

TCVN

TIÊU CHUẨN VIỆT NAM

TCVN 7249 : 2003

ISO 15562 : 1998

TIÊU CHUẨN THỰC HÀNH ĐO LIỀU  
ÁP DỤNG CHO THIẾT BỊ CHIẾU XẠ CHÙM TIA  
ELECTRON VÀ BỨC XẠ HÃM (BREMSSTRAHLUNG)  
DÙNG ĐỂ XỬ LÝ THỰC PHẨM

*Practice for dosimetry in electron and  
bremsstrahlung irradiation facilities for food processing*

HÀ NỘI - 2003

#### **Lời nói đầu**

TCVN 7249 : 2003 hoàn toàn tương đương với ISO 15562 : 1998;

TCVN 7249 : 2003 do Tiểu ban kỹ thuật TCVN/TC/F5/SC1  
Thực phẩm chiếu xạ biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường  
Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ ban hành.

# Tiêu chuẩn thực hành đo liều áp dụng cho thiết bị chiếu xạ chùm tia electron và bức xạ hãm (Bremsstrahlung) dùng để xử lý thực phẩm

*Practice for dosimetry in electron and bremsstrahlung irradiation facilities for food processing*

## 1 Phạm vi áp dụng

1.1 Tiêu chuẩn thực hành này mô tả các qui trình đo liều cần phải tuân theo khi thực hiện các công việc như xác định đặc trưng kỹ thuật, chất lượng và đặc trưng vận hành của các thiết bị chùm tia electron và thiết bị bức xạ hãm (bremsstrahlung) dùng để xử lý thực phẩm. Các qui trình khác có liên quan tới việc xác định đặc trưng kỹ thuật của thiết bị, bảo đảm chất lượng của sản phẩm và vận hành thường qui cũng được đề cập đến.

1.2 Dải năng lượng của electron được sử dụng trong tiêu chuẩn này chỉ giới hạn từ 0,1 MeV đến 10 MeV. Các electron như vậy có thể được tạo ra theo chế độ phát xung hoặc phát liên tục.

1.3 Năng lượng cực đại của photon được sử dụng trong tiêu chuẩn này là 5 MeV. Chùm photon có thể được tạo ra bằng cách đưa bộ biến đổi bức xạ hãm bremsstrahlung chắn ngang đường đi của chùm electron.

1.4 Các chỉ dẫn về việc lựa chọn, hiệu chuẩn và sử dụng các loại liều kế cụ thể và giải thích liều hấp thụ trong sản phẩm từ các phép đo liều xem trong các tài liệu: Hướng dẫn E 1261, Phương pháp E 1026, và Phương pháp E 1205. Những thảo luận chi tiết về đo liều bức xạ đối với bức xạ tia X và tia gamma xem các báo cáo của Ủy ban quốc tế về đơn vị bức xạ (ICRU reports) số 14 và 17, và xem báo cáo của ICRU số 34 - đối với các bức xạ dạng xung. Các vấn đề về việc áp dụng kỹ thuật đo liều trong việc xác định đặc trưng kỹ thuật và vận hành thiết bị chiếu xạ gamma để xử lý thực phẩm, xem tiêu

chuẩn thực hành E 1204. Tiêu chuẩn này cũng bao gồm cả những tài liệu liên quan đến việc vận hành thiết bị gia tốc hoạt động theo chế độ phát bức xạ hãm (bremstrahlung).

1.5 Tiêu chuẩn này không đề cập đến tất cả các vấn đề an toàn nếu có liên quan đến việc sử dụng tiêu chuẩn. Trách nhiệm của những người áp dụng tiêu chuẩn này là phải thiết lập được các tiêu chuẩn và thực hành thích hợp về an toàn y tế và xác định rõ phạm vi có thể áp dụng về mặt pháp luật trước khi quyết định áp dụng tiêu chuẩn.

## **2 Tài liệu viện dẫn**

E 170 Terminology Relating to Radiation Measurements and Dosimetry (Các thuật ngữ liên quan đến các phép đo bức xạ và đo liều lượng).

E 668 Practice for Application of Thermoluminescence-Dosimetry (TLD) Systems for Determining Absorbed Dose in Radiation-Hardness Testing of Electronic Devices (Tiêu chuẩn thực hành về ứng dụng các hệ đo liều nhiệt huỳnh quang để xác định liều hấp thụ trong việc thử độ đâm sâu bức xạ của các thiết bị điện tử).

E 1026 Method for Using the Fricke Dosimeter to Measure Absorbed Dose in Water (Phương pháp sử dụng liều kế Fricke để đo liều hấp thụ trong nước).

E 1204 Practice for Application of Dosimetry in the Characterization and Operation of a Gamma Irradiation Facility for Food Processing (Tiêu chuẩn thực hành về ứng dụng đo liều trong việc xác định đặc trưng kỹ thuật và vận hành thiết bị chiếu xạ gamma để xử lý thực phẩm).

E 1205 Test Method for Using the Ceric-Cerous Sulfate Dosimeter to Measure Absorbed Dose in Water (Phương pháp thử nghiệm dùng liều kế sunfat ceric - cerous đo liều hấp thụ trong nước).

E 1261 Guide for Selection and Application of Dosimetry Systems for Radiation Processing of Food (Hướng dẫn lựa chọn và ứng dụng các hệ đo liều để xử lý thực phẩm bằng chiếu xạ).

E 1275 Practice for Use of a Radiochromic Film Dosimetry System (Tiêu chuẩn thực hành sử dụng các liều kế màng mỏng Radiochromic).

E 1276 Practice for Use of a Polymethylmethacrylate Dosimetry System (Tiêu chuẩn thực hành sử dụng các hệ đo liều methylmethacrylate (PMMA))

E 1310 Practice for Use of a Radiochromic Optical Waveguide Dosimetry System (Tiêu chuẩn thực hành về ứng dụng hệ đo liều dẫn sóng quang học Radiochromic)

ICRU Report 14 - Radiation Dosimetry: X-Rays and Gamma Rays with Maximum Photon Energies Between 0.6 and 50 MeV (Báo cáo của ICRU số 14: Đo liều bức xạ đối với tia X và tia gamma có năng lượng photon cực đại từ 0,6 - 50 MeV)

ICRU Report 17 Radiation Dosimetry: X Rays Generated at Potentials of 5 to 150 kV (Báo cáo của ICRU số 17: Đo liều bức xạ đối với tia X được phát ở điện áp từ 5 -150 kV).

ICRU Report 33 Radiation Quantities and Units (Báo cáo của ICRU số 33: Các đại lượng và các đơn vị đo bức xạ).

ICRU Report 34 The Dosimetry of Pulsed Radiation (Báo cáo của ICRU số 34: Đo liều bức xạ phát dạng xung).

ICRU Report 35 Radiation Dosimetry: Electron Beams with Energies Between 1 and 50 MeV (Báo cáo của ICRU số 35: Đo liều bức xạ đối với chùm electron có năng lượng 1 - 50 MeV).

ICRU Report 37 Stopping Powers for Electrons and Positrons (Báo cáo của ICRU số 37: Năng lượng hãm đối với electron và positron).

### 3 Thuật ngữ

**3.1 Định nghĩa:** Các thuật ngữ khác sử dụng trong tiêu chuẩn này có thể tìm thấy trong tài liệu E 1/0 và báo cáo số 33 của ICRU.

**3.2 Diễn giải các thuật ngữ chuyên môn được sử dụng trong tiêu chuẩn này:**

**3.2.1 Liều hấp thụ (Absorbed dose),  $D$ :** là tỷ số giữa  $de$  và  $dm$ , trong đó  $de$  là năng lượng hấp thụ trung bình mà bức xạ ion hoá truyền cho khối vật chất có khối lượng là  $dm$  (xem báo cáo số 33 của ICRU).

$$D = de/dm$$

Tên gọi riêng của đơn vị đo liều hấp thụ là Gray (Gy):

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J. kg}^{-1}$$

Trước đây, đơn vị đo liều hấp thụ là rad:

$$1 \text{ rad} = 10^{-2} \text{ J. kg}^{-1} = 10^{-2} \text{ Gy}$$

**3.2.2 Dòng chùm tia trung bình (Average beam current):** là dòng chùm tia electron lấy trung bình theo thời gian. Đối với máy phát xung, giá trị trung bình này được lấy trên toàn bộ số xung hoặc trên số lượng lớn các xung.

**3.2.3 Độ rộng chùm tia (Beam width):** là kích thước của miền bức xạ vuông góc với hướng chuyển động của sản phẩm. Có một số kỹ thuật khác nhau để tạo ra các chùm tia electron có độ trải rộng đủ để bao phủ cả vùng sản phẩm được xử lý, ví dụ phương pháp quét một chùm tia hẹp bằng trường điện từ, hoặc mở rộng bề mặt phát xạ của catốt, các yếu tố gây phân tán và các bản phát xạ.

**3.2.4 Bức xạ hãm (Bremsstrahlung):** là bức xạ sóng điện từ phổ rộng được phát ra khi electron có năng lượng cao bị hãm bởi một trường điện từ mạnh cỡ như trường lân cận hạt nhân nguyên tử. Trong thực tế, bức xạ hãm được phát ra bằng cách bắn chùm electron lên bộ biến đổi được làm bằng một loại vật liệu nào đó. Phổ năng lượng của bức xạ hãm phụ thuộc vào năng lượng electron, chất dùng làm bộ biến đổi và chiều dày của nó. Phổ năng lượng của bức xạ hãm chứa các thành phần năng lượng đạt tới động năng cực đại của electron tới.

**3.2.5 Vật liệu thế (Compensating dummy):** là lượng vật liệu có các đặc trưng tán xạ và làm yếu bức xạ tương tự với sản phẩm được chiếu xạ, chúng có thể được sử dụng để bố trí liền kề với đơn vị sản phẩm chiếu xạ ở các vị trí đầu hoặc cuối trên chu trình chiếu xạ hoặc ở trong đơn vị sản phẩm chỉ mới nạp đầy một phần để bù cho sự thiếu vắng của sản phẩm tại những vị trí đó.

**3.2.6 Phân bố liều theo chiều sâu (Depth dose distribution):** là sự thay đổi liều hấp thụ theo chiều sâu tính từ bề mặt sản phẩm có hướng đối diện với chùm bức xạ. Một dạng phân bố điển hình của liều hấp thụ bức xạ trong một vật liệu đồng nhất tạo bởi chùm electron theo trục chùm tia có hướng vuông góc với bề mặt sản phẩm được cho trong hình 1.

**3.2.7 Tỷ số đồng đều về liều (Dose uniformity ratio):** là tỷ số giữa liều hấp thụ cực đại và liều cực tiểu bên trong một đơn vị (hộp) sản phẩm. Tỷ số đồng đều là thước đo về mức độ đồng đều về liều hấp thụ trong sản phẩm được chiếu xạ. Khái niệm này đôi khi còn được gọi là tỉ số liều max/min.

**3.2.8 Hệ đo liều kế (Dosimetry system):** là hệ công cụ dùng để xác định liều hấp thụ bao gồm liều kế, đường cong chuẩn, các dụng cụ cần thiết và quy trình sử dụng.

**3.2.9 Năng lượng electron (Electron energy):** là động năng của electron (đơn vị đo là eV)

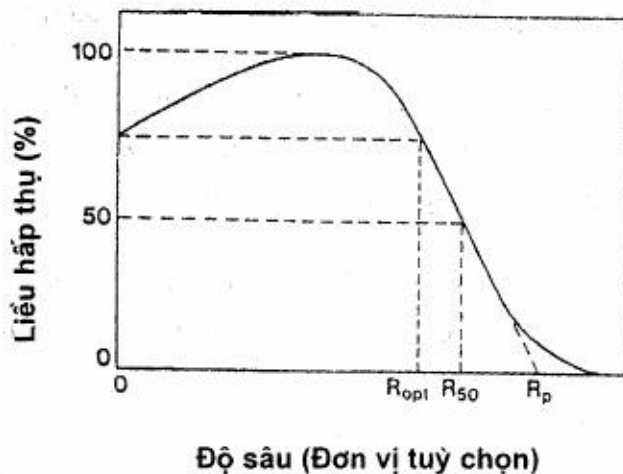
**3.2.10 Phổ năng lượng electron (Electron energy spectrum):** là hàm phân bố các electron theo năng lượng. Phổ năng lượng của electron khi chiếu lên sản phẩm phụ thuộc vào loại máy gia tốc và điều kiện của quá trình bức xạ.

**3.2.11 Quãng chạy của electron (Electron range):** là độ đâm xuyên của electron theo hướng trục chùm tia đi vào trong vật liệu. Một số các thông số của quãng chạy electron có thể được xác định để mô tả đặc trưng của chùm electron (xem hình 1). Chi tiết hơn về quãng chạy của electron xem báo cáo của ICRU số 35 và tài liệu tham khảo 3.

**3.2.12 Độ sâu một nửa  $R_{50}$  (Half-value depth):** là độ dày trong vật liệu được tính từ bề mặt tới điểm mà tại đó liều hấp thụ giảm đi 50 % giá trị cực đại (xem hình 1).

**3.2.13 Độ dày tối ưu  $R_{opt}$  (Optimum thickness):** là độ sâu trong vật liệu mà tại đó liều hấp thụ bằng liều hấp thụ trên bề mặt tại chỗ mà chùm electron đi vào (xem hình 1).

**3.2.14 Quãng chạy thực tế  $R_p$  (Practical range):** là khoảng cách từ bề mặt của vật liệu đến điểm mà ở đó tiếp tuyến tại điểm dốc nhất (điểm uốn) của đường phân bố liều theo độ sâu kéo thẳng xuống gặp trục độ sâu (xem hình 1).



Hình 1 – Sự phân bố liều theo độ sâu điển hình đối với chùm electron

**3.2.15 Đơn vị sản phẩm (Product unit):** là một hoặc nhiều hộp sản phẩm được xếp thành một khối đi qua nguồn chiếu xạ, ví dụ như hộp, thùng, hoặc giá treo. Thuật ngữ này khác thích hợp với quá trình xử lý kiểu dòng chảy rời.

**3.2.16 Chu trình chiếu xạ (Production run):** là một dãy các đơn vị sản phẩm chứa cùng một loại sản phẩm, được chiếu xạ liên tiếp với cùng một liều hấp thụ.

**3.2.17 Vật liệu đối chứng (Reference material):** là loại vật liệu đồng nhất có các tính chất hấp thụ bức xạ đã biết được, sử dụng để thiết lập các đặc trưng kỹ thuật của chùm (tia) bức xạ.



**3.2.18 Mặt phẳng đối chứng (Reference plane):** là một mặt phẳng được lựa chọn nằm trong miền bức xạ và vuông góc với trục chùm tia.

## 4 Đặc điểm và ứng dụng

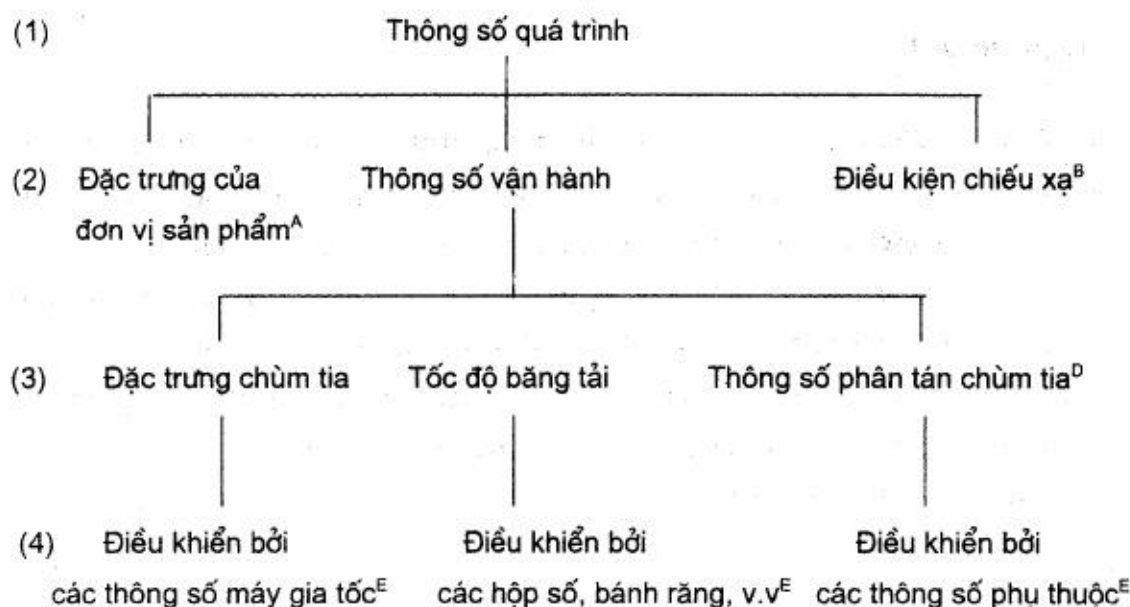
4.1 Các sản phẩm lương thực – thực phẩm có thể được xử lý bằng chùm bức xạ phát ra bởi các máy gia tốc nhằm đem lại lợi ích kinh tế và lợi ích phục vụ sức khoẻ cộng đồng. Ví dụ như xử lý chiếu xạ nhằm kiểm soát các ký sinh trùng gây bệnh hay diệt côn trùng và kéo dài thời gian bảo quản các loại thực phẩm. Đặc trưng của một quá trình chiếu xạ thực phẩm bao giờ cũng bao gồm một cặp giá trị giới hạn liều hấp thụ, đó là một giá trị liều hấp thụ cực tiểu cần thiết để bảo đảm đạt được hiệu ứng hữu ích đã định trước và một giá trị liều hấp thụ cực đại cần phải tránh để không gây hư hỏng sản phẩm. Đối với mỗi một ứng dụng nhất định, một hoặc cả hai giá trị này có thể được quy định bởi các quy phạm pháp luật. Vì vậy, cần phải xác định được hiệu suất thiết bị có thể xử lý được sản phẩm với mức liều nằm trong giới hạn liều định trước khi tiến hành chiếu xạ sản phẩm cho tiêu thụ. Khi cần thiết lập hiệu suất thiết bị, thì phải đo kiểm tra mức liều cực đại và cực tiểu trong sản phẩm đối với mỗi chu trình chiếu xạ với mức độ tin cậy chấp nhận nhằm khẳng định các chỉ tiêu kỹ thuật của quá trình vẫn được đảm bảo.

4.2 Tại một số quốc gia, ban hành các qui phạm pháp luật về giới hạn cực đại của năng lượng electron chỉ đến 10 MeV và của năng lượng photon chỉ đến 5 MeV khi chúng được sử dụng với mục đích chiếu xạ thực phẩm nhằm tránh tạo ra hoạt tính phóng xạ trong thực phẩm.

Chú thích 1 – Chùm electron từ máy gia tốc tuyến tính (linacs) có thể chứa một số electron có năng lượng cao hơn giới hạn này. Có thể ngăn không cho các electron này tới được sản phẩm bằng cách sử dụng bộ chắn tia kết hợp với dụng cụ lái tia bằng từ trường.

4.3 Có những thông số khác nhau đóng vai trò quan trọng trong việc xác định và kiểm soát liều hấp thụ trong quá trình xử lý chiếu xạ trên một thiết bị chiếu xạ cụ thể. Điều quan trọng là phải hiểu rõ mối quan hệ giữa các thông số đó. Hình 2 là biểu đồ mô tả các mối quan hệ đó. Các thông số vận hành (đặc trưng của chùm tia, tốc độ băng tải và các thông số phân tán của chùm tia) là những thông số có thể đo được và các giá trị của chúng phụ thuộc vào các thông số điều khiển quá trình (xem hình 2). Trong giai đoạn xác lập đặc trưng thiết bị, các đặc trưng về liều hấp thụ được xác lập nhờ sử dụng vật liệu đối chứng (dãy 3 hình 2). Còn các thông số quá trình (dãy 2 hình 2) để xử lý sản phẩm thực lại được thiết lập trong giai đoạn xác định chất lượng của sản phẩm nhằm đạt được liều hấp thụ nằm trong giới hạn liều đã định. Trong quá trình xử lý sản phẩm, các thông số kiểm soát quá trình (dãy 4 hình 2) được giám sát và kiểm soát nhằm duy trì các giá trị của tất cả các thông số vận hành đã được cài đặt trong giai đoạn xác định chất lượng sản phẩm.





**Hình 2 – Biểu đồ quan hệ giữa các thông số cho một thiết bị gia tốc Electron hoặc bức xạ hãm (Bremsstrahlung)**

trong đó

<sup>A</sup> Ví dụ, kích cỡ, mật độ khối và độ không đồng nhất;

<sup>B</sup> Ví dụ, cấu hình quá trình, chiếu nhiều mặt, số lần đi qua;

<sup>C</sup> Ví dụ, năng lượng, dòng và tốc độ tái hiện xung;

<sup>D</sup> Ví dụ, độ rộng vùng quét và tần số quét;

<sup>E</sup> Những thông số này kiểm soát các thông số vận hành khác nhau, bản chất của các mối quan hệ của chúng phụ thuộc vào loại thiết bị chiếu xạ.

4.4 Bức xạ phát ra bằng máy gia tốc có thể ở dạng chùm electron hoặc ở dạng bức xạ photon (bremsstrahlung) được tạo bởi các electron. Khả năng đâm xuyên qua sản phẩm tạo ra các hiệu ứng mong muốn là một trong những yếu tố có ảnh hưởng đến việc quyết định sử dụng chùm electron hoặc photon. Đối với một năng lượng electron nhất định, khả năng đâm xuyên của bức xạ hãm lớn hơn rất nhiều so với khả năng đâm xuyên của chính electron. Khả năng đâm xuyên trong nước hoặc trong chất dẻo của bức xạ hãm có năng lượng 5 MeV cao hơn một ít so với khả năng đâm xuyên của bức xạ gamma  $^{60}\text{Co}$  (4, 5, 6, 7).

Chú thích 2 – Các nội dung chi tiết hơn về chiếu xạ thực phẩm có trong các tài liệu tham khảo 8 -13.

## 5 Xác lập đặc trưng thiết bị

**5.1 Mục đích:** Mục đích của việc xác định liều trong việc lắp đặt một thiết bị phát chùm tia electron mới hoặc được nâng cấp là xác lập những thông số cơ bản để kiểm tra tính hiệu quả, hiệu suất đã được đoán trước và độ lặp lại của hệ thống trong các điều kiện mà ở đó thiết bị sẽ được vận hành. Ví dụ, phép đo liều sẽ được sử dụng (1) để thiết lập mối quan hệ giữa liều hấp thụ trong một cấu hình có thể xác lập lại và các thông số vận hành của thiết bị, (2) để theo dõi kiểm tra liều hấp thụ khi các thông số này thay đổi trong giới hạn xác định và (3) để đo phân bố liều hấp thụ trong vật liệu đối chứng. Những thông tin nhận được trong giai đoạn này sẽ giúp cho việc xác lập các thông số quá trình trong giai đoạn xác định các đặc trưng của chất lượng sản phẩm.

### 5.2 Các thông số vận hành

5.2.1 Liều hấp thụ trong một đơn vị sản phẩm phụ thuộc vào đặc trưng của chùm tia, tốc độ băng tải và các thông số phân tán chùm tia. (Nó cũng phụ thuộc vào cả đặc trưng của đơn vị sản phẩm và điều kiện chiếu xạ, xem hình 2). Các thông số vận hành chịu ảnh hưởng bởi các thông số của máy gia tốc và các thông số thiết bị khác. Sự thay đổi của máy gia tốc, băng tải và kích thước chùm tia và cả một thiết kế mới đều làm sai lệch mối quan hệ giữa các thông số vận hành và các thông số điều khiển thiết bị, xem hình 2).

#### 5.2.2 Các đặc trưng chùm tia

5.2.2.1. Hai đặc trưng cơ bản của cường độ chùm tia là phổ năng lượng electron và dòng trung bình của chùm tia. Phổ năng lượng electron ảnh hưởng đến phân bố liều theo độ sâu trong vật liệu. Cường độ dòng trung bình của chùm tia cùng với một số thông số vận hành khác ảnh hưởng đến suất liều.

Chú thích 3 – Nếu máy gia tốc không có bộ phận phân tán năng lượng (ví dụ như bộ phân tách từ trường) thì phổ năng lượng electron, trong thực tế, có thể được xác định bằng 2 thông số: năng lượng trung bình ( $E_a$ ) và năng lượng có xác suất lớn nhất ( $E_p$ ). Các giá trị của 2 thông số này tại bề mặt của sản phẩm tương đương nước có quan hệ với quãng chạy của electron:

$$E_p(\text{MeV}) = 0,22 + 1,98R_p + 0,0025 R_p \quad \text{đối với } 1\text{MeV} < E_p < 50 \text{ MeV}$$

$$\text{và } E_a(\text{MeV}) = 2,33 R_{50} \quad \text{đối với } 5 \text{ MeV} < E_a < 35 \text{ MeV}$$

trong đó

$R_p$  và  $R_{50}$  là quãng chạy thực và độ sâu một nửa trong vật liệu tương đương nước đối với chùm electron tính bằng centimet (xem 3.2.12 và 3.2.14). Các biểu thức này chỉ có giá trị đối với các chùm tia góc rất hẹp. Những thảo luận chi tiết hơn về mối quan hệ giữa các thông số này và các quy trình đo  $R_c$  và  $R_p$  đối với vật liệu tương đương nước và các vật liệu khác được mô tả trong báo cáo 35 và 37 của ICRU và trong tài liệu tham khảo 14.

Đối với các chùm tia năng lượng thấp ( $E_p < 1 \text{ MeV}$ ) phổ electron bị ảnh hưởng bởi cửa sổ máy gia tốc, không khí và các vật liệu nằm giữa cửa sổ máy và sản phẩm đo. Tuy nhiên, hiệu suất của quá trình chiếu xạ có thể được xác định bằng phép đo thường qui của độ sâu phân bố liều.

5.2.2.2 Đối với các thiết bị chiếu xạ bằng tia bremsstrahlung, suất liều hấp thụ chịu ảnh hưởng bởi sự phân bố theo góc của chùm bức xạ hãm và phổ năng lượng của electron cũng như dòng trung bình của chùm tia. Năng lượng photon và phân bố theo góc phụ thuộc vào thiết kế và thành phần của bộ biến đổi tia và phụ thuộc vào năng lượng electron (1, 6).

### 5.2.3 Tốc độ băng tải

5.2.3.1 Đối với thiết bị sử dụng băng tải chuyển động liên tục để vận chuyển sản phẩm qua vùng xử lý chiếu xạ, tốc độ băng tải sẽ xác định thời gian chiếu xạ. Bởi vậy khi các thông số vận hành khác được giữ không đổi thì tốc độ băng tải sẽ quyết định liều hấp thụ trong sản phẩm.

5.2.3.2 Đối với những thiết bị chiếu xạ sản phẩm nằm liên tục trong vùng bức xạ thì thời gian chiếu xạ sẽ quyết định liều hấp thụ khi các thông số vận hành được giữ không đổi.

### 5.2.4 Thông số độ rộng chùm tia:

Sự phân tán của chùm electron để tạo ra một chùm tia có độ rộng thích hợp bao phủ vùng xử lý có thể đạt được nhờ một số kỹ thuật khác nhau. Những kỹ thuật này bao gồm điều khiển quét chùm tia hẹp bằng điện từ trường, sử dụng bề mặt phát xạ trải rộng (catốt hoặc plasma), sử dụng các bộ phân tán tia và các tấm tán xạ. Độ rộng chùm tia kết hợp cùng với một số các thông số vận hành khác sẽ quyết định suất liều.

## 5.3 Các đặc trưng liều tạo ra bởi máy gia tốc

5.3.1 Liều trên bề mặt sản phẩm chủ yếu liên quan đến dòng trung bình của chùm tia, độ rộng chùm tia và tốc độ băng tải (xem 5.2). Liều này cũng chịu ảnh hưởng bởi năng lượng của electron. Dựa trên giới hạn yêu cầu của các thông số vận hành người ta xác lập các đặc trưng của liều hấp thụ cho một mặt phẳng đối xứng bằng cách sử dụng các kỹ thuật đo liều thích hợp (xem hướng dẫn E 1261). Đồng thời, cũng xác lập nên những mối liên quan này đối với những trường hợp mà ở đó độ đồng đều về liều thay đổi theo khoảng cách giữa cửa sổ chùm tia và sản phẩm được xử lý.

5.3.1.1 Các máy phát chùm electron nói chung sử dụng băng tải chuyển động liên tục. Để bảo đảm độ đồng đều về liều đối với một mặt phẳng đối xứng, kích thước chùm tia, tốc độ băng tải, tần số quét cần phải kết hợp hài hoà. Đối với các máy gia tốc phát xung, tất cả các thông số này cũng phải được phối hợp hài hoà cùng với tốc độ lặp lại của xung (tần số xung). Yêu cầu trên đây không cần phải áp dụng đối với những máy gia tốc có catốt trải rộng bởi vì nó không cần sử dụng bộ quét tia. Các yêu cầu này

cũng không quan trọng đối với các máy gia tốc phát bức xạ hãm bởi vì chùm photon tán xạ mạnh hơn nhiều so với chùm electron.

Chu thích 4 – Tốc độ băng tải và chùm tia có thể kết hợp liên thông với nhau đối với một số máy gia tốc, khi đó sự thay đổi của một thông số này thì kéo theo sự thay đổi của thông số kia nhằm bảo đảm liều hấp thụ vẫn không đổi.

5.3.2 Bằng cách sử dụng kỹ thuật đo liều thích hợp và kỹ thuật xác định trường phân bố liều được nêu trong tiêu chuẩn E 1204 tiến hành xác định phân bố liều trong vật liệu đối chứng đối với electron và đối với cả bức xạ bremsstrahlung nếu có thể. Dạng chính xác của các phân bố này sẽ khác nhau đối với các thiết bị khác nhau do chúng phụ thuộc vào phổ năng lượng của chùm electron, dạng hình học của quá trình chiếu xạ và cấu trúc của bộ biến đổi bức xạ hãm (15). Trong trường hợp bức xạ electron độ xuyên sâu phụ thuộc vào năng lượng của electron. Khi tăng năng lượng của electron giá trị độ sâu một nửa ( $R_{50}$ ), quãng chạy thực tế ( $R_p$ ), và độ dày tối ưu ( $R_{opt}$ ) (xem hình 1) đều tăng. So với các electron bức xạ hãm có sức đâm xuyên lớn hơn nhiều vào trong sản phẩm. Như vậy, vận hành theo chế độ phát bức xạ hãm cho phép xử lý các sản phẩm dày hơn và mật độ chất cao hơn so với kiểu vận hành chế độ phát chùm electron.

5.3.3 Xác định khả năng của thiết bị đối với một suất liều không đổi bằng cách đo sự thăng giáng giá trị các thông số của máy gia tốc và tốc độ băng tải có thể gây ra sự thay đổi của liều hấp thụ. Ví dụ có thể đánh giá biên độ các thay đổi này bằng cách cho liều kế đi qua vùng chiếu xạ theo băng tải trọng với những khoảng thời gian thích ứng với tần số thăng giáng của các thông số.

5.4 **Các phương pháp đo liều:** Để lựa chọn và ứng dụng các hệ đo liều cho chiếu xạ thực phẩm xem hướng dẫn E 1261. Những mô tả chi tiết về các hệ liều kế khác nhau, xem tiêu chuẩn các phương pháp E 1205 và các tiêu chuẩn thực hành E 1275, E 1276, và E 1310.

## 6 Công tác bảo đảm chất lượng sản phẩm

6.1 **Mục tiêu:** Giới hạn liều cực đại và cực tiểu thường xuyên gắn liền với chiếu xạ thực phẩm. Đối với mỗi một ứng dụng cho trước, một hoặc cả hai giá trị này có thể được quy định bởi các văn bản pháp qui. Bởi vậy, mục tiêu của công tác bảo đảm chất lượng sản phẩm là để bảo đảm rằng liều hấp thụ tại mọi điểm trong một đơn vị sản phẩm đều nằm trong 2 giới hạn liều này. Điều này được thực hiện bằng cách xác định phân bố liều trong đơn vị sản phẩm nhờ sử dụng các qui trình đo liều được mô tả trong điều này. Nhiệm vụ này cũng thiết lập nên tất cả các thông số quá trình, mà cụ thể là năng lượng của electron, cường độ chùm tia, tốc độ băng tải, độ rộng chùm tia, các đặc trưng của đơn vị sản phẩm và điều kiện chiếu xạ cần thiết để đạt được giá trị liều hấp thụ nằm trong các giới hạn liều đã định.



## 6.2 Tỷ số đồng đều về liều

6.2.1 Xác định giá trị của tỷ số đồng đều về liều và vị trí của các giá trị liều cực đại và cực tiểu trong mỗi một loại và cấu hình sản phẩm. Điều này có thể thực hiện bằng cách bố trí các liều kế phân bố trong thể tích cần quan tâm của một số đơn vị sản phẩm. Phải lựa chọn phương án bố trí các liều kế sao cho dễ dàng phân biệt được các vị trí có liều cực đại và cực tiểu, tại những chỗ đó có thể bố trí nhiều liều kế hơn, còn tại những vị trí liều trung gian có thể bố trí ít liều kế hơn. Các liều kế màng mỏng dạng tấm hoặc dạng dải băng có thể được sử dụng để thu được những thông tin hữu ích. Do có sự thay đổi về cấu trúc hình học của bao bì sản phẩm hoặc phân bố mật độ sản phẩm nên các liều kế được bố trí tại các vị trí tương tự trong các đơn vị sản phẩm khác nhau có thể cho một dải các số đo liều hấp thụ khác nhau. Cần lựa chọn một số thích hợp các đơn vị sản phẩm để khảo sát phân bố liều nhằm xác định được độ thăng giáng của phân bố liều hấp thụ trong các đơn vị sản phẩm (tham khảo tiêu chuẩn thực hành E 668 và E1204 để thảo luận).

6.2.2. Phải bảo đảm rằng các thông số quá trình có ảnh hưởng tới liều hấp thụ trong sản phẩm là như nhau trong cả khi khảo sát phân bố liều và trong khi vận hành chiếu xạ.

Chú thích 5 – Yêu cầu này là cần thiết nhằm tránh sự thay đổi độ lớn của liều cực đại hoặc cực tiểu do có thay đổi của các thông số quá trình có thể dẫn đến các giá trị liều nằm ngoài giới hạn liều hấp thụ đã định.

6.2.3 Nếu có một sự thay đổi nào đó trong các thông số quá trình có thể làm ảnh hưởng đến độ lớn và vị trí của liều cực đại và cực tiểu, thì cần phải lặp lại việc xác định phân bố liều để xác định được những ảnh hưởng đó. Việc xác định đặc trưng chất lượng của thiết bị chiếu xạ (xem điều 5) sẽ giúp ích trong việc khảo sát phân bố liều trong sản phẩm.

6.2.4 Nếu các vị trí liều hấp thụ cực đại và cực tiểu được xác định trong quá trình khảo sát phân bố liều được mô tả trong 6.2.1 mà không thể tiếp cận được trong quá trình thực hành vận hành chiếu xạ sản phẩm thì các vị trí đối chứng khác có thể được sử dụng. Quan hệ giữa liều hấp thụ tại vị trí thay thế này và vị trí liều cực đại và cực tiểu sẽ phải xác định cho thấy có tính lặp lại và phải được thể hiện rõ trong các văn bản.

6.2.5 Đối với các thiết bị chiếu xạ sản phẩm theo cơ chế dòng chảy rời liên tục thì việc xác định phân bố liều mô tả trong 6.2.1 có thể không thích hợp. Trong trường hợp này liều cực đại và cực tiểu có thể được xác định bằng cách sử dụng một số các liều kế thích hợp trộn lẫn ngẫu nhiên với sản phẩm cho đi qua vùng chiếu xạ. Một số liều kế đủ lớn sẽ cho kết quả thống kê khá tốt (16,17). Việc tính toán đánh giá liều cực đại và cực tiểu cũng có thể là một phương pháp lựa chọn thay thế thích hợp (14).

6.2.6 Nếu kết quả khảo sát phân bố liều trong 6.2.1 chứng tỏ rằng tỷ số đồng đều về liều hấp thụ quá lớn, ví dụ lớn hơn tỷ số giữa liều hấp thụ cực đại và cực tiểu đã được quy định bởi quy phạm pháp luật, thì phải thay đổi các thông số quá trình để đạt được giá trị tỷ số đồng đều về liều ở mức chấp nhận được.

6.2.6.1 Thay đổi các đặc trưng chùm bức xạ ví dụ như tối ưu hóa năng lượng electron có thể giảm được tỷ số đồng đều về liều (xem 5.2.2.). Có thể sử dụng một số biện pháp khác để giảm tỷ số đồng đều về liều như bộ sử dụng làm yếu chùm tia, bộ tán xạ hoặc bộ phản xạ chùm tia.

6.2.6.2 Tùy thuộc vào mật độ vật chất, độ dày và độ không đồng nhất của một đơn vị sản phẩm, một số quy trình chiếu xạ có thể yêu cầu chiếu xạ 2 mặt để đạt được độ đồng đều liều mong muốn. Khi chiếu xạ hai mặt vị trí các vùng có giá trị liều cực đại và cực tiểu có thể rất khác với vị trí các giá trị liều cực đại và cực tiểu trong trường hợp chiếu xạ 1 mặt. Đối với trường hợp chiếu xạ electron lưu ý đặc biệt tới việc chiếu xạ 2 mặt (hoặc nhiều mặt) vì chỉ cần có biến đổi nhỏ trong độ dày hoặc mật độ của đơn vị sản phẩm, hoặc thay đổi nhỏ về năng lượng của electron đều có thể dẫn tới chiếu quá liều hoặc chiếu dưới liều ở vị trí trung tâm của đơn vị sản phẩm.

6.2.6.3 Nếu tỷ số đồng đều về liều vẫn không chấp nhận được thì cần phải thiết kế lại đơn vị sản phẩm để đạt được tỷ số đồng đều liều theo yêu cầu.

**6.3 Các thông số quá trình:** Sau khi xác định được tỷ số đồng đều về liều, cần phải xác định dòng trung bình và tốc độ băng tải hoặc thời gian chiếu xạ dừng (xem 5.2.3.2 để sử dụng trong giai đoạn chế biến sản phẩm). Do có sai số của các hệ đo liều và có những thay đổi nội tại của quá trình chiếu xạ cho nên chúng ta nên thiết lập các thông số quá trình sao cho nó có thể đem lại giá trị liều xử lý cao hơn liều cực tiểu nhưng nhỏ hơn giá trị liều cực đại yêu cầu (17). Quá trình này sẽ xác lập nên tất cả các thông số quá trình của thiết bị (xem hình 2).

## **7 Quá trình xử lý sản phẩm**

### **7.1 Các thông số quá trình**

7.1.1 Để xử lý các sản phẩm cần phải thiết lập các thông số điều khiển (chính là các thông số vận hành) như đã được thiết lập trong khi khảo sát các đặc trưng của sản phẩm. Cần phải kiểm tra, theo dõi và ghi chép các thông số này nhằm bảo đảm rằng mỗi một đơn vị sản phẩm khi đi qua máy chiếu xạ đều được xử lý đúng theo các chỉ tiêu đã định.

7.1.2 Nếu các thông số này lệch ra ngoài giới hạn quy định thì phải thực hiện ngay những biện pháp cần thiết như dừng ngay quá trình xử lý.

### **7.2 Đo liều thường quy trong quá trình chiếu xạ hàng ngày**

7.2.1 Cần phải sử dụng các qui trình đo liều và thực hiện kiểm soát thống kê thích hợp cũng như ghi chép đầy đủ các thông số để bảo đảm rằng sản phẩm được xử lý nhận được liều hấp thụ theo yêu cầu. Những quy trình này liên quan đến việc ứng dụng các phép đo hàng ngày tại cơ sở chiếu xạ được thực hiện theo quy định dưới đây:



7.2.1.1 Vị trí bố trí liều kế: Đặt các liều kế hoặc ở bên trong hoặc ở trên bề mặt các đơn vị sản phẩm được lựa chọn (xem, 7.2.1.2) tại vị trí được xác định trước của giá trị liều hấp thụ cực đại hoặc cực tiểu, (xem 6.2.1) hoặc tại vị trí đối chứng được xác định trong 6.2.4.

7.2.1.2 Tần số bố trí liều kế: Đặt các liều kế như được mô tả trong 7.2.1.1. ở gần đầu, gần giữa và gần cuối của chu trình chiếu xạ. Để kiểm soát chu trình kiểm soát kéo dài (hơn 16 giờ) cần phải sử dụng liều kế bổ sung sao cho liều hấp thụ được kiểm soát ít nhất 8 giờ 1 lần.

Chú thích 6 – Tần suất đặt liều kế nhiều hơn trong chu trình chiếu xạ có thể dẫn đến việc ít loại bỏ sản phẩm nên xuất hiện một số sự cố hay bất ổn vận hành.

7.2.1.3 Các đơn vị sản phẩm ở đầu và cuối: đó là các đơn vị sản phẩm đầu tiên hoặc cuối cùng trong một chuỗi liên tục các đơn vị sản phẩm, chúng có thể nhận được phân bố liều khác với các đơn vị sản phẩm khác. Nếu các số liệu đo liều chỉ rõ rằng có sự phân bố liều không chấp nhận được trong 2 đơn vị sản phẩm này thì cần phải bố trí các đơn vị vật liệu thế bù vào gần kề với các đơn vị sản phẩm này để thu được sự phân bố liều chấp nhận được.

7.2.1.4 Nạp hàng từng phần (không đầy): Nếu các đơn vị sản phẩm được xử lý không được nạp đầy thì cũng phải áp dụng các yêu cầu đo liều như đối với các đơn vị sản phẩm được nạp đầy sản phẩm. Cần phải thực hiện quy trình khảo sát phân bố liều trong sản phẩm theo 6.2.1 để bảo đảm phân bố liều hấp thụ trong sản phẩm là thỏa đáng. Những thay đổi về phân bố liều trong các đơn vị sản phẩm được nạp đầy một phần trong một số trường hợp có thể được giảm thiểu bằng cách dùng các vật liệu thế thêm vào những chỗ thiếu trong các đơn vị sản phẩm.

7.2.1.5 Quy trình xử lý kiểu chảy rời: Đối với một số loại thiết bị chiếu xạ làm việc theo cơ chế sản phẩm chảy rời (ví dụ như xử lý ngũ cốc, hoặc chất lỏng) ở đó sẽ không thích hợp để bố trí các liều kế tại

các vị trí liều cực đại và cực tiểu mà phải bố sung một số liều kế vào trong dòng chảy của sản phẩm tại các giai đoạn bắt đầu, giữa và cuối của chu trình xử lý. Mỗi một bộ số đo liều hấp thụ yêu cầu một số liều kế nhất định để bảo đảm sẽ nhận được liều cực đại và liều cực tiểu với một độ tin cậy nhất định. Quy trình này yêu cầu tổng thời gian chiếu xạ và tốc độ dòng chảy sản phẩm và của liều kế là như nhau.

7.2.1.6 Những thay đổi về môi trường: một sự thay đổi nào đó về môi trường (ví dụ nhiệt độ, độ ẩm) của liều kế trong khi chiếu xạ có thể ảnh hưởng tới số đo của liều kế. Nếu cần thiết cần phải hiệu chỉnh số đo của liều kế do những ảnh hưởng như vậy (xem Chỉ dẫn E 1261; Tiêu chuẩn thực hành E 1275 và E 1276).

7.3 **Chỉ thị nhạy bức xạ:** Đối với một số mức liều, có thể sử dụng các chỉ thị nhạy bức xạ để kiểm soát quá trình hoặc với mục đích kiểm kê. Một chỉ thị nhạy bức xạ có thể đánh cố định trên mỗi đơn vị sản phẩm để giúp cho việc nhận biết rằng đơn vị sản phẩm đó đã đi qua vùng chiếu xạ hay chưa. Đối với quy trình chiếu xạ nhiều lần thì trên mỗi mặt của đơn vị sản phẩm đối diện với chùm tia cần phải gắn

một chỉ thị nhảy bức xạ trước mỗi lần chiếu xạ để làm bằng chứng cho thấy rằng mặt đáy đã đi qua vùng chiếu xạ. Tuy nhiên việc sử dụng chỉ thị nhảy bức xạ không thay thế cho qui trình đo liều nêu ra trong 7.2.

#### **7.4 Lập hồ sơ chiếu xạ**

##### **7.4.1 Sổ ghi vận hành chiếu xạ:**

7.4.1.1 Cần phải ghi chép và lập các báo cáo về liều đo đối với tất cả các giai đoạn vận hành máy chiếu xạ từ khi xác định đặc trưng kỹ thuật ban đầu đến xử lý chiếu xạ sản xuất đối với các sản phẩm cụ thể, bao gồm cả ngày tháng, thời gian, loại sản phẩm, sơ đồ nạp hàng và các giá trị liều hấp thụ đo được đối với tất cả các sản phẩm đã được xử lý (xem chỉ dẫn E 1261).

7.4.1.2 Cần ghi chép tất cả các thông số quá trình có ảnh hưởng đến liều hấp thụ trong sản phẩm cùng với các thông tin thích hợp để giúp phân biệt các thông số này với một mẻ sản phẩm hoặc các chu trình chiếu xạ cụ thể.

7.4.1.3 Cần phải ghi chép việc hiệu chuẩn và bảo dưỡng các thiết bị và dụng cụ được sử dụng để đo kiểm tra hoặc đo liều hấp thụ trong sản phẩm (xem chỉ dẫn E 1261).

##### **7.4.2 Sổ ghi chép vận hành**

7.4.2.1 Cần có sổ ghi ngày tháng sản phẩm được xử lý, thời gian bắt đầu và kết thúc quá trình chiếu xạ. Sổ ghi cần thể hiện tên nhân viên vận hành và những điều kiện đặc biệt của máy gia tốc hoặc của thiết bị có thể ảnh hưởng đến liều hấp thụ trong sản phẩm.

7.4.2.2 Đối với mỗi một lô hàng được xử lý, cần phải ghi số số mã sản phẩm và loại sản phẩm vào trong tất cả các văn bản liên quan (xem 7.4.3). Việc làm này cần thiết để tách ra và phân biệt một loại sản phẩm với các loại sản phẩm khác được xử lý tại thiết bị.

**7.4.3 Bảo quản và sử dụng các sổ ghi:** Cần phải tập hợp tất cả các sổ ghi các thông tin thích hợp đối với mỗi chu trình xử lý sản phẩm (Các bản sao của hoá đơn vận chuyển, giấy xác nhận chiếu xạ, và hồ sơ kiểm soát chiếu xạ). Hồ sơ lưu này sẽ được giữ tại cơ sở chiếu xạ và luôn sẵn sàng cho công tác thanh tra kiểm soát khi cần thiết. Tập hồ sơ sẽ được lưu giữ trong khoảng thời gian được quy định bởi các cơ quan có thẩm quyền liên quan.

**7.4.4 Xem xét và kiểm tra các văn bản:** Cần phải định kỳ thực hiện thẩm định tất cả các văn bản để bảo đảm rằng các văn bản đó là chính xác và hoàn hảo.

## 8 Thủ tục xuất sản phẩm đi tiêu thụ

8.1 Việc xuất sản phẩm cho sử dụng chỉ được thực hiện sau khi đã tiến hành kiểm tra các số đo về liều và các giá trị được ghi lại của các thông số quá trình và bảo đảm rằng tất cả các giá trị đó đều nằm trong giới hạn quy định.

## 9 Độ chụm và sai số hệ thống

9.1 Các sổ ghi và các báo cáo phải bao gồm cả các số liệu đánh giá về sai số của các phép đo liều hấp thụ bao gồm cả độ lặp lại và độ chính xác (sai số ngẫu nhiên và sai số thống kê) với một mức tin cậy xác định (xem chỉ dẫn E 1261).

9.2 Mức sai số có thể chấp nhận được sẽ phải tính đến các yêu cầu của luật pháp cũng như các yêu cầu về mặt thương mại có liên quan đến loại sản phẩm chiếu xạ cụ thể.

9.3 Việc hiệu chuẩn các liều kế phải được thực hiện theo các tiêu chuẩn quốc gia và phải tiến hành đều đặn theo chu kỳ quy định (xem chỉ dẫn E 1261).

Thư mục tài liệu tham khảo

- (1) Koch, H. W., and Motz, J. W., "Bremsstrahlung Cross-Section Formulas and Related Data," *Reviews of Modern Physics*, Vol 31, 1959, pp. 920-955.
- (2) Farrell, J. Paul, "High-Power Bremsstrahlung Sources for Radiation Sterilization," *Radiation Physics and Chemistry*, Vol 14, 1979, pp. 377-387.
- (3) Klevenhagen, S. C., *Physics of Electron Beam Therapy*, Medical Physics Handbooks 13, Adam Hilger Ltd., Boston, 1985.
- (4) Cleland, M. R., Thompson, C. C., Strelczyk, M., and Sloan, D. P., "Advances in X-Ray Processing Technology," *Radiation Physics and Chemistry*, Vol 35, Nos, 4-6, 1990, pp. 632-637.
- (5) Cleland, M. R., and Pageau, G. M., "Comparisons of X-Ray and Gamma-Ray Sources for Industrial Irradiation Processes," *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, B24/25, 1987, pp. 967-972.
- (6) Seltzer, S. M., Farrell, J. Paul, and Silverman, J., "Bremsstrahlung Beams from High-Power Electron Accelerators for Use in Radiation Processing," *IEEE. Transactions on Nuclear Science*, Vol NS-30, No. 2., 1983, pp. 1629-1633.
- (7) Rizzo, F. X., Galanter, L., and Krishnamurthy, K., "Tabulated Dose Distribution Data for Gamma Irradiator Design," BNL.50147 (T-518), Brookhaven National Laboratory, Upton, NY, 1969.
- (8) Urbain, Walter M., *Food Irradiation*, Academic Press, Inc., New York, 1986,
- (9) "Food Irradiation, A Technique for Preserving and Improving the Safety of Food," a World Health Organization Report, Geneva, 1988.
- (10) Josephson, E. S., and Peterson, M. S., Eds., *Preservation of Food by Ionizing Radiation*, Vols 1, 2, 3, CRC Press, Boca Raton, FL. 1983.
- (11) Chadwick, K. H., Ehlermann, D. A. E., and McLaughlin, W. L., "Manual of Food Irradiation Dosimetry," Technical Report Series No. 178, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1977.

- (12) "Codex General Standard for Irradiated Foods and Recommended Code of Practice for the Operation of Radiation Facilities Used for the Treatment of Foods," Joint FAO/WHO Food Standards Programme, *Codex Alimentarius Vol XV*, Ed, I, Food and Agriculture Organization, World Health Organization, Geneva, 1984.
- (13) "Food Irradiation Newsletter," Joint FAO/IAEA publication, Vienna, issued periodically.
- (14) McLaughlin, W. L., Boyd, A. W., Chadwick, K. H., McDonald, J. C., and Miller, A. *Dosimetry for Radiation Processing*, Taylor & Francis, New York, 1989.
- (15) Zagorski, Z. P., "Dependence of Depth-Dose Curves on the Energy Spectrum of 5 to 13 MeV Electron Beams," *Radiation Physics and Chemistry*, Vol 22, 1983, pp. 409-418.
- (16) Ehlermann, D. A. E., "Dose- Distribution and Methods for its Determination in Bulk Particular Food Materials," *Health Impact Identification, and Dosimetry of Irradiated Food*, Bogl, K. W Regulla, D. F., and Suess, M. J., Eds. a World Health Organization Report, Institut fur Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes, Munchen, 1988, pp. 415-419.
- (17) McLaughlin, W. L., Jarrett, Sr., R. D., and Olejnik, T. A., Chapter 8, "Dosimetry," *Preservation of Food by Ionizing Radiation*, Vol 1, CRC Press, Boca Raton, FL, 1983.
-