

TCVN

TIÊU CHUẨN VIỆT NAM

TCVN 7248 : 2003

ISO 15554 : 1998

TIÊU CHUẨN THỰC HÀNH ĐO LIỀU
ÁP DỤNG CHO THIẾT BỊ CHIẾU XẠ GAMMA
DÙNG ĐỂ XỬ LÝ THỰC PHẨM

Practice for dosimetry in gamma irradiation facilities for food processing

HÀ NỘI - 2003

Lời nói đầu

TCVN 7248 : 2003 hoàn toàn tương đương với ISO 15554 : 1998;

TCVN 7248 : 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 gamma dùng để xử lý thực phẩm

Practice for dosimetry in gamma irradiation facilities for food processing

1 Phạm vi áp dụng

1.1 Tiêu chuẩn thực hành này đưa ra các quy trình đo liều cần phải tuân theo khi xác định các đặc trưng của máy chiếu xạ, xác lập các đặc trưng của quá trình chiếu xạ và khi chiếu xạ thực phẩm hàng ngày nhằm đảm bảo rằng tất cả sản phẩm đều được xử lý trong dải liều hấp thụ đã được định trước. Các quy trình khác liên quan đến việc xác định đặc trưng của máy chiếu xạ, xác lập các đặc trưng của quá trình chiếu xạ thực phẩm và chiếu xạ thực phẩm hàng ngày có thể ảnh hưởng đến liều hấp thụ trong sản phẩm cũng được đề cập. Những thông tin về giới hạn liều có hiệu quả hoặc giới hạn liều theo luật định đối với các sản phẩm thực phẩm không nằm trong phạm vi của tiêu chuẩn thực hành này (xem hướng dẫn F 1 355 và F 1356).

Chú thích 1 – Phép đo liều chỉ là một bộ phận của chương trình đảm bảo chất lượng tổng hợp gắn liền với tiêu chuẩn thực hành sản xuất tốt được áp dụng trong sản xuất thực phẩm an toàn và không độc.

Chú thích 2 – Tiêu chuẩn thực hành E 1431 trình bày các quy trình đo liều đối với các thiết bị chiếu xạ chùm tia electron và bức xạ hãm (tia X) dùng để xử lý thực phẩm

1.2 Đối với việc lựa chọn, hiệu chuẩn và sử dụng các loại liều kế cụ thể cũng như việc xử lý kết quả về liều hấp thụ trong sản phẩm từ các phép đo liều, xem Hướng dẫn E 1261; Các tiêu chuẩn thực hành E 666, E 668, E 1206, E 1205, E 1275, E 1276, E 1310, và E 1401. Những thảo luận chi tiết về các phép đo liều đối với bức xạ gamma và tia X, xem báo cáo ICRU 14.

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

2 Tài liệu viện dẫn

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

E 275 Practice for Describing and Measuring Performance of Ultraviolet, Visible, and Near Infrared Spectrophotometers (Tiêu chuẩn thực hành mô tả về chất lượng của các phép đo sử dụng các máy quang phổ tử ngoại, nhìn thấy và hồng ngoại gần).

E 666 Practice for Calculating Absorbed Dose from Gamma or X Radiation (Tiêu chuẩn thực hành về tính toán liều hấp thụ của bức xạ gamma và tia X).

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 áp dụng các hệ đo liều nhiệt huỳnh quang (TLD) để xác định liều hấp thụ trong kiểm tra độ bền bức xạ của thiết bị điện tử].

E 925 Practice for the Periodic Calibration of Narrow Band - Pass Spectrophotometers (Tiêu chuẩn thực hành về thực hiện chuẩn định kỳ các máy quang phổ kế băng hẹp).

E 958 Practice for Measuring Practical Spectral Bandwidth of Ultraviolet - Visible Spectrophotometers (Tiêu chuẩn thực hành về các phép đo băng rộng đối với các máy quang phổ kế tử ngoại-nhìn thấy)

E 1026 Practice for Using the Fricke Reference Standard Dosimetry System (Tiêu chuẩn thực hành về cách sử dụng hệ liều kế Fricke).

E 1205 Practice for Use of a Ceric-Cerous Sulfate Dosimetry System (Tiêu chuẩn thực hành về cách sử dụng hệ liều kế sunphát Ceric-Cerious).

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

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

E 1276 Practice for Use of a Polymethylmethacrylate Dosimetry System (Tiêu chuẩn thực hành về cách sử dụng hệ liều kế Polymethylmethacrylate)

E 1310 Practice for Use of a Radiochromic Optical Waveguide Dosimetry System (Tiêu chuẩn thực hành về cách sử dụng hệ liều kế dò sóng quang học Radiochromic).

E 1400 Practice for Characterization and Performance of a High-Dose Gamma-Radiation Dosimetry Calibration. Laboratory (Tiêu chuẩn thực hành về việc xác định đặc trưng và chất lượng của một phòng thí nghiệm chuẩn liều cao đối với bức xạ gamma).

E 1401 Practice for Use of a Dichromate Dosimetry System (Tiêu chuẩn thực hành về cách sử dụng hệ liều kế Dichromate).

E 1431 Practice for Dosimetry in Electron Beam and Bremsstrahlung Irradiation Facilities for Food Processing (Tiêu chuẩn thực hành về đo liều lượng đối với các thiết bị chiếu xạ chùm electron và tia X dùng để chiếu xạ thực phẩm).

E 1538 Practice for Use of an Ethanol-Chlorobenzene Dosimetry System (Tiêu chuẩn thực hành về cách sử dụng hệ liều kế Ethanol - Chlorobenzene).

E 1539 Guide for the Use of Radiation-Sensitive Indicators (Hướng dẫn về cách sử dụng liều kế chỉ thị nhạy bức xạ).

E 1540 Practice for the Use of a Radiochromic Liquid Dosimetry System (Tiêu chuẩn thực hành về cách sử dụng các hệ liều kế lỏng Radiochromic).

F 1355 Guide for the Irradiation of Fresh Fruits for Insect Disinfestation as a Quarantine Treatment (Hướng dẫn ứng dụng phương pháp chiếu xạ hoa quả tươi diệt côn trùng, sâu bọ như là một phương pháp kiểm dịch).

F 1356 Guide for the Irradiation of Fresh and Frozen Red Meats and Poultry (to Control Pathogens) [Hướng dẫn về việc ứng dụng phương pháp chiếu xạ các loại thịt tươi sống và đông lạnh thịt gia cầm (để diệt các ký sinh trùng gây bệnh)].

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

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

CAC Vol XV (1984): Codex General Standard for Irradiated Foods and Recommended International Code of Practice for the Operation of Radiation Facilities Used for the Treatment of Foods [(CAC tập XV (1984): Bộ tiêu chuẩn chung của Codex về thực phẩm chiếu xạ và qui phạm quốc tế được khuyến cáo về vận hành các thiết bị chiếu xạ xử lý thực phẩm)].

3 Thuật ngữ

3.1 Định nghĩa: Các thuật ngữ khác được dùng trong tiêu chuẩn này, ngoài các thuật ngữ trong 3.1.1 và 3.1.2 được xác định trong hệ thống thuật ngữ E 170 và trong báo cáo 33 của ICRU.

3.1.1 Liều hấp thụ (Absorbed dose), D : là tỉ số giữa $d(e)$ và dm , trong đó $d(e)$ là năng lượng trung bình mà bức xạ ion hoá truyền cho phần vật chất có khối lượng là dm (xem báo cáo ICRU 33).

$$D = d(e)/dm$$

Đơn vị đo liều hấp thụ là gray (Gy): $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$

Trước đây, đơn vị đo liều hấp thụ là rad: $1 \text{ rad} = 10^{-2} \text{ J/kg} = 10^{-2} \text{ Gy}$

3.1.2 Xác định phân bố liều hấp thụ (Absorbed - dose mapping): là phép đo sự phân bố liều hấp thụ trong một đơn vị chiếu xạ bằng cách dùng các liều kế bố trí tại các vị trí khác nhau trong đơn vị chiếu xạ.

3.2 Diễn giải các thuật ngữ được sử dụng trong tiêu chuẩn này

3.2.1 Vật liệu thế (Compensating dummy): là vật liệu có mật độ và các đặc tính làm yếu bức xạ giống như của sản phẩm được chiếu xạ. Nó được dùng trong các quá trình chiếu xạ thường qui để bố trí bù vào những chỗ không có sản phẩm của các đơn vị chiếu xạ không được nạp đầy hoặc bù vào lúc đầu và cuối của một chu trình chiếu xạ. Vật liệu thế cũng có thể được xem là sản phẩm tương tự.

3.2.2 Thời gian chiếu xạ (Irradiation time): là tổng thời gian mà một đơn vị chiếu xạ được chiếu xạ.

3.2.3 Đơn vị chiếu xạ (Irradiation unit): là một hoặc nhiều thùng chứa sản phẩm được xếp thành một khối để đưa qua nguồn chiếu xạ, thí dụ như hộp, thùng, kệ hàng hoặc giá treo. Thuật ngữ này không dùng cho loại thiết bị xử lý sản phẩm theo dòng chảy rời.

3.2.4 Liều kế chuẩn chuẩn đầu (Primary standard dosimeter): là liều kế có chất lượng cao nhất trong lĩnh vực đo liều bức xạ và được công nhận như là một chuẩn quốc gia hoặc quốc tế.

3.2.5 Chu trình chiếu xạ (Production run): là một chuỗi các đơn vị chiếu xạ chứa các sản phẩm thực phẩm giống nhau được chiếu xạ liên tiếp với liều hấp thụ như nhau.

3.2.6 Liều kế chuẩn đối chứng (Reference standard dosimeter): là liều kế chất lượng cao nhất, sẵn có tại thiết bị mà đã được chuẩn so sánh với liều kế chuẩn cấp quốc gia.

3.2.7 Liều kế thường qui (Routine dosimeter): là liều kế được hiệu chuẩn theo liều kế chuẩn đầu hoặc liều kế chuẩn đối chứng hoặc liều kế truyền chuẩn và được dùng hàng ngày để thực hiện các phép đo liều khi chiếu xạ các sản phẩm.

3.2.8 Sản phẩm tương tự (Simulated product): là vật liệu có mật độ và các đặc tính làm yếu đối với bức xạ gần như của các thực phẩm được chiếu xạ. Nó được dùng để thay thế các sản phẩm thực tế trong khi xác định các đặc trưng của máy chiếu xạ.

3.2.9 Liều kế truyền chuẩn (Transfer standard dosimeter): là liều kế ở dạng bền và ổn định, được dùng trong phòng thí nghiệm hiệu chuẩn quốc gia như là phương tiện trung gian để so sánh suất liều hấp thụ trong các môi trường bức xạ và kiểm tra việc hiệu chuẩn của các liều kế thường qui.

4 Đặc điểm và ứng dụng

4.1 Các sản phẩm thực phẩm có thể được xử lý bằng bức xạ ion hoá như tia gamma phát ra từ các nguồn ^{60}Co hoặc ^{137}Cs nhằm mục đích kiểm soát các ký sinh trùng gây bệnh, côn trùng, hạn chế sự phát triển và hạn chế quá trình chín, kéo dài thời gian bảo quản. Đặc trưng kỹ thuật của chiếu xạ thực phẩm thường bao gồm hai giá trị giới hạn liều hấp thụ. Đối với một ứng dụng cụ thể, một trong hai giá trị này có thể được qui định bởi các qui phạm pháp luật dựa trên các số liệu khoa học đã có. Do đó, cần phải xác định khả năng của thiết bị xử lý chiếu xạ trong các giới hạn liều hấp thụ này trước khi thực hiện chiếu xạ các sản phẩm thực phẩm. Một khi khả năng này được xác lập, cần phải thường xuyên đo, kiểm tra và ghi lại giá trị liều hấp thụ đó trong mỗi chu trình chiếu xạ để xác nhận sự phù hợp với các đặc trưng kỹ thuật của quá trình với độ tin cậy đã định trước.

Chú thích 3 – Ủy ban thực phẩm Codex dùng thuật ngữ "tổng liều hấp thụ trung bình" trong việc thảo luận các khái niệm phổ biến như tính lạnh của thực phẩm được chiếu xạ với tổng liều hấp thụ trung bình nhỏ hơn 10 kGy. Tuy nhiên, tổng liều hấp thụ trung bình sẽ không được dùng để thay thế cho liều hấp thụ cực đại và cực tiểu đối với mỗi ứng dụng cụ thể. CAC khẳng định điều này trong tuyên bố của CAC/RCP19-1979, Phụ lục A: "Thiết kế của thiết bị và các thông số vận hành cần phải tính đến các giá trị liều cực đại và cực tiểu mà quá trình yêu cầu".

4.2 Một vài sản phẩm thực phẩm được xử lý ở trạng thái lạnh hoặc đông lạnh. Do vậy, cần phải khẳng định rằng các liều kế được dùng để kiểm tra thường qui có khả năng dùng được ở nhiệt độ thấp và nhiệt độ của liều kế trong khi chiếu xạ phải ổn định để cho phép hiệu chỉnh hiệu ứng nhiệt độ đến độ nhạy liều.

4.3 Các thảo luận chi tiết hơn đối với việc xử lý bức xạ, xem các hướng dẫn F 1355 và F 1356 và tài liệu tham khảo 1 - 10.

5 Các đặc trưng của nguồn bức xạ

5.1 Nguồn bức xạ được sử dụng trong thiết bị chiếu xạ được nêu trong tiêu chuẩn này được cấu tạo từ các phần tử hình que hàn kín (dạng que hoặc dạng thỏi bút chì) của các đồng vị ^{60}Co hoặc ^{137}Cs được xếp trong một hoặc nhiều bản nguồn phẳng hoặc theo dạng mặt trụ.

5.2 ^{60}Co phát ra các photon có năng lượng xấp xỉ 1,17 MeV và 1,33 MeV với tỉ lệ bằng nhau. ^{137}Cs phát ra các photon có năng lượng xấp xỉ 0,662 MeV (11).

5.3 Chu kỳ bán rã của ^{60}Co là xấp xỉ 5,27 năm và của ^{137}Cs là 30,2 năm (11).

6 Phân loại các thiết bị chiếu xạ

6.1 Các thiết bị chiếu xạ thực phẩm có thể được phân loại theo kiểu máy chiếu xạ (thí dụ loại xử lý theo côngtenno hoặc xử lý theo dòng chảy rời), theo hệ vận chuyển hàng (thí dụ dừng vị trí đều đặn hoặc chạy liên tục) và theo kiểu vận hành (thí dụ, theo mẻ hoặc liên tục). Các sản phẩm thực phẩm có thể di chuyển đến vị trí chiếu xạ hoặc khi nguồn đang ở vị trí bảo quản (theo chế độ xử lý theo mẻ) hoặc khi nguồn đang chiếu (ở chế độ liên tục). Các sản phẩm thực phẩm có thể được di chuyển đi qua nguồn với vận tốc đều (theo băng tải chạy liên tục) hoặc di chuyển vị trí bằng việc điều khiển thời gian dừng (dừng vị trí đều đặn). Đối với các máy chiếu xạ gồm các nguồn bố trí thành dạng tấm hình chữ nhật thì các đơn vị chiếu xạ thường phải đi qua mỗi bên nguồn một hoặc hai lần. Các đơn vị chiếu xạ có thể đi qua nguồn dạng tấm hình chữ nhật với một cấu hình sao cho nguồn chiếu xạ hoàn toàn bao phủ hết đơn vị chiếu xạ hoặc là các đơn vị chiếu xạ bao phủ nguồn. Trong cấu hình sau cùng, đơn vị chiếu xạ dịch chuyển đi qua nguồn ở một hoặc nhiều mức khác nhau. Trong các thiết bị chiếu xạ sản phẩm theo dòng chảy rời, các sản phẩm như luống ngũ cốc hoặc bột mì ở dạng rời chạy qua nguồn.

6.2 Vì tốc độ của hệ vận chuyển sản phẩm bị giới hạn về mặt cơ học nên các kỹ thuật khác nhau được sử dụng để giảm suất liều hấp thụ đối với các ứng dụng cần liều thấp. Các kỹ thuật này bao gồm sử dụng chỉ một phần nguồn, hoặc sử dụng chất làm yếu để che chắn hoặc chiếu xạ ở cách xa nguồn hơn.

6.3 Các đặc điểm thiết kế của một máy chiếu xạ cụ thể có ảnh hưởng đến phân bố liều xạ trong sản phẩm. Do vậy, chúng cần được quan tâm khi thực hiện các phép đo liều hấp thụ được yêu cầu trong điều 8, điều 9 và điều 10.

7 Các hệ đo liều (xem hướng dẫn E 1261, các tiêu chuẩn thực hành E 1206, E 1205, E 1275, E 1276, E 1310, E 1401, E 1538 và E 1540)

7.1 Các loại liều kế và ứng dụng

7.1.1 Liều kế chuẩn hoặc liều kế truyền chuẩn được dùng để chuẩn các trường bức xạ (môi trường) và các liều kế dùng trong các quá trình chiếu xạ thường qui. Các liều kế chuẩn hoặc liều kế truyền chuẩn cũng có thể được dùng với mục đích giống như các liều kế đo thường qui. Các liều kế chuẩn và liều kế truyền chuẩn được chuẩn theo các chuẩn quốc gia.

7.1.2 Các liều kế thường qui được dùng để kiểm tra và để đảm bảo chất lượng trong xử lý chiếu xạ thực phẩm. Chúng được hiệu chuẩn theo liều kế chuẩn đầu, hoặc liều kế đối chứng hoặc liều kế truyền chuẩn.

7.2 Chuẩn cứ về mặt kỹ thuật và vận hành đối với việc lựa chọn các hệ đo liều được nêu trong Hướng dẫn E 1261.

7.3 Phương pháp hiệu chuẩn các hệ đo liều

7.3.1 Trước khi sử dụng, các hệ liều kế thường qui cần phải được hiệu chuẩn theo qui trình đã được xác định từng bước một cách chi tiết phù hợp với các yêu cầu về đảm bảo chất lượng. Ngoài ra, qui trình chuẩn này phải được định kỳ thực hiện lặp lại để đảm bảo rằng độ chính xác của các phép đo liều hấp thụ được duy trì trong các giới hạn yêu cầu.

7.3.2 Các thiết bị dùng để phân tích kết quả từ các liều kế phải được định kỳ hiệu chuẩn lại bằng cách sử dụng các chuẩn thích hợp được so sánh với chuẩn quốc gia. Thí dụ: nếu thiết bị đo độ hấp thụ quang (máy quang phổ kế, máy đo mật độ quang) được sử dụng thì phải dùng các chuẩn thích hợp để kiểm tra, xác nhận độ chính xác của độ hấp thụ quang và bước sóng đã định. Xem các tiêu chuẩn thực hành E 275, E 295, và E 958.

7.3.3 Mỗi lô liều kế phải được hiệu chuẩn ở thiết bị chiếu xạ có suất liều đã chuẩn theo chuẩn quốc gia. Các thiết bị chiếu xạ này phải đáp ứng các yêu cầu được quy định trong tiêu chuẩn thực hành E 1400. Ngoài ra, mỗi lô liều kế có thể được hiệu chuẩn theo liều kế chuẩn đối chứng hoặc liều kế truyền chuẩn (xem 7.1.1) trong các điều kiện hoạt động thực tế của thiết bị chiếu xạ.

8 Xác định các đặc trưng của thiết bị

8.1 **Hồ sơ tài liệu về thiết bị** : Xây dựng và lập hồ sơ tài liệu về các đặc tính kỹ thuật của máy chiếu xạ nhằm chứng minh rằng máy chiếu xạ khi hoạt động trong các giới hạn đã định sẽ chắc chắn tạo được sự phân bố liều hấp thụ trong sản phẩm sao cho phù hợp với các đặc tính kỹ thuật đã định trước.

Hồ sơ tài liệu phải bao gồm những mô tả đặc trưng của thiết bị và dụng cụ đo dùng để bảo đảm tính lặp lại trong phạm vi các giới hạn đã định trước đối với một cấu hình bố trí giữa nguồn và sản phẩm và của thời gian sản phẩm được chiếu xạ tại các vị trí khác nhau trong buồng chiếu xạ (12).

8.2 **Kiểm tra thiết bị** : Kiểm tra tất cả thiết bị và dụng cụ mà chúng có thể ảnh hưởng đến liều hấp thụ nhằm xác nhận sự hoạt động của máy chiếu xạ nằm trong các đặc tính kỹ thuật của thiết kế.

8.3 **Hiệu chuẩn thiết bị** : Thực hiện một chương trình hiệu chuẩn được vạch sẵn nhằm đảm bảo rằng tất cả các thiết bị và dụng cụ có thể ảnh hưởng đến liều hấp thụ đều đã được hiệu chuẩn trong giới hạn đã định.

8.4 **Xác định đặc trưng của máy chiếu xạ** : Xác định tính năng hoạt động của máy chiếu xạ về khả năng tạo ra liều hấp thụ trong sản phẩm trước khi thực hiện quá trình xử lý chiếu xạ thường qui.

8.4.1 Liều hấp thụ nhận được bởi bất kỳ một phần nào đó của sản phẩm chiếu xạ, phụ thuộc vào các thông số của thiết bị như: hoạt độ và cấu hình của máy và phụ thuộc vào các thông số của quá trình như: khoảng cách từ nguồn tới sản phẩm, thời gian chiếu xạ, thành phần, mật độ và cấu hình của sản phẩm.

8.4.2 Suất liều hấp thụ và phân bố liều hấp thụ trong sản phẩm sẽ thay đổi khi các đơn vị chiếu xạ chuyển dịch. Do đó, sự xác định trực tiếp theo tỉ lệ từ liều hấp thụ này sang liều hấp thụ khác dựa vào thời gian chiếu xạ có thể sẽ không có giá trị và hiệu ứng này sẽ được đề cập trong khi xác định đặc tính quá trình (điều 9).

8.4.3 Để đảm bảo phần sản phẩm ở gần nguồn được xử lý nằm trong giới hạn đã được xác định, thì những thay đổi về liều hấp thụ gây nên bởi sự chuyển động của nguồn từ vị trí bảo quản tới vị trí chiếu xạ và ngược lại phải được quan tâm và đánh giá.

8.4.4 Quá trình xác định đặc trưng máy chiếu xạ bao gồm xác định dạng phân bố liều hấp thụ trong các đơn vị chiếu xạ tương tự hoặc đơn vị chiếu xạ thực. Những tính toán lý thuyết về suất liều hấp thụ và phân bố liều hấp thụ ở các vị trí khác nhau trong đơn vị chiếu xạ có thể được dùng để xác định số lượng liều kế và vị trí đặt các liều kế cần thiết cho quá trình đo phân bố liều. Số liệu đo liều từ những máy chiếu xạ có đặc trưng thiết kế như nhau cũng có thể là những thông tin có ích cho quá trình xác định các đặc trưng này.

Chú thích 4 – Các tính toán lý thuyết có thể được thực hiện bằng phương pháp Monte Carlo (13) hoặc phương pháp điểm - kernel(14). Trong phương pháp điểm - kernel, nguồn chiếu xạ được coi là các nguồn điểm vi phân đẳng hướng khác nhau. Tổng liều hấp thụ ở mỗi điểm đo liều nhận được bằng tổng đóng góp liều hấp thụ từ các nguồn điểm đẳng hướng. Liều hấp thụ tại 1 điểm đo liều phụ thuộc chủ yếu vào năng lượng bức xạ gama và thành phần (mật độ và chiều dày) của vật liệu đặt giữa nguồn điểm và điểm đo liều (thí dụ, vật liệu vỏ bọc nguồn, các đơn vị chiếu xạ khác, và vật liệu vỏ giá treo). Trong phương pháp Monte Carlo, tổng liều hấp thụ tại một điểm đo liều được xác định từ sự phân bố năng lượng ở tại điểm đó bằng mô hình quỹ đạo photon và điện tử qua môi trường hấp thụ. Để nhận được đại diện thống kê tốt về tương tác của chúng (thí dụ, tán xạ hoặc hấp thụ) trong vật chất, các đường đi với số lượng đủ lớn của các photon và các điện tử cho tới điểm đo liều cần phải được xem xét và tính toán. Giống như phương pháp điểm - kernel, phương pháp Monte Carlo đòi hỏi phải biết tất cả các vật liệu giữa nguồn và điểm đo liều.

8.4.4.1 Xác định trường phân bố liều hấp thụ bằng cách bố trí các liều kế trong toàn bộ đơn vị chiếu xạ thực hoặc tương tự theo không gian 3 chiều. Nên lựa chọn cách bố trí liều kế để có khả năng xác định tin cậy nhất vị trí liều hấp thụ cực đại và cực tiểu (xem hình 1). Đặt nhiều liều kế ở các vị trí này và ít liều kế hơn ở các vị trí có khả năng nhận được liều hấp thụ trung gian. Thông tin sâu hơn về việc sử dụng và bố trí liều kế, xem thêm các tài liệu tham khảo 3, 15, 16 và 17.

8.4.4.2 Đối với một thời gian chiếu xạ hoặc thời gian dùng vị trí định trước thì sự tăng mật độ sản phẩm nói chung sẽ dẫn đến làm giảm liều hấp thụ cực tiểu. Liều hấp thụ cực đại có thể không thay đổi đáng kể hoặc có thể giảm, nhưng mức độ giảm ít hơn liều hấp thụ cực tiểu, do đó tỉ số đồng đều về liều sẽ tăng.

8.4.5 Những thay đổi về hoạt độ của nguồn, cấu hình của nguồn hoặc của hệ thống vận chuyển hàng có thể ảnh hưởng đến phân bố liều hấp thụ. Nếu như có những sự thay đổi như vậy thì cần phải lập lại qui trình xác định các đặc trưng của máy chiếu xạ như ở 8.4.4, chú ý tới các phép đo tại những nơi có thể đạt liều hấp thụ cực đại và cực tiểu.

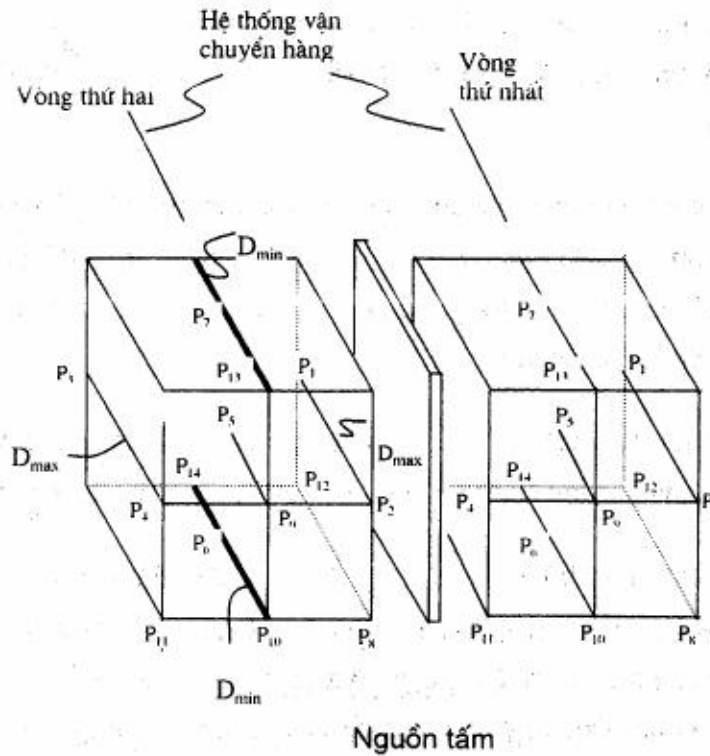
8.4.6 Việc sử dụng các kết quả xác định các đặc trưng máy chiếu xạ như là những chỉ dẫn về cách bố trí các liều kế trong quá trình xác lập các đặc trưng của quá trình chiếu xạ sẽ được nêu ra trong điều 9.

8.4.7 Qui trình đo trường phân bố liều hấp thụ được mô tả trong điều này không áp dụng được với thiết bị chiếu xạ sản phẩm theo dòng chảy rời. Trong các trường hợp như vậy, liều hấp thụ cực tiểu và cực đại cần được đánh giá bằng cách dùng một số thích hợp các liều kế trộn lẫn một cách ngẫu nhiên với sản phẩm và cùng đi qua vùng chiếu xạ với sản phẩm. Các phương pháp tính toán bằng lý thuyết cũng có thể được lựa chọn (4,7).

9 Xác lập các đặc tính của quá trình chiếu xạ

9.1 Các thông số quá trình

9.1.1 Liều hấp thụ yêu cầu đối với mỗi loại sản phẩm được xử lý tại thiết bị chiếu xạ phải được biết trước. Các thông số quá trình yêu cầu để đạt được liều hấp thụ nằm trong giới hạn đã định được xác định từ việc khảo sát về phân bố liều hấp thụ trong sản phẩm (xem 9.2).



Hình 1 – Thí dụ về xác định vị trí liều cực tiểu và liều cực đại trong sản phẩm điển hình

Chú ý – Các thùng khối chữ nhật đi 2 vòng, mỗi vòng đi qua một bên nguồn gamma phẳng cố định. Vùng liều min và max sau vòng thứ hai biểu thị bằng đường gạch. Vị trí các liều kể theo khuyến cáo khi xác định đặc tính nguồn chiếu xạ được biểu thị bằng Ps.

9.1.2 Các giới hạn liều hấp thụ cực đại và cực tiểu sẽ xác định giới hạn trên của tỉ số đồng đều về liều trong sản phẩm. Đôi khi, cần phải thực hiện một số biện pháp để cải thiện độ đồng đều của liều hấp thụ. Trong một số thiết bị, điều này có thể thực hiện được bằng cách mở rộng nguồn đến tận các vùng biên của đơn vị chiếu xạ, hoặc cho các đơn vị chiếu xạ dịch chuyển qua nguồn ở các mức khác nhau. Những phương pháp khác để cải thiện sự đồng đều về liều hấp thụ có thể bao gồm cách bố trí các phần tử nguồn sao cho chúng có hoạt độ lớn hơn ở vùng biên và gần biên, hoặc bằng cách dùng chất làm yếu, thực hiện chiếu xạ từ 4 mặt, quay tròn đơn vị chiếu xạ trong khi chiếu, tăng khoảng cách từ nguồn tới sản phẩm và giảm chiều dày sản phẩm. Trong trường hợp nguồn chiếu xạ theo dòng chảy rời, độ đồng đều liều hấp thụ có thể được cải thiện bằng cách bố trí các vách ngăn để điều khiển dòng chảy của sản phẩm qua vùng chiếu xạ.

9.2 Đo phân bố liều hấp thụ trong sản phẩm

9.2.1 Đo khảo sát phân bố liều trong mỗi loại sản phẩm và cấu hình nhằm xác định vùng có liều hấp thụ cực đại và cực tiểu trong đơn vị chiếu xạ (1, 7, 16, 18). Hơn nữa, nhằm xác định các vị trí để bố trí liều kế đo thường qui trong các chu trình chiếu xạ (xem 9.2.3).

Chú thích 5 – Các tính toán lý thuyết hoặc số liệu đo lường nhận được đối với sản phẩm giống nhau và có cấu hình giống nhau có thể hữu ích trong việc xác định số lượng và vị trí đặt các liều kế (xem 8.4.4).

9.2.1.1 Trong một đơn vị chiếu xạ có các chỗ trống hoặc với sản phẩm không đồng nhất, việc xác định trường phân bố liều phải bao gồm sự bố trí các liều kế tại các vị trí mà ở đó sự gián đoạn về thành phần hoặc mật độ chất có thể gây ảnh hưởng đến vùng có liều hấp thụ cực tiểu và cực đại.

9.2.1.2 Số lượng các đơn vị chiếu xạ được chọn để đo phân bố liều phải đủ để xác định được mức độ biến thiên của phân bố liều hấp thụ trong các đơn vị chiếu xạ.

9.2.2 Các phép đo phân bố liều hấp thụ (xem 9.2.1) phải được thực hiện mỗi khi các đặc trưng của máy chiếu xạ cho thấy có sự thay đổi đáng kể về phân bố liều hấp thụ (xem 8.4.5). Chuẩn cứ để xác định khi nào có sự thay đổi đáng kể phải được thiết lập và công bố bằng văn bản.

9.2.3 Vị trí liều đối chứng : Từ các kết quả đo phân bố liều, xác lập được mối quan hệ giữa liều hấp thụ ở vị trí đo đối chứng với vị trí liều cực đại hoặc cực tiểu. Mối quan hệ này rất có ích cho việc bố trí liều kế trong xử lý chiếu xạ thường qui khi không thể đặt được liều kế vào đúng vị trí liều hấp thụ cực tiểu hoặc cực đại. Mối quan hệ này phải có tính lặp lại và phải được ghi rõ bằng văn bản.

9.2.4 Các thực phẩm lạnh hoặc đông lạnh : Việc đo trường phân bố liều có thể được thực hiện với sản phẩm tương tự ở nhiệt độ phòng. Điều này đòi hỏi rằng sẽ không có sự thay đổi của một thông số bất kỳ nào (ngoài trừ nhiệt độ) có thể ảnh hưởng đến liều hấp thụ trong khi xử lý các thực phẩm lạnh hoặc đông lạnh.

9.2.5 Các thiết bị chiếu xạ theo dòng chảy rời : Đối với các thiết bị chiếu xạ theo dòng chảy rời việc đo phân bố liều hấp thụ như mô tả trong 9.2.1 là không khả thi. Trong trường hợp này, liều hấp thụ cực đại và cực tiểu sẽ được đánh giá bằng việc dùng một số liều kế thích hợp trộn ngẫu nhiên với sản phẩm và được sản phẩm mang vào vùng chiếu xạ (4). Số liều kế phải đủ để nhận được kết quả thống kê có ý nghĩa. Các tính toán liều hấp thụ cực tiểu và cực đại cũng có thể là phương pháp lựa chọn hợp lý (4, 7).

9.2.6 Nếu việc khảo sát đo trường liều nêu ở 9.2.1 cho thấy rằng tỉ số đồng đều liều của sản phẩm là quá lớn, thí dụ lớn hơn tỉ số giữa giới hạn liều hấp thụ cực đại và cực tiểu quy định bởi luật thì phải thay đổi thông số xử lý thích hợp nhằm giảm nhỏ tỉ số đồng đều về liều đến giá trị chấp nhận được (xem 9.1.2). Có thể cần phải thiết kế lại các đơn vị chiếu xạ, nếu bằng cách thay đổi các thông số quá trình mà vẫn không đạt được giá trị chấp nhận được của tỉ số đồng đều về liều. Nếu những thay đổi như vậy được thực hiện thì phải lập lại qui trình đo phân bố liều (xem 9.2.1).

9.2.7 Sự thay đổi thông số quá trình (thí dụ thành phần sản phẩm hoặc mật độ) có thể ảnh hưởng đến vị trí hoặc độ lớn liều hấp thụ cực đại và cực tiểu đã định. Nếu xảy ra một sự thay đổi có ảnh hưởng đến các vị trí và độ lớn của liều cực đại và cực tiểu thì phải đo lại trường phân bố liều để xác định rõ hiệu

ứng thay đổi đó. Các số liệu về liều nhận được trong khi khảo sát xác định các đặc trưng nguồn chiếu xạ phải được sử dụng như là những chỉ dẫn trong việc định ra quy mô của những phép đo khảo sát sự phân bố liều.

10 Quá trình chiếu xạ hàng ngày

10.1 Bằng cách thực hiện đúng qui trình đo liều, kết hợp với việc kiểm tra thống kê và ghi chép đầy đủ nhằm bảo đảm rằng sản phẩm chiếu xạ sẽ nhận được liều theo yêu cầu. Các thủ tục này liên quan đến việc sử dụng và thực hiện các phép đo liều thường qui tại nhà máy như mô tả ở các mục sau đây

10.1.1 Vị trí đặt liều kế: Bố trí các liều kế bên trong hoặc ở trên số đơn vị chiếu xạ được lựa chọn, tại những vị trí liều hấp thụ cực đại và cực tiểu đã được xác định (xem 9.2.1) hoặc tại các vị trí đo đối chứng như được mô tả trong 9.2.3 (xem 10.1.2).

10.1.2 Tần suất đặt liều kế : Đặt các liều kế như được mô tả trong 10.1.1. ở gần đầu, gần giữa và gần cuối của chu trình chiếu xạ. Để kiểm soát chu trình kiểm soát kéo dài (hơn 16 h) cần phải sử dụng liều kế bổ sung sao cho liều hấp thụ được kiểm soát ít nhất 8 giờ 1 lần. Khi hoạt động theo mẻ, thì cách đặt liều kế theo như mô tả trong 10.1.1 ít nhất cho 1 đơn vị chiếu xạ đối với mỗi loại sản phẩm.

Chú thích 6 – Tần suất đặt liều kế nhiều hơn trong chu trình chiếu xạ nếu xảy ra các sai hỏng thiết bị hay vận hành.

10.1.3 Các đơn vị chiếu xạ ở đầu và cuối : Các đơn vị đầu tiên hoặc cuối cùng trong một chuỗi liên tục các đơn vị chiếu xạ, chúng có thể nhận được phân bố liều khác với các đơn vị sản phẩm khác. Nếu số liệu đo liều trước đó chỉ ra có sự phân bố liều không thể chấp nhận được đối với các đơn vị chiếu xạ đầu và cuối thì cần bố trí các vật liệu thể thêm vào cạnh những đơn vị đầu và cuối để phân bố liều của chúng chấp nhận được.

10.1.4 Đơn vị sản phẩm chất đầy một phần : Nếu cần phải chiếu xạ các đơn vị chỉ chất đầy một phần thì cũng phải thực hiện các thủ tục đo phân bố liều và liều, tương tự như với các đơn vị chiếu xạ được nạp đầy hoàn toàn. Thực hiện qui trình đo trường liều như 9.2.1 để bảo đảm rằng phân bố liều trong sản phẩm đã được xác lập thoả đáng. Trong một số trường hợp, những thay đổi phân bố liều xuất hiện do đơn vị chiếu xạ chỉ nạp đầy một phần, thì có thể được giảm bớt hoặc có thể chấp nhận bằng cách dùng các vật liệu thể thêm vào chỗ thiếu trong các đơn vị chiếu xạ.

10.1.5 Ảnh hưởng của môi trường : Sự thay đổi của môi trường (ví dụ: nhiệt độ, độ ẩm) của liều kế trong quá trình chiếu xạ có thể ảnh hưởng đến độ nhạy của nó. Nếu cần thì phải hiệu chỉnh độ nhạy của liều kế đối với hiệu ứng đó. Cũng cần phải thận trọng khi sử dụng và bảo quản liều kế trước và sau khi

chiếu xạ (xem hướng dẫn E 1261 và các tiêu chuẩn thực hành đối với các hệ đo liều riêng biệt được liệt kê ở 2.1).

10.1.6 Các thực phẩm lạnh hoặc đông lạnh : Nếu độ nhạy của liều kế được dùng để đo kiểm tra quá trình chiếu xạ thường qui phụ thuộc vào nhiệt độ thì phải chú ý xác định nhiệt độ của liều kế trong khi chiếu xạ các sản phẩm thực phẩm lạnh hoặc đông lạnh và áp dụng phép hiệu chỉnh nhiệt độ thích hợp. Các liều kế có độ nhạy phụ thuộc lớn vào nhiệt độ không nên bố trí ở vị trí có độ chênh nhiệt độ lớn. (Xem hướng dẫn E1261 và các tiêu chuẩn thực hành đối với các hệ đo liều riêng biệt được liệt kê ở 2.1).

10.1.7 Thiết bị chiếu xạ theo dòng chảy rời: Đối với một số nguồn chiếu xạ theo dòng chảy rời (thí dụ như xử lý chất lỏng hoặc ngũ cốc), việc bố trí các liều kế tại vị trí có liều cực tiểu và cực đại là không khả thi khi thực hiện xử lý chiếu xạ thường qui, mà chỉ có thể bổ sung một số liều kế thích hợp vào dòng sản phẩm ở đoạn đầu, giữa, và gần cuối một chu trình chiếu xạ. Mỗi bộ các phép đo liều đòi hỏi một số lượng liều kế đủ lớn để đảm bảo nhận được các giá trị liều hấp thụ cực đại và cực tiểu với độ tin cậy nhất định. Qui trình này đòi hỏi rằng các liều kế phải chảy cùng một cách, cùng tốc độ như các sản phẩm để đảm bảo rằng thời gian chiếu xạ của liều kế là giống như sản phẩm. Xem thí dụ ở tài liệu tham khảo 19.

10.2 Các chỉ thị nhạy bức xạ (xem hướng dẫn E 1539) có thể được sử dụng cho một số mức liều hấp thụ. Việc sử dụng chỉ thị nhạy bức xạ không thay thế mà cũng không bổ sung cho qui trình đo liều mô tả ở 10.1

11 Chứng nhận

11.1 Lưu trữ hồ sơ

11.1.1 Hồ sơ kiểm soát chiếu xạ

11.1.1.1 Ghi chép và lập hồ sơ tất cả các số đo về liều trong quá trình xác định đặc trưng của máy chiếu xạ, phân bố liều hấp thụ trong sản phẩm và quá trình chiếu xạ thường qui. Bao gồm ngày tháng, thời gian, loại sản phẩm, sơ đồ nạp hàng và liều hấp thụ đối với tất cả các sản phẩm được chiếu xạ (xem hướng dẫn E 1261).

11.1.1.2 Ghi chép các thông số quá trình (xem 9.1) có ảnh hưởng đến liều hấp thụ cùng với những thông tin thích hợp giúp phân biệt được các thông số này với các mẻ sản phẩm hoặc các chu trình chiếu xạ cụ thể.

11.1.1.3 Ghi chép hoặc tham khảo về phương pháp hiệu chuẩn và bảo dưỡng thiết bị và dụng cụ được dùng để kiểm tra và đo liều hấp thụ trong sản phẩm (xem hướng dẫn E1261)

11.1.2 Nhật ký thiết bị

11.1.2.1 Đảm bảo rằng mỗi lô sản phẩm chiếu xạ có dấu hiệu để phân biệt với tất cả các lô khác chưa chiếu xạ. Các dấu hiệu này phải được dùng cho tất cả các tài liệu của lô.

11.1.2.2 Ghi ngày sản phẩm được xử lý và thời gian bắt đầu và kết thúc chiếu xạ. Ghi tên người vận hành, cũng như các tình trạng đặc biệt của máy chiếu xạ hoặc thiết bị có thể ảnh hưởng đến liều hấp thụ của sản phẩm.

11.2 Kiểm tra và phê chuẩn

11.2.1 Đối với một chu trình chiếu xạ, theo chương trình bảo đảm chất lượng đã được xác lập phải xác nhận giá trị liều hấp thụ trong sản phẩm. Sự xác nhận này phải được thực hiện bởi người có thẩm quyền đã được ghi trong chương trình bảo đảm chất lượng.

11.2.2 Định kỳ thực hiện việc kiểm tra tất cả các tài liệu văn bản đảm bảo rằng các hồ sơ là chính xác và đầy đủ. Nếu có thiếu sót thì phải hiệu chỉnh.

11.3 Lưu trữ hồ sơ

11.3.1 Lập các bộ hồ sơ về tất cả các thông tin gắn liền với mỗi chu trình chiếu xạ (các bản sao hồ sơ kèm theo, giấy chứng nhận chiếu xạ và hồ sơ vận hành chiếu xạ, xem 11.1.1).

11.3.2 Lưu giữ các hồ sơ tài liệu tại cơ sở chiếu xạ và sẵn sàng cho công tác thanh tra khi cần thiết. Lưu giữ các tài liệu trong khoảng thời gian được qui định bởi cơ quan có thẩm quyền liên quan.

12 Sai số thống kê và sai số hệ thống

12.1 Các hồ sơ lưu và các báo cáo phải bao gồm cả những đánh giá về sai số của các phép đo liều hấp thụ gồm sai số thống kê và sai số hệ thống với một mức độ tin cậy xác định (xem hướng dẫn E 1261).

12.2 Mức sai số được chấp nhận phải tính đến các yêu cầu theo luật định và các yêu cầu về mặt thương mại đối với từng sản phẩm chiếu xạ cụ thể.

13 Từ khóa

13.1 Liều hấp thụ, Coban 60; Cesi 137; xác định trường phân bố liều; liều kế; phép đo liều; chế biến thực phẩm; gamma; bức xạ ion hóa; thực phẩm chiếu xạ; chiếu xạ; đặc trưng của máy chiếu xạ; bức xạ.

Thư mục tài liệu tham khảo

Thực phẩm chiếu xạ TCVN 7247 : 2003 (CODEX STAN 106 : 1983)

- (1) "Codex General Standard for Irradiated Foods (CODEX STAN 106-1983) and Recommended Code of Practice for the Operation of Radiation Facilities Used for the Treatment of Foods (CAC/RCP19-1979)," *Codex Alimentarius*, Vol XV, Food and Agricultural Organization, World Health Organization, Geneva, 1984.
- (2) 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.
- (3) Ehlermann, D. A. E., "The Use of Various Dosimeters for the Measurement of Random Fluctuations of the Dose Distribution in Commercial Scale Food Irradiation," *Dosimetry in Agriculture, Industry, Biology and Medicine*, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1973, pp. 77-83.
- (4) 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 für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes, München, 1988, pp. 415-419.
- (5) Farkas, J., *Irradiation of Dry Food Ingredients*, CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, 1988, chap. 8.
- (6) "Food Irradiation, a Technique for Preserving and Improving the Safety of Food," A World Health Organization Report, Geneva, 1988.
- (7) McLaughlin, W L., Jarrett, Sr., R. D., and Olejnik, T. A., chap. 8, "Dosimetry," *Preservation of Food by Ionizing Radiation*, vol. 1, CRC Press, Boca Raton, FL, 1983.
- (8) *Preservation of Food by Ionizing Radiation*, vols 1-3, Josephson, E. S. and Peterson, M. S., eds., CRC Press, Boca Raton, FL, 1983.
- (9) Stenger, V., Sipos, T., László, L., Hargittai, P., Kovács, A., and Hováth, I., "Experiences with a High Capacity Industrial Scale Pilot Onion Irradiator," *Radiation Physics and Chemistry*, Vol 22, 1983, pp. 717-732
- (10) Urbain, W. M., *Food Irradiation*, Academic Press, Inc., New York, 1986.

- (11) *Handbook of Chemistry and Physics*, 71st ed., Lide, D. R., ed., CRC Press, Boca Raton, L., 1990.
- (12) Miller, A., and Chadwick, K. H., "Dosimetry for the Approval of Food Irradiation Processes," *Radiation Physics and Chemistry*, Vol 34, 1989, pp. 999-1004.
- (13) *Monte Carlo Transport of Electrons and Photons*, Jenkins, T. M., Nelson, W. R., and Rindi, A., eds., Plenum Press, New York, 1988.
- (14) Chilton, A. B., Shultis, J. K., and Faw, R. E., *Principles of Radiation Shielding*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1984.
- (15) Chadwick, K. H., "Dosimetry Techniques for Commissioning a Process," *Sterilization by Ionizing Radiation*, Gaughran, E. R. L., and Goudie, A. J., eds., Multiscience Publishing, Ltd., Montreal, 1974, pp. 285-298.
- (16) McLaughlin, W. L., Boyd, A. W., Chadwick, K. H., McDonald, J. C., and Miller, A., *Dosimetry for Radiation Processing*, Taylor and Francis, New York, 1989.
- (17) McLaughlin, W. L., "Radiation Measurements and Quality Control," *Radiation Physics and Chemistry*, Vol 9, 1977, pp. 147-181.
- (18) Vas, K., Beck, E. R. A., McLaughlin, W. L., Ehlermann, D. A. E., and Chadwick, K. H., "Dose Limits Versus Dose Range," *Acta Alimentaria*, Vol 7, No. 2, 1978, p. 343.
-