

# Ảnh hưởng của độ ẩm đến tính năng công nghệ của tinh bột bắp biến tính bằng phương pháp chiếu xạ sử dụng chùm tia electron

Phạm Ngọc Việt, Nguyễn Đặng Mỹ Duyên\*



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

## TÓM TẮT

Chiếu xạ bằng tia electron (electron beam, EB) được xem là phương pháp biến tính hiệu quả làm thay đổi tính năng công nghệ của tinh bột. Độ ẩm là một trong những yếu tố quan trọng chịu ảnh hưởng bởi quá trình chiếu xạ thông qua số lượng các gốc tự do hình thành. Ảnh hưởng của độ ẩm đến tính chất công nghệ của các mẫu tinh bột được chiếu xạ đã được khảo sát trong nghiên cứu này. Độ ẩm của mẫu tinh bột bắp trong nghiên cứu này được điều chỉnh ở các mức 9,08; 12,96; 15,06; 20,39 và 29,09% w/w. Các mẫu tinh bột được chiếu xạ ở mức liều chiếu 5 kGy. Màu sắc, hàm lượng acid tự do, độ hòa tan, độ trương nở, độ truyền suốt, độ tách nước và tính chất cấu trúc gel tinh bột được nghiên cứu để làm sáng tỏ sự ảnh hưởng của độ ẩm đến tính năng công nghệ của tinh bột bắp khi được xử lý chiếu xạ electron beam. Kết quả nghiên cứu cho thấy, các mẫu tinh bột được chiếu xạ với các độ ẩm khác nhau có khuynh hướng bị gãy mạch do sự phân tách các liên kết glycoside dưới tác dụng của chiếu xạ electron beam. Do đó, hàm lượng acid tự do, độ hòa tan, độ trương nở của mẫu tinh bột chiếu xạ cao hơn so với mẫu tinh bột tự nhiên và có xu hướng tăng khi độ ẩm thấp. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy, xử lý tia electron làm tăng độ thoái hóa của tinh bột. Các thông số về cấu trúc gel tinh bột (TPA) như độ cứng, độ đàn hồi và độ nhai của mẫu tinh bột chiếu xạ cao hơn so với mẫu tinh bột tự nhiên.

**Từ khoá:** tinh bột, chiếu xạ, tia electron, độ ẩm, tính năng công nghệ

## MỞ ĐẦU

Biến tính tinh bột bằng phương pháp chiếu xạ đang nhận được nhiều sự chú ý do có một số ưu điểm vượt trội và đã vượt qua rào cản về mặt pháp lý của hơn 40 quốc gia<sup>1</sup>. Quá trình phát ra các bức xạ ion (tia gamma và tia electron) trong quá trình chiếu xạ tạo ra các gốc tự do có khả năng làm thay đổi cấu trúc hạt tinh bột và/ hoặc làm thay đổi các tính chất của tinh bột<sup>2</sup>. Trong 5 năm qua, việc biến tính tinh bột bằng tia electron được báo cáo là tạo ra những thay đổi về hóa lý và cấu trúc, thí dụ như tăng khả năng hòa tan và hàm lượng acid tự do, giảm khả năng trương nở, thay đổi tính chất của hồ tinh bột, thay đổi trọng lượng và mức độ trùng hợp phân tử<sup>3,4</sup>. Biến tính tinh bột bằng chùm tia electron nhanh chóng, chi phí thấp và thân thiện môi trường mà không có bất kỳ chất gây ô nhiễm, chất xúc tác hay tạo ra sản phẩm dư thừa không mong muốn<sup>4</sup>. Do đó, việc sử dụng tinh bột biến tính bằng chiếu xạ tia điện tử có thể mang đến các cơ hội để phát triển các sản phẩm, làm giảm chi phí chế biến sản phẩm hay tăng thời hạn sử dụng sản phẩm<sup>5</sup>.

Độ ẩm là một trong những yếu tố ảnh hưởng đến quá trình chiếu xạ tinh bột thông qua số lượng các gốc tự do hình thành<sup>6,7</sup>. Tuy nhiên, việc nghiên cứu ảnh

hưởng của độ ẩm chỉ dừng lại ở mức khảo sát sơ bộ. Các nghiên cứu về chiếu xạ tia electron tinh bột tập chủ yếu vào việc khảo sát ảnh hưởng của liều chiếu xạ đến cấu trúc và tính chất các loại tinh bột. Vì vậy, nghiên cứu này tập trung khảo sát ảnh hưởng của độ ẩm đến tính năng công nghệ của tinh bột bắp biến tính bằng chiếu xạ sử dụng chùm tia electron.

## VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

### Vật liệu

Tinh bột bắp của công ty ROQUETTE Riddhi Siddhi (Ấn Độ) được sử dụng trong nghiên cứu này.

### Phương pháp xác định độ ẩm tinh bột

Độ ẩm của tinh bột được xác định bằng cách sấy đến khối lượng không đổi theo tiêu chuẩn AOAC (1999).

### Phương pháp hiệu chỉnh ẩm trước khi xử lý EB

Tinh bột bắp (độ ẩm 9,08% w/w) được hiệu chỉnh ẩm bằng nước cất đã khử khí. Các mẫu tinh bột sau khi được hiệu chỉnh có độ ẩm 9,08; 12,96; 15,06; 20,39 và 29,09% w/w. Lượng nước cất thêm vào để đạt các độ ẩm trên được tính toán theo phương trình:

$$m_{CKTBT} = m_{CKTBS} \quad (1)$$

**Trích dẫn bài báo này:** Ngọc Việt P, Mỹ Duyên N D. Ảnh hưởng của độ ẩm đến tính năng công nghệ của tinh bột bắp biến tính bằng phương pháp chiếu xạ sử dụng chùm tia electron. *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.*; 3(3):160-168.

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM

### Liên hệ

Nguyễn Đặng Mỹ Duyên, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM

Email: myduyen@hcmute.edu.vn

### Lịch sử

- Ngày nhận: 02-11-2018
- Ngày chấp nhận: 27-8-2019
- Ngày đăng: 30-9-2019

DOI: 10.32508/stdjns.v3i3.514



### Bản quyền

© ĐHQG TP.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



$$\leftrightarrow m_0(1 - W_0) = (m_0 + m)(1 - W_1)$$

$$\leftrightarrow m = m_0 \times \frac{W_1 - W_0}{1 - W_1} \quad (2)$$

Trong đó:  $m_{CKTBT}$  là khối lượng chất khô của tinh bột trước khi hiệu chỉnh ẩm (g)

$m_{CKTBS}$  là khối lượng chất khô của tinh bột sau khi hiệu chỉnh ẩm (g)

$W_0$  là độ ẩm của tinh bột trước khi hiệu chỉnh ẩm,  $W_0 = 9,08\%$

$W_1$  là độ ẩm cần điều chỉnh của tinh bột,  $W_1 = \{12,96; 15,06; 20,39; 29,09\}$

$m_0$  là khối lượng của tinh bột trước khi hiệu chỉnh ẩm (g)

$m$  là khối lượng nước cất đã khử khí cần thêm vào mẫu tinh bột ban đầu để đạt được độ ẩm cần điều chỉnh (g)

### Phương pháp xử lý EB tinh bột

Mẫu tinh bột trước khi xử lý EB được hiệu chỉnh ẩm, bảo quản trong bao polyethylene (PE) hút chân không trong 24 h để cân bằng ẩm. Sử dụng kí hiệu C cho mẫu tinh bột tự nhiên không hiệu chỉnh ẩm và không xử lý EB. Các mẫu xử lý EB có độ ẩm 9,08; 12,96; 15,06; 20,39 và 29,09% w/w lần lượt được ký hiệu là EB 9,08; EB 12,96; EB 15,06; EB 20,39 và EB 29,09. Các mẫu tinh bột được chiếu xạ EB với liều chiếu 5 kGy bằng thiết bị UELR-10-15S2. Sau khi được xử lý EB, các mẫu tinh bột được sấy về độ ẩm bảo quản (9 đến 11% w/w), hút chân không và bảo quản trong ngăn mát tủ lạnh.

### Phương pháp xác định màu CIE

Màu sắc của tinh bột tự nhiên và tinh bột chiếu xạ được xác định bằng thiết bị đo màu Minolta-CR400 (Nhật Bản). Giá trị  $L^*$  biểu hiện cho độ sáng với độ dao động từ 0 (đen) đến 100 (trắng). Giá trị  $a^*$  và  $b^*$  lần lượt biểu hiện tương ứng cho độ dao động từ -a (màu xanh lục) đến +a (màu đỏ) và từ -b (màu xanh dương) đến +b (màu vàng)<sup>8</sup>.

Tổng sự khác biệt về màu sắc  $\Delta E$  được tính bằng công thức (3)<sup>9</sup>.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{Trong đó: } \Delta L &= L_{\text{mẫu}}^* - L_{\text{Control}}^* \\ \Delta a &= a_{\text{mẫu}}^* - a_{\text{Control}}^* \\ \Delta b &= b_{\text{mẫu}}^* - b_{\text{Control}}^* \end{aligned}$$

### Phương pháp xác định acid tự do

Acid tự do trong tinh bột tự nhiên và tinh bột xử lý EB được xác định theo phương pháp của Sokhey và Chinnaswamy (1993). Huyền phù tinh bột 1% (w/v) được chuẩn bị bằng cách hòa tan 1g tinh bột bắp vào 10 mL nước cất và khuấy liên tục trong 5 đến 10 phút. Lượng acid tự do (FA) được xác định bằng cách chuẩn độ huyền phù tinh bột với dung dịch NaOH 0,023N và được tính toán theo công thức (Equation (4))<sup>10</sup>.

$$FA = \frac{V \times 0,023}{0,1} \times 100 \quad (4)$$

Trong đó: V là số ml NaOH 0,023N dùng để chuẩn độ dung dịch huyền phù tinh bột.

FA là lượng acid tự do trong mẫu tinh bột (ml).

### Phương pháp xác định độ hòa tan và độ trương nở

Độ hòa tan và độ trương nở của tinh bột tự nhiên và tinh bột xử lý EB được xác định theo phương pháp của Leach, McCowen và Schoch (1959)<sup>11</sup> nhưng có một vài biến đổi theo Amini và cộng sự (2015)<sup>12</sup>. Ống ly tâm chứa huyền phù tinh bột 1% w/v được gia nhiệt trong bể điều nhiệt ở 80°C trong 30 phút. Sử dụng máy lắc ống nghiệm lắc liên tục sau mỗi 5 phút, mỗi lần lắc 1 phút. Sau đó, ống được làm lạnh về nhiệt độ phòng và ly tâm với lực ly tâm tương đối (RCF) 2400 × g trong 20 phút. Sau khi ly tâm, cân xác định khối lượng phần cặn; phần dịch nổi được chuyển vào đĩa petri và sấy ở 105°C đến khối lượng không đổi để xác định hàm lượng chất rắn có trong dịch. Độ hòa tan (SB), độ trương nở (SP) được tính toán theo công thức (Equation (5)) và (Equation (6))<sup>13</sup>.

$$SB(\%) = \frac{m_2}{m_1} \times 100 \quad (5)$$

$$SP(g/g) = \frac{m_3}{m_1 - m_2} \quad (6)$$

Trong đó:  $m_1$  là khối lượng mẫu tinh bột ban đầu (g).

$m_2$  là khối lượng chất rắn còn lại trong phần dịch nổi sau khi sấy (g).

$m_3$  là khối lượng phần cặn của huyền phù tinh bột sau khi ly tâm (g).

### Phương pháp xác định độ truyền suốt

Phương pháp xác định độ truyền suốt của tinh bột tự nhiên và tinh bột xử lý EB được tiến hành theo phương pháp của Wani và cộng sự (2010)<sup>14</sup>. Huyền phù tinh bột (1% w/v) sau khi được đun cách thủy trong 30 phút được làm nguội về nhiệt độ phòng. Mẫu tinh bột được lưu trữ 120 giờ ở 4°C và đo độ truyền suốt ở bước sóng 640 nm sau mỗi 24 giờ trong 5 ngày tiếp theo bằng thiết bị Quang phổ UV-Vis (Lambda 25, Perkin Elmer, Hoa Kỳ).

### Phương pháp xác định độ tách nước

Phương pháp xác định độ tách nước của gel tinh bột tự nhiên và gel tinh bột xử lý EB được tiến hành theo phương pháp của Ashwar và cộng sự (2014)<sup>15</sup> nhưng có một vài biến đổi. Ống ly tâm chứa huyền phù tinh bột 5% w/v được chuẩn bị bằng cách thêm 5 mL nước cất vào 0,25 g tinh bột. Ống ly tâm được đun cách thủy trong 30 phút ở điều kiện lắc không đổi. Sau khi làm nguội về nhiệt độ phòng, các ống ly tâm được tiến hành lạnh đông và bảo quản trong điều kiện lạnh đông ở -10,5°C trong 48 giờ. Tiến hành đo độ tách nước sau 48 giờ lưu trữ bằng cách rã đông mẫu ở 40°C trong 1,5 giờ và ly tâm với lực ly tâm tương đối 1500 ×g trong 30 phút. Độ tách nước của tinh bột được tiến hành đo sau 24 giờ trong chu kì 5 ngày và tính toán theo công thức (Equation (7)).

$$\% \text{Tách nước} = \frac{m_1}{m_0} \times 100 \quad (7)$$

**Trong đó:**  $m_0$  là khối lượng của gel tinh bột trước khi ly tâm (g)

$m_1$  là khối lượng của nước tách ra sau khi ly tâm (g)

### Phương pháp TPA xác định cấu trúc của gel

Huyền phù tinh bột 15% w/v được đun cách thủy trong 30 phút. Hỗ tinh bột sau đó được chuyển ngay vào khuôn để định dạng. Khuôn có dạng hình thang, đáy lớn 1,5 cm, đáy nhỏ 1cm và chiều cao 1,5 cm. Sau khi định dạng, khuôn chứa mẫu được bảo quản ở 4°C trong 24 giờ. Gel tinh bột được lấy ra khỏi khuôn và tiến hành đo cấu trúc bằng thiết bị thử nghiệm sức bền cơ lý thực phẩm vạn năng Instron, model: 5543, Hoa Kỳ.

### Phương pháp xử lý số liệu thống kê

Số liệu thí nghiệm được xử lý ANOVA một yếu tố bằng phần mềm SPSS 22 (SPSS Institute Inc., Cary, NC, USA) với kiểm định đa khoảng Duncan (Duncan's Multiple Range Test) ( $p \leq 0,05$ ) để phân tích sự khác biệt có ý nghĩa giữa các giá trị trung bình.

## KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### Độ màu CIE

Màu sắc của các mẫu tinh bột sau khi xử lý EB với các độ ẩm khác nhau được thể hiện qua **Bảng 1**. Kết quả nghiên cứu cho thấy có sự thay đổi về màu sắc của mẫu tinh bột khi xử lý EB. Chỉ số độ sáng  $L^*$  của mẫu tinh bột tự nhiên so với các mẫu tinh bột xử lý EB và giá trị  $L^*$  giữa các mẫu tinh bột xử lý EB với nhau không có sự khác biệt. Các giá trị  $a^*$  (màu đỏ) và  $b^*$  (màu vàng) của các mẫu tinh bột chiếu xạ cao hơn

so với mẫu tinh bột không chiếu xạ. Điều này được giải thích là do phản ứng caramel của các monosaccharide tạo ra do sự bẻ gãy mạch phân tử polysaccharide dưới tác dụng của chiếu xạ gây ra sự thay đổi chủ yếu về màu sắc của tinh bột khi xử lý EB<sup>16</sup>, cụ thể là tăng chỉ số  $b^*$ <sup>13</sup>. Ngoài phản ứng caramel<sup>17</sup>, tăng chỉ số  $b^*$  trong trường hợp chiếu xạ gamma còn do phản ứng Maillard giữa nhóm carbonyl và nhóm amine<sup>18,19</sup>. Những thay đổi về thông số màu cho thấy chiếu xạ EB có ảnh hưởng đáng kể đến sự thay đổi cấu trúc<sup>20</sup> và làm giảm giá trị cảm quan<sup>6</sup>.

Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy khi độ ẩm tăng dần, chỉ số  $b^*$  (màu vàng) có xu hướng giảm. Sự khác biệt về màu sắc  $\Delta$  của các mẫu xử lý EB so với mẫu tự nhiên đa số có khoảng dao động  $1 < \Delta < 2$ . Từ đó có thể kết luận rằng, chỉ những người có kinh nghiệm mới đủ khả năng nhận biết được sự thay đổi về màu sắc của các mẫu tinh bột sau khi xử lý EB<sup>21</sup>. Kết quả thu được tương đồng với nghiên cứu của tác giả Pimpa và cộng sự (2007) khi xử lý EB trên tinh bột cao lương ở mức liều chiếu lớn hơn 10 kGy<sup>16</sup>.

### Hàm lượng acid tự do

Giá trị acid tự do (FA) của mẫu tinh bột tự nhiên và mẫu tinh bột xử lý EB được thể hiện ở **Bảng 2**. Kết quả nghiên cứu cho thấy, giá trị FA của mẫu tinh bột xử lý EB cao hơn so với mẫu tinh bột tự nhiên. Theo Sokhey và Chinnaswamy (1993), tinh bột tăng độ acid tự do sau khi xử lý EB là do quá trình bẻ gãy liên kết glycosidic trong phân tử tinh bột dưới tác dụng của gốc tự do và hình thành nhóm COOH<sup>10</sup>. Phản ứng phân cắt mạch chiếm ưu thế trong suốt quá trình xử lý tinh bột với EB đã được mô tả bởi Shishonok và cộng sự (2007)<sup>22</sup>. Các acid được tạo thành gồm acid formic, acid acetic, acid pyruvic và acid glucuronic<sup>23</sup>. Acid formic chiếm hơn 80% số lượng acid carboxylic đối với tinh bột bắp chiếu xạ gamma<sup>24</sup>. Kết quả thu được tương tự với nghiên cứu trên tinh bột bắp<sup>5</sup>, tinh bột cao lương<sup>16</sup> chiếu xạ EB trên 10 kGy.

Kết quả nghiên cứu (**Bảng 2**) cũng cho thấy, ở mức độ ẩm càng thấp, giá trị FA càng cao. Hiện tượng này có thể do ở giá trị độ ẩm điều chỉnh càng thấp số lượng các gốc tự do tạo ra càng nhiều. Điều này được giải thích là do nước có khả năng bẻ gãy các liên kết hydrogen trên phân tử tinh bột và sau đó xâm nhập vào các đại phân tử gốc tự do lân cận, từ đó tạo điều kiện thuận lợi cho sự di chuyển của các phân tử gốc tự do có kích thước nhỏ. Các gốc tự do nhỏ này có thể được làm bền nhờ sự tồn tại của các gốc tự do khác hoặc chuyển chúng đến vị trí khác trên phân tử<sup>7</sup>. Vì vậy, độ ẩm cao làm mất đi gốc tự do của tinh bột xử lý chiếu xạ<sup>6</sup>. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của tác giả Henderson và Rudin (1981)<sup>7</sup>.

**Bảng 1: Các thông số màu của mẫu tinh bột bắp**

Mẫu	L *	A *	B *	E <sup>2</sup> Δ
C	98,32±0,97 <sup>a</sup>	-0,72±0,03 <sup>a</sup>	3,30±0,10 <sup>a</sup>	
EB 9,08	97,08 ±1,80 <sup>a</sup>	-0,63±0,04 <sup>ab</sup>	4,62±0,29 <sup>d</sup>	1,82
EB 12,96	97,90 ±0,41 <sup>a</sup>	-0,58±0,07 <sup>bc</sup>	3,98±0,09 <sup>c</sup>	0,81
EB 15,06	97,29 ±0,87 <sup>a</sup>	-0,56±0,06 <sup>bc</sup>	3,60±0,11 <sup>b</sup>	1,09
EB 20,39	96,75 ±1,08 <sup>a</sup>	-0,54±0,04 <sup>cd</sup>	3,49±0,04 <sup>ab</sup>	1,59
EB 29,09	96,95 ±0,96 <sup>a</sup>	-0,46±0,05 <sup>d</sup>	3,46±0,13 <sup>ab</sup>	1,41

\*Các giá trị thể hiện giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn. a,b,c: các giá trị trong cùng một cột khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê ( $p < 0,05$ ).

L: chỉ số độ sáng; A: chỉ số màu đỏ; B: chỉ số màu vàng, ΔE: sự khác biệt về màu sắc

### Độ hòa tan và độ trương nở

Việc cải thiện độ hòa tan của tinh bột là một trong những yêu cầu quan trọng trong quá trình ứng dụng tinh bột trong chế biến thực phẩm<sup>4</sup>. Giá trị độ hòa tan và độ trương nở của mẫu tinh bột tự nhiên và mẫu tinh bột xử lý EB được thể hiện ở **Bảng 2**. Kết quả nghiên cứu cho thấy, độ hòa tan của các mẫu tinh bột xử lý EB cao hơn so với mẫu tinh bột tự nhiên. Điều này được giải thích là do quá trình bề gãy mạch phân tử tinh bột tạo ra các phân tử có kích thước ngắn hơn và giảm vùng kết tinh trong hạt tinh bột dưới tác dụng của chiếu xạ; từ đó làm tăng độ hòa tan<sup>16,22</sup>. Vì vậy, các phân tử tinh bột xử lý EB có khả năng hydrate hóa cao hơn so với các phân tử tinh bột tự nhiên<sup>13</sup>. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của một số tác giả trước đây<sup>16,25</sup>. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy khi độ ẩm tăng, độ hòa tan của tinh bột xử lý EB trong nước giảm. Xu hướng này có thể do độ ẩm cao đã làm giảm mức độ giảm cấp trong mạch tinh bột nên làm giảm độ hòa tan<sup>6</sup>.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, độ trương nở của các mẫu tinh bột chiếu xạ cao hơn so với tinh bột tự nhiên (**Bảng 2**). Độ trương nở phụ thuộc khả năng chứa và giữ nước trong cấu trúc của tinh bột thông qua liên kết hydro, cấu trúc phân tử amylopectin và hàm lượng amylose<sup>26</sup>. Phân đoạn amylopectin đóng vai trò chính trong khả năng trương nở của tinh bột<sup>27,28</sup>. Vùng kết tinh trong hạt tinh bột được hình thành nhờ sự kết hợp của các chuỗi amylopectin mạch dài. Sự kết hợp này làm tăng độ bền vững của cấu trúc nên làm giảm khả năng trương nở của hạt<sup>29,30</sup>. Độ trương nở của hạt tăng khi chiếu xạ có thể do sự phá vỡ cấu trúc và giảm mức độ chặt chẽ của vùng kết tinh dưới tác dụng của tia EB. Từ đó, tạo điều kiện thuận lợi cho các phân tử nước đi sâu vào trong cấu trúc hạt và tăng khả năng liên kết với nước của phân tử amylopectin trong vùng kết tinh. Độ trương nở thấp có lợi ích trong việc cải thiện chất lượng cấu trúc tinh bột trong chế biến

như ngăn chặn việc vỡ bột khi đột ngột<sup>31,32</sup>. Khi độ ẩm tinh bột tăng, khả năng trương nở của tinh bột giảm. Điều này có thể do với độ ẩm thấp, vùng kết tinh trong phân tử càng kết chặt chẽ dưới tác dụng của chiếu xạ. Từ đó làm tăng khả năng trương nở của hạt trong nước nóng.

### Độ truyền suốt hồ tinh bột

Độ trong của tinh bột là một trong những yếu tố ảnh hưởng quan trọng đến chất lượng hồ tinh bột<sup>12,33</sup>. Tinh bột có độ truyền suốt càng cao cho thấy hồ tinh bột càng trong<sup>15</sup>. Sự thay đổi độ truyền suốt của hồ tinh bột tự nhiên và hồ tinh bột chiếu xạ EB trong 5 ngày lưu trữ được thể hiện ở **Hình 1**. Kết quả nghiên cứu cho thấy, độ truyền suốt ánh sáng của hồ tinh bột xử lý EB và hồ tinh bột tự nhiên giảm trong suốt 5 ngày lưu trữ. Độ truyền suốt giảm rõ ràng nhất từ ngày thứ 3 đến ngày thứ 5. Việc giảm độ truyền suốt trong thời gian lưu trữ là do hiện tượng thoái hóa tinh bột<sup>13,14</sup> và thoái hóa của hồ tinh bột tăng theo thời gian lưu trữ<sup>31</sup>. Theo Gani và cộng sự (2013)<sup>34</sup>, việc tập hợp và tái kết tinh chậm của phân tử amylopectin làm giảm độ truyền suốt. Sự tái tổ chức và tập hợp của phân tử amylose cũng làm giảm độ truyền suốt của hồ tinh bột trong suốt thời gian lưu trữ lạnh<sup>35</sup>. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của tác giả Ashwar và cộng sự (2014)<sup>15</sup>.

Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy, trong suốt 5 ngày lưu trữ, hồ tinh bột xử lý EB có độ truyền suốt cao hơn so với hồ tinh bột tự nhiên. Điều này được giải thích là do trong quá trình chiếu xạ có sự bề gãy mạch và hình thành các phân tử có mạch ngắn hơn nên làm tăng độ trong của hồ<sup>36</sup>. Song và cộng sự (2006)<sup>37</sup> cho rằng nhóm carboxyl hình thành trong quá trình chiếu xạ đóng góp vào việc tăng độ truyền suốt do nhóm này có khả năng giữ nước bằng liên kết hydrogen. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu về chiếu xạ tinh bột của một số tác giả khác<sup>13,15,36</sup>. Kết quả nghiên cứu cho

**Bảng 2:** Tính chất của tinh bột bắp ở các mức độ ẩm khác nhau

Mẫu	FA (ml)	SB (%)	SP (g/g)
C	12,65±0 <sup>a</sup>	11,87±0,58 <sup>a</sup>	14,08 ±0,64 <sup>ab</sup>
EB 9,08	16,10±0 <sup>b</sup>	23,73±0,51 <sup>b</sup>	15,63 ±0,37 <sup>d</sup>
EB 12,96	15,33±0,66 <sup>b</sup>	23,17±0,67 <sup>b</sup>	15,01 ±0,21 <sup>c</sup>
EB 15,06	15,33±0,66 <sup>b</sup>	21,57±0,12 <sup>c</sup>	14,56 ±0,16 <sup>bc</sup>
EB 20,39	14,18±0,66 <sup>c</sup>	19,07±0,21 <sup>d</sup>	14,22 ±0,27 <sup>ab</sup>
EB 29,09	14,18±0,66 <sup>c</sup>	17,67±0,64 <sup>e</sup>	13,71 ±0,18 <sup>a</sup>

a,b,c: các giá trị trong cùng một cột khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê ( $p < 0,05$ ).  
SB: Solubility, SP: Swelling Power, FA: Free Acid

thấy trong suốt 5 ngày lưu trữ, tinh bột có độ ẩm điều chỉnh càng thấp thì độ truyền suốt càng cao. Điều này có thể được giải thích là do ở độ ẩm càng thấp thì sự bẻ gãy mạch tinh bột thành các phân tử nhỏ hơn càng nhiều.

Sự thay đổi độ truyền suốt diễn ra rõ ràng nhất ở các mẫu có độ ẩm thấp. Điều này thể hiện qua độ truyền suốt ở ngày thứ 5 của mẫu tinh bột tự nhiên, EB 20.39 và EB 29.09 có sự khác biệt tương đối nhỏ với độ truyền suốt ở ngày thứ 1 khi so sánh với sự thay đổi của các mẫu EB 9.08, 12.96 và 15.06. Các mẫu EB 12.96 có độ truyền suốt gần bằng 15.06, mẫu EB 20.39 không có sự khác biệt về độ truyền suốt với mẫu 29.09. Từ sự thay đổi độ truyền suốt theo độ ẩm có thể kết luận: (i) Ở hồ tinh bột có độ ẩm điều chỉnh khi xử lý EB càng thấp, hiện tượng thoái hóa của hồ tinh bột xảy ra càng mạnh mẽ; (ii) Mạch phân tử tinh bột bị phân cắt mạnh mẽ thành các phân tử nhỏ hơn khi ở độ ẩm xử lý EB càng thấp.

### Độ tách nước gel tinh bột

Độ tách nước là chỉ số để đánh giá mức độ thoái hóa của gel tinh bột khi bảo quản ở nhiệt độ thấp<sup>15</sup>. Độ tách nước của gel tinh bột tự nhiên và gel tinh bột xử lý EB sau 5 ngày lưu trữ ở điều kiện lạnh đông được thể hiện ở **Bảng 3**. Kết quả nghiên cứu cho thấy, sau 5 ngày lưu trữ, độ tách nước của mẫu tinh bột tự nhiên không có sự thay đổi. Gel của các mẫu tinh bột xử lý EB có độ tách nước tăng theo ngày lưu trữ. Tăng độ tách nước trong suốt thời gian lưu trữ là do tương tác giữa chuỗi amylose và amylopectin thoát ra khỏi hạt tinh bột tạo thành các vùng nổi và giải phóng nước<sup>38</sup>. Sự tập hợp và tái kết tinh của amylose xảy ra hoàn toàn trong các ngày đầu tiên; trong khi amylopectin tập hợp và tái kết tinh ở các ngày tiếp theo<sup>39</sup>. Ngoài ra, độ tách nước của mẫu tinh bột chiếu xạ tăng có thể do mạch tinh bột bị bẻ gãy dưới tác dụng của các gốc tự do làm tăng khả năng tập hợp của các phân tử khi

lưu trữ lạnh đông. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của tác giả Ashwar và cộng sự (2014)<sup>15</sup>.

Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy, trong suốt 5 ngày lưu trữ, mẫu tinh bột có độ ẩm càng thấp cho độ tách nước càng cao. Điều này cho thấy, ở độ ẩm càng thấp sự phân cắt của các gốc tự do thành các phân tử ngắn hơn diễn ra càng mạnh mẽ.

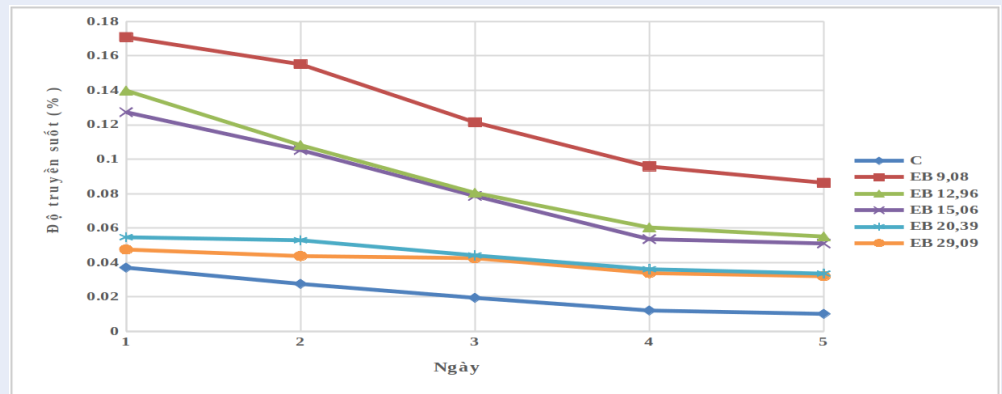
### Cấu trúc TPA của gel

Các thông số cấu trúc trong phương pháp TPA có mối quan hệ chặt chẽ đối với các thông số cảm quan tương ứng<sup>40</sup>. Các thông số cấu trúc gel tinh bột tự nhiên và gel tinh bột chiếu xạ được thể hiện ở bảng 4. Kết quả nghiên cứu cho thấy độ cứng, độ đàn hồi, độ gum và độ nhai có xu hướng tăng khi chiếu xạ.

Độ cứng của gel được quyết định chủ yếu bởi quá trình thoái hóa tinh bột. Quá trình thoái hóa làm tách nước, tái kết tinh amylose dẫn tới tăng độ cứng của gel<sup>41</sup>. Khi chiếu xạ, cấu trúc amylopectin bị phá hủy, phân cắt thành những thành phần có kích thước ngắn hơn. Các thành phần này kết hợp lại với nhau và làm tăng độ cứng cho gel<sup>42</sup>. Ở các mẫu tinh bột chiếu xạ với độ ẩm thấp cho gel có cấu trúc cứng hơn. Nguyên nhân của hiện tượng trên có thể do sự phá hủy mạch phân tử amylopectin thành các phân tử có kích thước nhỏ diễn ra mạnh mẽ hơn khi tinh bột chiếu xạ có độ ẩm càng thấp. Ngoài ra, do có mạch phân tử ngắn hơn nên gel tinh bột chiếu xạ xảy ra hiện tượng thoái hóa nhanh hơn làm tăng độ cứng cho gel. Đối với những sản phẩm bánh có hàm lượng tinh bột cao, độ cứng tăng làm giảm chất lượng của sản phẩm như gây ra hiện tượng ôi của bánh mì<sup>19</sup>.

Độ nhai trong TPA được định nghĩa là năng lượng cần thiết để nghiền một sản phẩm thực phẩm rắn. Độ gum được định nghĩa là năng lượng cần thiết để phân tán một sản phẩm thực phẩm thành trạng thái sẵn sàng nuốt<sup>43</sup>. Độ nhai thay đổi do sự tương tác của 3 yếu tố gồm độ cứng, độ đàn hồi và độ cố kết<sup>44</sup>. Không có sự khác biệt về độ cố kết của mẫu tinh bột tự





Hình 1: Sự thay đổi độ truyền nước của hồ tinh bột.

Bảng 3: Độ tách nước của gel tinh bột trong 5 ngày lưu trữ

Ngày	1 (%)	2 (%)	3 (%)	4 (%)	5 (%)
C	50,0419±1,8095 <sup>a</sup>	50,9975±2,1455 <sup>ai</sup>	47,1309±3,3340 <sup>a</sup>	50,8705±2,0606 <sup>a</sup>	47,8990±1,4043 <sup>a</sup>
EB 9,08	58,7365±2,9052 <sup>bi</sup>	59,8794±4,1710 <sup>bc</sup>	63,7238±1,9502 <sup>bc</sup>	63,5016±1,6160 <sup>bc</sup>	65,1308±2,2920 <sup>c</sup>
EB 12,96	58,2521±1,9410 <sup>dl</sup>	58,6318±5,2598 <sup>dc</sup>	61,9784±1,8356 <sup>bc</sup>	62,2165±0,4014 <sup>dc</sup>	64,2495±0,9332 <sup>de</sup>
EB 15,06	57,3200±2,4353 <sup>fl</sup>	60,9295±0,8206 <sup>gc</sup>	60,6444±1,4058 <sup>bs</sup>	60,6356±2,1198 <sup>sj</sup>	61,6451±0,8816 <sup>ge</sup>
EB 20,39	57,2419±1,8359 <sup>h</sup>	57,1111±1,5198 <sup>hi</sup>	60,6197±0,9573 <sup>bl</sup>	60,4432±3,1547 <sup>hk</sup>	62,9016±2,4630 <sup>hke</sup>
EB 29,09	51,2756±3,8906 <sup>ai</sup>	52,1625±4,0594 <sup>i</sup>	54,4279±2,3532 <sup>ij</sup>	59,5943±1,6945 <sup>ij</sup>	56,5321±3,3549 <sup>j</sup>

a,b,c,d,j,e,f,h: các giá trị trong cùng một cột khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê ( $p < 0,05$ ).

nhiên với mẫu tinh bột chiếu xạ và giữa các mẫu tinh bột chiếu xạ với nhau. Vì vậy, trong phạm vi nghiên cứu này, sự thay đổi của độ nhai được quyết định bởi độ cứng và độ đàn hồi. Độ cứng và độ đàn hồi có xu hướng tăng khi chiếu xạ. Do đó, độ nhai của các mẫu chiếu xạ cao hơn so với mẫu tinh bột tự nhiên. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy khi độ ẩm tăng, độ cứng giảm và độ đàn hồi của đa số các mẫu gel tinh bột chiếu xạ không có sự khác biệt. Vì vậy, các mẫu gel tinh bột có độ ẩm càng cao cho độ nhai càng thấp. Sự thay đổi độ gum trong phương pháp TPA do sự tương tác của độ cứng và độ co kết<sup>43</sup>. Vì vậy, xu hướng thay đổi độ gum tương tự sự thay đổi của độ cứng.

### KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy chiếu xạ EB làm thay đổi các đặc trưng về tính năng công nghệ của tinh bột bắp. Chiếu xạ sinh ra các gốc tự do bề gãy mạch phân tử thành các phần tử nhỏ hơn. Do đó, các mẫu tinh bột xử lý EB có hàm lượng acid tự do, độ hòa tan, độ trương nở, độ truyền nước của hồ, độ tách nước và đa số các thông số cấu trúc của gel đo bằng phương pháp TPA cao hơn. Các tính chất trên có xu hướng tăng khi mức độ ẩm chiếu xạ càng thấp. Kết quả

nghiên cứu cũng cho thấy, độ nhớt của hồ tinh bột chiếu xạ EB thấp hơn so với hồ tinh bột tự nhiên và có xu hướng tăng khi độ ẩm điều chỉnh càng cao. Nghiên cứu cũng chứng minh, chiếu xạ làm tăng mức độ thoái hóa của hồ và gel tinh bột và thoái hóa nhận thấy xảy ra mạnh mẽ hơn khi độ ẩm tinh bột điều chỉnh trước khi chiếu xạ thấp.

### DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

- EB: Electron beam
- TPA: Texture profile analysis
- SB: Solubility
- SP: Swelling Power
- FA: Free Acid
- PE: polyethylene

### XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Chúng tôi gồm Phạm Ngọc Việt và Nguyễn Đặng Mỹ Duyên cam kết không có sự xung đột lợi ích khoa học trong bài báo cáo: “Ảnh hưởng của độ ẩm đến tính năng công nghệ của tinh bột bắp biến tính bằng phương pháp chiếu xạ sử dụng chùm tia electron”. Nếu có sự xung đột phát sinh, chúng tôi xin chịu hoàn toàn trách nhiệm với bài báo trên.

**Bảng 4:** Các thông số cấu trúc của gel tinh bột

Ngày	Độ cứng (N)	Độ đàn hồi (mm)	Độ cố kết	Độ gum (N)	Độ nhai (N.mm)
C	1,2767±0,1501 <sup>a</sup>	4,7167±0,3213 <sup>a</sup>	0,9859±0,0063 <sup>a</sup>	1,1437±0,1161 <sup>a</sup>	5,4190±0,9009 <sup>a</sup>
EB 9,08	1,7633±0,1617 <sup>b</sup>	5,3800±0,4845 <sup>ab</sup>	0,9745±0,0059 <sup>a</sup>	1,4963±0,0881 <sup>b</sup>	8,0543±0,9297 <sup>c</sup>
EB 12,96	1,4967±0,0851 <sup>ab</sup>	5,7600±0,5009 <sup>b</sup>	0,9858±0,0072 <sup>a</sup>	1,3540±0,0581 <sup>ab</sup>	7,8127±0,8979 <sup>bc</sup>
EB 15,06	1,4533±0,2122 <sup>a</sup>	5,1867±0,4362 <sup>ab</sup>	0,9802±0,0059 <sup>a</sup>	1,3007±0,1739 <sup>ab</sup>	6,7937±1,5957 <sup>abc</sup>
EB 20,39	1,4333±0,1858 <sup>a</sup>	5,4233±0,5719 <sup>ab</sup>	0,9850±0,0090 <sup>a</sup>	1,2803±0,1309 <sup>ab</sup>	6,9903±1,4508 <sup>abc</sup>
EB 29,09	1,3367±0,0723 <sup>a</sup>	4,7200±0,2364 <sup>a</sup>	0,9860±0,0063 <sup>a</sup>	1,2290±0,0765 <sup>a</sup>	5,8113±0,0479 <sup>ab</sup>

a,b,c: các giá trị trong cùng một cột khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê ( $p < 0,05$ ).

## ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

1. Phạm Ngọc Việt: người thực hiện đề tài.
2. Nguyễn Đặng Mỹ Duyên: người hướng dẫn đề tài.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Arvanitoyannis IS, Tserkezou P. Legislation on Food Irradiation. In: Irradiation of Food Commodities (Arvanitoyannis I. S.). Elsevier Inc. publishing; 2010. p. 3–20.
2. Chung HJ, Liu Q. Effect of gamma irradiation on molecular structure and physicochemical properties of corn starch. Journal Of Food Science. 2009;74(5):353–361.
3. Kamal H, et al. Controlling of degradation effects in radiation processing of starch. Journal of Macromolecular Science, Part A: Pure and Applied Chemistry. 2007;44(8):865–875.
4. Nemtanu MR, Brasoveanu M, et al. Functional Properties of Some Non-conventional Treated Starches. In: and others, editor. Biopolymers (Magdy Elnashar). Sciyopublishing; 2010. p. 319–344.
5. Brasoveanu M, et al. Electron-beam processed corn starch: Evaluation of physicochemical and structural properties and technicaleconomic aspects of the processing. Brazilian Journal of Chemical Engineering. 2013;30(4):847–856.
6. Sokhey AS, Hana MA. Properties of irradiated starches. Food Structure. 1993;12:397–410.
7. Herdenson AM, Rudin A. ESR Study of the effects of water, methanol, and ethanol on gamma-irradiation of starch. Journal of Polymer Science. 1981;19:1721–1732.
8. Wrolstad RE, Smith DE. Color analysis, 4th. In: and others, editor. Food Analysis (Nielsen S.S). Springer Science+Business Media publishing; 2010. p. 575–586.
9. Choudhury AKR. Colour-difference assessment. In: and others, editor. Principles of colour appearance and measurement (Choudhury A. K. R.). Elsevier Ltd publishing; 2015a. p. 55–116.
10. Sokhey AS, Chinnaswamy R, R. Chemical and molecular properties of irradiated starch extrudates. Cereal Chem. 1993;70(3):260–268.
11. Leach HW, Mccowen LD, Schoch TJ. Structure of the starch granule. Swelling and solubility patterns of various starches. Cereal Chemistry. 1959;36:534–544.
12. Amini AM, et al. Morphological, physicochemical, and viscoelastic properties of sonicated corn starch. Carbohydrate Polymers. 2015;122:282–292.
13. Reddy CK, et al. Effect of  $\alpha$ -irradiation on structure and physico-chemical properties of Amorphophallus paeonifolius starch. International Journal of Biological Macromolecules. 2015;79:309–315.
14. Wani IA, et al. Physico-chemical properties of starches from Indian kidney bean (Phaseolus vulgaris) cultivars. International Journal of Food Science and Technology. 2010;45:2176–2185.
15. Ashwar BA, et al. Effect of gamma irradiation on the physicochemical properties of alkali-extracted rice starch. Radiation Physics and Chemistry. 2014;99:37–44.
16. Pimpa B, et al. Effect of electron beam irradiation on physicochemical properties of sago starch. Songklanakarinn J Sci Technol. 2007;29(3):759–768.
17. Kang I, et al. Production of modified starches by gamma irradiation. Radiation Physics and Chemistry. 1999;54:425–430.
18. Lee Y. Effects of gamma irradiation on physicochemical and structural properties of starches. Food Sci Biotechnol. 2003;12(5):508–512.
19. Biliaderis MC. Structures and phase transitions of starch polymers. In: and others, editor. Polysaccharide association structures in foods (Walter R. H.). Marcel Dekker Inc. publishing; 1998. p. 57–168.
20. Nemtanu MR, et al. Electron beam technology for modifying the functional properties of maize starch. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A. 2007;580:795–798.
21. Mokrzycki WS, Tatol M. Color difference  $\Delta E$ : a survey. Machine Graphics and Vision. 2011;20(4):383–411.
22. Shishonok MV, et al. Structure and properties of electron-beam irradiated potato starch. High Energy Chemistry. 2007;41(6):425–429.
23. Ghali Y, et al. Modification of corn starch and fine flour by acid and gamma irradiation; part 1. chemical investigation of the modified products. Starch/ Stärke. 1979;31(10):325–328.
24. Raffi J, et al. Gamma radiolysis of starches derived from different foodstuffs. Starch/ Stärke. 1981;33(7):235–240.
25. Kerf MD, et al. Characterisation and disintegration properties of irradiated starch. International Journal of Pharmaceutics. 2001;221:69–76.
26. Hoover R, Manuel H. Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of legume starches. Food Research International. 1996;29(8):731–750.
27. Tester RF, Morrison WR. Swelling and gelatinisation of cereal starches. I. Effects of amylopectin, amylose, and lipids. Cereal Chemistry. 1990;67:551–557.
28. Tester RF, Karkalas J. Swelling and Gelatinization of Oat Starches. Cereal Chem. 1996;73(2):271–277.
29. Singh N, et al. Relationships between various physicochemical, thermal and rheological properties of starches separated from different potato cultivars. J Sci Food Agric. 2004;84:714–720.
30. Gani A, et al. Characterization of rice starches extracted from Indian cultivars. Food Science and Technology International. 2012b;19(2):143–152.
31. Gani A, et al. Modification of bean starch by  $\gamma$ -irradiation: Effect on functional and morphological properties. LWT - Food Science and Technology. 2012a;49:162–169.
32. Abu JO, et al. Effect of  $\alpha$ -irradiation on some physicochemical and thermal properties of cowpea (Vigna unguiculata L. Walp) starch. Food Chemistry. 2006;95:386–393.
33. Craig SAS, et al. Starch paste clarity. Cereal Chem. 1989;66(3):173–182.

34. Gani A, Masoodi FA, Wani SM. Characterization of lotus stem (*Nelumbo nucifera*) starches purified from three Lakes in India. *J Aquat Food Prod Technol.* 2013;22:1–14.
35. Achille TF, et al. Contribution to light transmittance modelling in starch media. *African Journal of Biotechnology.* 2007;6(5):569–575.
36. Sofi BA. Effect of gamma irradiation on physicochemical properties of broad bean (*Vicia faba* L.) starch. *LWT - Food Science and Technology.* 2013;54:63–72.
37. Song X, et al. Synthesis and paste properties of octenyl succinic anhydride modified early Indica rice starch. *J Zhejiang Univ SCIENCE B.* 2006;7(10):800–805.
38. Perera C, Hoover R. Influence of hydroxypropylation on retrogradation properties of native, defatted and heat-moisture treated potato starches. *Food Chem.* 1999;64:361–375.
39. Miles MJ, Morris VJ, Orford PD, Ring SG. The roles of amylose and amylopectin in the gelation and retrogradation of starch. *Carbohydrate Research.* 1985;135:271–281.
40. Meullenet J, et al. Relationship between sensory and instrumental texture profile attributes. *Journal of Sensory Studies.* 2007;13:77–93.
41. Singh S, et al. Effects of gamma-irradiation on the morphological, structural, thermal and rheological properties of potato starches. *Carbohydrate Polymers.* 2011;83(4):1521–1528.
42. Sung W, Hong M, Chang T. Effects of storage and gamma irradiation on (japonica) waxy rice. *Radiation Physics and Chemistry.* 2008;77:92–97.
43. Bourne MC. Principles of Objective Texture Measurement. *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement.* 2002;p. 107–187.
44. Horndok R, Noomhorm A. Hydrothermal treatments of rice starch for improvement of rice noodle quality. *LWT.* 2007;40:1723–1731.



# Effect of moisture on technological properties of corn starch modified by the electron beam irradiation

Pham Ngoc Viet, Nguyen Dang My Duyen\*



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

## ABSTRACT

Electron beam irradiation is one of the most effective starch modification methods. Moisture is one of the factors that is affected by the irradiation via the free radical formation. The effect of the moisture content on the technological properties of irradiated starch samples was studied. The moisture content of corn starch samples in this study was adjusted at 9.08, 12.96, 15.06, 20.39 and 29.09% (w/w). Corn starch samples were irradiated at 5 kGy. Color, free acid, solubility, swelling, transparency, syneresis and starch gel structure were studied to elucidate the effect of the moisture on technological properties of corn starch treated by electron beam. The results showed that electron beam radiation caused starch samples at different moisture to break into small molecules due to the separation of the glycosidic bonds. Thus, free acid, swelling, solubility of irradiated starch samples were higher than those of natural starch samples and were increased with low moisture content. The results also indicated that electron beam treatment increased the syneresis of irradiated starch samples. The texture profile analysis (TPA) of starch gel structure showed that textural properties such as hardness, elasticity and chewiness of irradiated starch samples were higher than those of natural starch samples.

**Key words:** starch, irradiation, electron beam, humidity, technology properties

HCMC University of Technology and Education, Viet Nam

## Correspondence

**Nguyen Dang My Duyen**, HCMC University of Technology and Education, Viet Nam

Email: myduyen@hcmute.edu.vn

## History

- Received: 02-11-2018
- Accepted: 27-8-2019
- Published: 30-9-2019

DOI : 10.32508/stdjns.v3i3.514



## Copyright

© VNU-HCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Cite this article : Ngoc Viet P, Dang My Duyen N. Effect of moisture on technological properties of corn starch modified by the electron beam irradiation. *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.*; 3(3):160-168.