao hụt khối lượng:* Hao hụt khối lượng tự nhiên được tính bằng công thức (%):

$$(M1-M2)/M1$$

Trong đó, M1 là khối lượng trái trước khi bảo quản (g), M2 là khối lượng ở các lần theo dõi (g).

*Đo màu sắc:* Màu bề mặt của xoài được đo bằng máy đo màu Minolta (ModelCR400, Konica Minolta Co., Nhật Bản) trong hệ thống  $L^* a^* b^*$ . Trong hệ thống này,  $L^*$  biểu thị độ sáng – tối,  $a^*$  (từ đỏ đến xanh lục) và  $b^*$  (từ vàng đến xanh lam) được ghi lại cho mỗi mẫu. Các giá trị góc màu (ho) đã được tính toán (McGuire, 1992) [10]. Các phép đo được thực hiện trên 3 điểm khác nhau của mỗi quả và giá trị trung bình được tính toán.

*Hàm lượng axit ascorbic:* được xác định theo phương pháp AOAC 96721 [11].

### 2.2.4. Phương pháp xử lý số liệu

Tất cả các số liệu thu thập trong từng nghiệm thức thí nghiệm sẽ được phân tích phương sai (ANOVA) bằng phần mềm thống kê SPSS 11.0 ở mức ý nghĩa  $p < 0,05$ .

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Phân bố liều trong các thùng xoài cát Hoà Lộc

**Bảng 2. Phân bố liều trong thùng xoài cát Hoà Lộc**

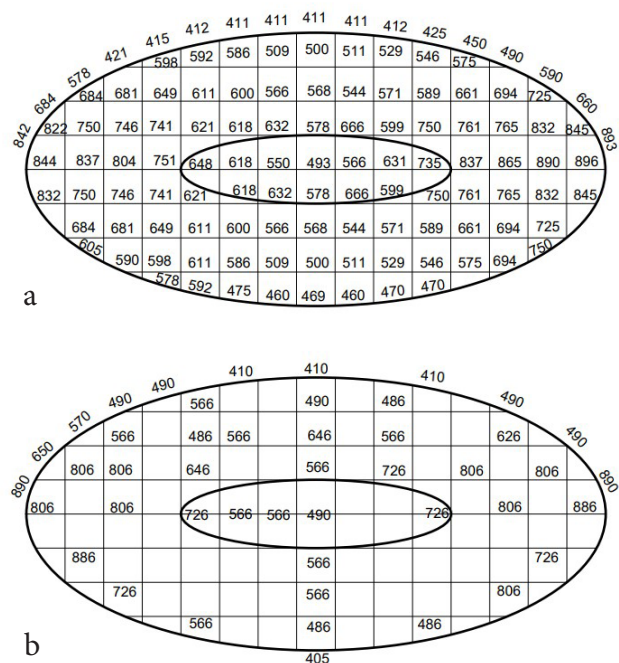
Vị trí	1	2	3	4	5
Liều đo được (Gy)	646±4	546±8	405±8	566±17	486±13
DUR	1.59±0.08				

Kết quả đo liều trong thùng xoài cát Hoà Lộc được thể hiện ở bảng 2. Kết quả cho thấy sự phân bố về liều khá đồng đều giữa các vị trí khác nhau trong thùng xoài cát Hoà Lộc ( $DUR = 1,59 \pm 0,08$ ) khi áp dụng chiếu xạ 2 mặt. Các liều hấp thụ nằm trong khoảng 405–646 Gy. Kết quả này khẳng định thùng carton có kích thước 42 x 31,5

x 12 (cm) là phù hợp cho chiếu xạ xoài cát Hoà Lộc cỡ 10 trái với khối lượng trái dao động từ 407 đến 552 g và độ dày lần lượt từ 7,3 đến 8,0 cm.

### 3.2. Liều hấp thụ trong trái xoài cát Hoà Lộc

Để tính liều dọc theo trục chính, xoài được phân thành các phần có bề dày  $1,0 \pm 0,02$  cm. Hình 4 cho thấy mặc dù mô phỏng cung cấp phân bố liều chi tiết hơn so với thực nghiệm nhưng phân bố liều bên trong trái giữa mô phỏng và thực nghiệm tương đương nhau. Chiếu xạ hai mặt cho thấy các giá trị liều lượng có xu hướng tăng lên ở hai đầu trái và giảm ở giữa hạt. Giá trị DUR thu được từ thực nghiệm là 2,19. Kết quả đáp ứng yêu cầu kiểm dịch với  $DUR \leq 2,5$ . Kết quả liều tăng cao ở hai đầu trái có thể giải thích rằng các electron bị mất một lượng năng lượng không đáng kể trong không khí trước khi va vào trái và sự giao thoa giữa chùm tia kép (trên và dưới) nên năng lượng tích tụ trong sản phẩm. Tại điểm bắt đầu, liều lượng được tăng dần từ vỏ đến hạt và sau đó giảm ở giữa hạt. Kim và cộng sự (2008) cũng báo cáo rằng đối với hầu hết các vật liệu sinh học, khoảng cách 2 cm từ bề mặt đi vào vẫn nằm trong vùng tích lũy liều lượng khi chiếu xạ chùm tia điện tử 10 MeV [12].



**Hình 4. Mô phỏng (a) và thực nghiệm (b) liều hấp thụ bên trong quả xoài cát Hoà Lộc**

### 3.3. Chất lượng xoài cát Hoà Lộc

Độ cứng liên quan đến khả năng chịu được tải trọng của trái cây trước khi bị vỡ hoặc va đập trong quá trình xử lý [13]. Độ cứng của xoài giảm khác biệt có ý nghĩa thống kê khi xử lý chiếu xạ EB (Bảng 3). Giá trị độ cứng nhỏ nhất được ghi nhận ở quả chiếu xạ liều 1,0 kGy sau 21 ngày bảo quản. Độ cứng của quả giảm nhanh sau 3 ngày bảo quản khi được xử lý ở liều nhỏ hơn 0,6 kGy và 9 ngày bảo quản khi xử lý chiếu xạ ở liều 0,8

đến 1,0 kGy. Điều này có thể giải thích rằng, xoài là trái có đỉnh hô hấp đột biến nên vẫn tiếp tục chín trong quá trình bảo quản, và xử lý chiếu xạ có thể kìm hãm quá trình chín này của xoài. Kết quả tương tự được báo cáo bởi Lacroix và cộng sự (1992) khi xử lý chiếu xạ bằng tia gamma ở liều 0,6 và 0,9 kGy thì giảm độ cứng khác biệt có ý nghĩa so với quả không chiếu xạ [14]. El-Samahy và cộng sự (2000) cũng nhận thấy độ cứng quả xoài giảm khi xử lý chiếu xạ tia gamma ở liều 0,5 kGy và 1,5 kGy [15].

**Bảng 3. Ảnh hưởng của chiếu xạ EB đến độ cứng xoài cát Hoà Lộc trong suốt quá trình bảo quản**

Liều chiếu xạ (Gy)	Độ cứng (N)				
	0 d	3 d	9d	15d	21d
0	37,21±1,57ax	30,25±0,18dx	35,73±0,56bx	32,03±0,20cx	26,23±0,10ex
400	39,03±0,97ax	29,1±1,05bx	34,22±1,59cx	30,52±0,12bx	25,9±2,06dx
600	30,62±6,87ay	29,05±0,71abx	34,38±0,17ax	29,77±1,89aby	26,02±0,49bx
800	30,43±0,81ay	28,84±3,12abx	22,5±2,60by	25,52±1,63aby	26,38±1,36abx
1000	30,70±0,10ay	28,26±0,57bx	20,53±1,65dy	22,22±1,26cz	23,12±0,70cy

**Bảng 4. Ảnh hưởng của chiếu xạ EB đến hao hụt khối lượng của xoài cát Hoà Lộc trong suốt quá trình bảo quản**

Liều chiếu xạ (Gy)	Hao hụt khối lượng (%)				
	0d	3d	9d	15d	21d
0	0,02 <sup>ax</sup>	0,09 ± 0,01 <sup>bx</sup>	0,15 ± 0,01 <sup>cx</sup>	0,20 ± 0,01 <sup>dx</sup>	0,22 ± 0,01 <sup>ex</sup>
400	0,02 <sup>ax</sup>	0,09 ± 0,01 <sup>bx</sup>	0,15 ± 0,01 <sup>cx</sup>	0,20 ± 0,01 <sup>dx</sup>	0,23 ± 0,01 <sup>ex</sup>
600	0,02 <sup>ax</sup>	0,10 ± 0,01 <sup>bx</sup>	0,16 ± 0,02 <sup>cx</sup>	0,20 ± 0,02 <sup>dx</sup>	0,23 ± 0,02 <sup>ex</sup>
800	0,02 <sup>ax</sup>	0,10 ± 0,01 <sup>bx</sup>	0,16 ± 0,01 <sup>cx</sup>	0,21 ± 0,01 <sup>dxy</sup>	0,24 ± 0,01 <sup>exy</sup>
1000	0,02 <sup>ax</sup>	0,10 ± 0,01 <sup>bx</sup>	0,17 ± 0,01 <sup>cx</sup>	0,22 ± 0,01 <sup>dy</sup>	0,25 ± 0,01 <sup>ey</sup>

<sup>a-e</sup> Giá trị trung bình giữa một hàng (thời gian bảo quản) được thể hiện bởi các chữ cái khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê ( $P < 0,05$ );

<sup>x-y</sup> Giá trị trung bình giữa một cột (Liều chiếu xạ) được thể hiện bởi các chữ cái khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê ( $P < 0,05$ ).

Hao hụt khối lượng của xoài được đo tại từng thời điểm nhất định trong suốt quá trình bảo quản (Bảng 4). Kết quả cho thấy hao hụt khối lượng (%) của xoài tăng đáng kể khi tăng thời gian bảo quản. Tại một thời điểm bảo quản giống nhau, không có sự khác biệt thống kê giữa xoài chiếu xạ và đối chứng sau 9 ngày bảo quản. Hao hụt khối lượng của xoài xử lý tại liều 1 kGy thì cao hơn và khác biệt có ý nghĩa so với xoài xử lý ở liều

thấp hơn sau 15 và 21 ngày bảo quản (Bảng 4). Kết quả có thể kể luận rằng ở liều thấp thì không ảnh hưởng đến hao hụt khối lượng của xoài.

Màu sắc của quả là một đặc trưng rất quan trọng cho sự chấp nhận của khách hàng và là chỉ số rõ ràng nhất thể hiện chất lượng của chúng [16]. Sự thay đổi màu sắc của xoài cát Hoà Lộc dễ nhận thấy trong quá trình bảo quản, Bề mặt vỏ xoài trong tất cả các nghiệm thức xử lý bị rỗ (sẹo và lỗ) nhiều hơn đáng kể so với đối chứng (Hình 5). Những quả được chiếu xạ có màu nâu và mức độ nâu của những quả chiếu xạ ở 0,8 – 1,0 kGy cao hơn so với những quả được chiếu xạ ở liều thấp hơn. Điều này có thể giải thích rằng liều hấp thụ càng cao càng làm tăng hoạt động của các en-

zyme như Polyphenoloxidase và phenylalanine ammoniac lyase (PAL) [17], Trên mẫu đối chứng, bề mặt vỏ xuất hiện các đốm đen hình tròn hoặc bờ không đều ở thời điểm cuối của quá trình bảo quản (Hình 5), Các triệu chứng đầu tiên xuất hiện dưới dạng các đốm nhỏ màu nâu sẫm thường ở vai quả, dần dần tập hợp lại tạo thành các vết bệnh lớn hơn, cuối cùng dẫn đến thối quả, Các triệu chứng này của bệnh tương tự như bệnh than thư trên xoài do Uddin và Afroz (2018) mô tả [18], Số lượng các đốm giảm khi tăng liều chiếu

xạ lên đến 1 kGy, Kết quả phù hợp với nghiên cứu của Cia và cộng sự (2007) khi chiếu xạ liều 0,75 kGy và 1 kGy giúp giảm tỷ lệ mắc bệnh than thư trên quả đu đủ [19], Sự thay đổi màu sắc bên ngoài quả xoài cũng đã được đánh giá bằng máy đo màu qua các chỉ số  $L^*a^*b^*$  (Bảng 5), Chiếu xạ ảnh hưởng đến giá trị  $L^*$  ( $P < 0,05$ ) của màu vỏ xoài khiến chúng trở nên tối hơn (giảm giá trị  $L^*$ ) trong tất cả các trái chiếu xạ trong suốt thời gian bảo quản (bảng 5), đặc biệt ở liều 1 kGy ( $P < 0,05$ ) có sự khác biệt có ý nghĩa so với mẫu đối chứng,



Hình 5. Ảnh hưởng của chiếu xạ EB đến bề mặt vỏ trái xoài cát Hoà Lộc sau 29 ngày bảo quản

Bảng 5. Ảnh hưởng của chiếu xạ EB đến màu trái xoài Cát Hoà Lộc trong suốt thời gian bảo quản

Giá trị	Liều chiếu xạ (kGy)	Thời gian bảo quản (ngày)					
		0	3	9	15	21	29
$L^*$	0	56,72±1,36ay	57,27±1,99abx	56,76±2,41ax	59,03±1,67bx	58,42±2,27abx	58,77±2,57abx
	0,4	55,82±2,75axy	55,80±2,36ax	55,24±1,07axy	55,67±3,12ay	55,03±3,18ay	55,77±4,33ax
	0,6	54,39±1,87ay	54,62±2,01ay	54,14±1,27ayz	54,07±1,76ay	54,12±2,87ayz	53,41±1,86ay
	0,8	53,58±2,65ay	53,17±3,21ay	52,91±1,82abyz	50,95±3,28abz	51,98±2,87aby	49,69±15,76bz
	1,0	53,72±2,26ay	53,45±3,31ay	51,96±3,70abz	50,79±3,15abz	49,29±2,54bt	49,13±2,48bz
$a^*$	0	-14,69±0,68ax	-14,68±0,34ax	-13,92±0,29bx	-13,25±0,34cx	-12,25±0,63dx	-11,53±0,73ex
	0,4	-13,35±0,68ay	-12,70±1,10ay	-12,18±0,87bcy	-11,28±1,42cy	-10,04±3,46cy	-9,93±1,34dy
	0,6	-13,09±0,41ay	-12,78±0,32aby	-12,13±0,55by	-10,55±0,78cy	-9,91±0,86cy	-9,17±1,21dy
	0,8	-12,40±0,54az	-11,29±0,84abz	-10,23±1,23bz	-8,64±2,14cz	-8,55±1,93cy	-8,23±3,60dy
	1,0	-12,45±0,82az	-11,29±1,08bz	-10,46±1,29bz	-9,10±1,30cz	-7,63±0,89dz	-6,81±1,59dz
$b^*$	0	23,36±1,02ax	23,76±0,99ax	23,53±1,03abx	24,68±0,98bx	24,76±1,01bx	26,14±1,06cx
	0,4	23,40±1,14ax	23,48±1,31ax	23,41±0,80ax	23,18±1,69ax	24,59±1,37abx	25,27±1,76bx
	0,6	23,00±1,47ax	23,59±1,02abx	23,51±1,07abx	23,77±1,89abx	24,09±1,02abx	24,27±1,52bx
	0,8	22,51±2,52ax	±22,34±2,34ax	22,48±1,79ax	21,76±1,89ay	23,71±2,09axy	20,65±7,12ay
	1,0	23,06±1,81ax	22,53±2,67ax	21,92±3,21ax	21,23±2,52az	20,40±2,27ay	21,38±1,61ay
ho	0	-57,82±0,99ax	-58,28±0,86abx	-59,37±1,02bx	-61,74±0,85cx	-63,65±1,69dx	-66,16±1,89ex
	0,4	-60,27±1,43ay	-61,59±2,21ay	-62,53±1,55ay	-64,10±2,53ax	-68,12±7,51by	-68,61±1,87bx
	0,6	-60,31±1,39ay	-61,52±1,11aby	-62,69±1,17by	-66,08±1,43cy	-67,61±2,36cyz	-66,55±2,75cx
	0,8	-60,96±2,51ay	-63,01±3,49aby	-65,36±4,26bcz	-66,39±5,20cy	-69,39±4,69cyz	-72,74±2,20dy
	1,0	-61,57±2,17ay	-63,29±1,76aby	-64,39±1,76by	-68,73±2,68bz	-69,43±2,18cz	-73,49±2,74dz

Không có sự khác biệt về màu sắc giữa nghiệm thức đối chứng và nghiệm thức xử lý ở dãy liều thấp (0,4 – 1 kGy) ngay sau khi chiếu xạ. Tuy nhiên sau thời gian bảo quản, ở quả xử lý chiếu xạ có giá trị  $a^*$  cao hơn so với đối chứng, giá trị  $b^*$  đối với nghiệm thức chiếu xạ liều 0,6 kGy thì tăng khi tăng thời gian bảo quản và khác biệt có ý nghĩa thống kê sau 29 ngày bảo quản. Tuy nhiên, trái xử lý ở liều cao (0,8-1,0 kGy) tăng giá trị góc màu (ho) trong suốt quá trình bảo quản. Các kết quả này tương tự với công bố của Lacroix và cộng sự (1992) khi xử lý chiếu xạ xoài bằng tia gamma ở liều 0,6 và 0,9 kGy có giá trị ho cao hơn so với đối chứng [14].

Chiếu xạ ảnh hưởng đến hàm lượng acid ascorbic của xoài. Tất cả các nghiệm thức chiếu xạ có hàm lượng acid ascorbic thấp hơn so với đối chứng (Bảng 6). Tại thời điểm kết thúc quá trình bảo

quản, hàm lượng này tăng đến 46,7; 49,05; 48,79 và 50,79 % lần lượt ở các nghiệm thức chiếu xạ liều 0,4; 0,6; 0,8 và 1,0 kGy so với 35,39% ở đối chứng. Các nghiệm thức xử lý ở liều cao hơn có hàm lượng thấp hơn. Điều này có thể kết luận là chiếu xạ ở liều cao làm giảm hàm lượng acid ascorbic. Kết quả tương tự được báo cáo bởi Youssef và cộng sự (2002) nhận thấy hàm lượng acid ascorbic ở thịt xoài chiếu xạ gamma giảm nhanh chóng ở liều 0,5 và 2,0 kGy [20]. Thêm vào đó, Mitchell và cộng sự (1992) đã ghi nhận hàm lượng acid ascorbic ở xoài xử lý 0,6 kGy giảm khác biệt so với đối chứng [21]. Sự giảm hàm lượng acid ascorbic là do acid này có vai trò là chất nền trong quá trình hô hấp. Ngoài ra tất cả các nghiệm thức chiếu xạ và không chiếu xạ đều có hàm lượng acid ascorbic giảm đáng kể theo thời gian. Sự sụt giảm này có thể do quá trình chín của trái [22],

**Bảng 6. Ảnh hưởng của chiếu xạ EB đến hàm lượng Vitamin C (acid ascorbic) của xoài trong suốt quá trình bảo quản**

Liều chiếu xạ (Gy)	Vitamin C (mg/100 g)				
	0d	3d	9d	15d	21d
0	19,72 ± 0,17ax	17,94 ± 0,20bx	15,21 ± 0,28cx	13,87 ± 0,17dx	10,74 ± 0,20ex
400	18,5 ± 0,23ay	17,03 ± 0,15by	14,77 ± 0,07cy	12,88 ± 0dy	9,86 ± 0,12ey
600	17,86 ± 0,11az	16,52 ± 0,51by	13,70 ± 0,21cz	11,69 ± 0,20dz	9,10 ± 0,07ez
800	16,09 ± 0,05at	14,13 ± 0,37bz	12,18 ± 0ct	10,87 ± 0,12dt	8,24 ± 0,20et
1000	14,55 ± 0,28au	12,37 ± 0,07bt	10,87 ± 0,07cu	9,84 ± 0,12du	7,16 ± 0,21eu

<sup>a-e</sup> Giá trị trung bình giữa một hàng (thời gian bảo quản) được thể hiện bởi các chữ cái khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê ( $P < 0,05$ );

<sup>x-z</sup> Giá trị trung bình giữa một cột (Liều chiếu xạ) được thể hiện bởi các chữ cái khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê ( $P < 0,05$ ),

#### 4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu nhận thấy rằng, xoài cát Hoà Lộc khi chiếu xạ ở liều lượng chung 0,4 kGy (liều tối thiểu quy định của thị trường Mỹ và Úc) giúp giữ được độ cứng, hao hụt khối lượng và màu sắc khi bảo quản ở 16oC trong 21 ngày. Chiếu xạ tại 1,0 kGy làm giảm độ cứng, hao hụt khối lượng, giá trị góc màu (ho) và vitamin C của xoài tại thời điểm kết thúc quá trình bảo quản. Khi chiếu xạ 2

mặt, tỷ lệ bất đồng đều liều là 2,19 giá trị này chấp nhận được so với yêu cầu ( $\leq 2,5$ ). Do đó, chiếu xạ EB có thể kiểm soát hiệu quả tỷ lệ bất đồng đều liều trong xoài cát Hoà Lộc ở độ dày 8,0 cm, đồng thời giảm thiểu sự thay đổi chất lượng có trong quả xoài. Nghiên cứu cũng đã cung cấp thông tin vô giá để lập kế hoạch xử lý chiếu xạ KDTV cho xoài cát Hoà lộc bằng chiếu xạ EB.

#### LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được thực hiện nhờ sự hỗ trợ của Bộ Khoa học và Công nghệ trong đề tài cấp bộ mã số “ĐTCB,02/21/TTNCTK” giai đoạn 2021–2022, Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn VINATOM và VINAGAMMA đã tạo điều kiện thuận lợi trong quá trình thực hiện đề tài.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Follett P. A. and Gabbard Z., “Effect of mango weevil (Coleoptera: Curculionidae) damage on mango seed viability”, *Journal of Economic Entomology*, 93: 1237Đ1240, 2000.
- [2] Follett P. A., “Irradiation as a Quarantine Treatment for Mango Seed Weevil”, *Proceedings of the Hawaiian Entomological Society*, 35, pp. 85–90, 2001.
- [3] Moreno M., Castell-Perez M. E., Gomes C., Da Silva P. F. and Moreira R.G., The effects of electron beam irradiation on physical, textural, and microstructural properties of “Tommy Atkins” mangoes (*Mangifera indica* L.), *Journal of Food Science*, 71(2), pp. 80–86, 2006.
- [4] Moreno M.A., Castell-Perez M. E., Gomes C., Da Silva P. F. and Moreira R.G., “Quality of electron beam irradiation of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) at medium dose levels (1.0-3.2 kGy)”, *Food Science and Technology*, 40(7), pp. 1123–1132, 2007.
- [5] Hallman G. J. and Martinez L. R., “Ionizing irradiation quarantine treatment against Mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae) in citrus fruits”, *Postharvest Biology and Technology*, 23: 71Đ77, 2001.
- [6] FDA (U.S. Food and Drug Administration), “Irradiation in the production, processing, and handling of food”, *Federal Register*, 51(75), pp. 13375–13399, 1986.
- [7] Brown F.B., “MCNP – A General Monte Carlo N-Particle Transport Code”, Version 5, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, New Mexico, 2008.
- [8] Eromosele I.C., Eromosele C.O., Innazo P., Njerim P., “Studies on some seeds and seed oils”. *Bioresource Technology*, 64, pp. 245–247, 1998.
- [9] CRP, “Report on the task group on reference man”. In: *ICRP Publication 23, International Commission on Radiological Protection*, Pergamon Press, 1975.
- [10] McGuire R., “Reporting of objective color measurements”, *Horticultural Science*, 27, pp. 1254–5, 1992.
- [11] AOAC (Association of Official Analytical Chemists), “Vitamin C in juices and vitamin preparations, Official Method 967.21”. In: *AOAC Official Methods of Analysis*, 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA: 45.1.14, 2005a.
- Retrieved from <https://www.scribd.com/document/176943262/AOAC-Method-Ascorbic-Ac-967-21>
- [12] Kim J., Moreira R.G., Castell-Perez M.E., “Validation of irradiation of broccoli with a 10 MeV electron beam accelerator”, *Journal of Food Engineering* 86, pp. 595–603, 2008.
- [13] Bourne M. C., “Food texture and viscosity. Concept and measurement”, New York: Academic Press, 1996.
- [14] Lacroix M., Bernard L., Jobin M., Milot S., Gagnon M., “Effect of irradiation on the biochemical and organoleptical changes during the ripening of papaya and mango fruits”, *Radiation Physics and Chemistry*, 35(1–3), pp. 296–300, 1992.
- [15] El-Samahy S.K., Youssef B.M., Askar A.A. and Swailam M.H., “Microbiological and chemical properties of irradiated mango”, *Journal of Food Safety*, 20, pp. 139–156, 2000.
- [16] Pathare P.B., Opara U.L., Al-Said F.A., “Colour measurement and analysis in fresh and processed foods” A 453 review, *Food and Bioprocess Technology*, 6(1), pp. 36–60, 2012.
- [17] Thomas P., “Radiation preservation of foods plant origin. III. Tropical fruits: bananas, mangoes, and papayas”, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 23(2), pp. 147–204, 1986.
- [18] Uddin M.N. and Afroz M., “Management of Anthracnose disease of mango caused by *Colletotrichum gloeosporioides*: a review”, *Acta Scientific Agriculture*, 2(10), pp. 169–177, 2018.
- [19] Cia P., Pascholati S.F., Benato E.A., Camili E.C., and Santos C.A., Effects of gamma and UV-C irradiation on the postharvest control of papaya anthracnose”, *Postharvest Biology and Technology*, 43, pp. 366–373, 2007.
- [20] Youssef B.M., Asker A.A., El-Samahy S.K. and Swailam H.M., “Combined effect of steaming and gamma irradiation on the quality of mango pulp stored at refrigerated temperature”, *Food Research International*, 35, pp. 1–13, 2002.
- [21] Mitchell G. E., McLauchlan R. L., Isaacs R. L., Williams D. J., Nottingham S. M., “Effect of low dose radiation on composition of tropical fruits and vegetables”, *Journal of Food Composition and Analysis*, 5, pp. 291–311, 1992.
- [22] Seymour G.B., Taylor J., and Tuckey G.A., “Biochemistry of Fruit Ripening”, Chapman & Hall. London. U.K, 1993.