

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

**TCVN 8771:2011
ISO/ASTM 51900:2009**

Xuất bản lần 1

**TIÊU CHUẨN HƯỚNG DẪN ĐO LIỀU
TRONG NGHIÊN CỨU CHIẾU XẠ THỰC PHẨM
VÀ SẢN PHẨM NÔNG NGHIỆP**

*Standard guide for dosimetry in radiation research
on food and agricultural products*

HÀ NỘI – 2011

Lời nói đầu

TCVN 8771:2011 hoàn toàn tương đương với ISO/ASTM 51900:2009;

TCVN 8771:2011 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC/F5 Vệ sinh thực phẩm và chiếu xạ biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Tiêu chuẩn hướng dẫn đo liều trong nghiên cứu chiếu xạ thực phẩm và sản phẩm nông nghiệp¹⁾

Standard guide for dosimetry in radiation research on food and agricultural products

1 Phạm vi áp dụng

1.1 Tiêu chuẩn này đưa ra các yêu cầu đo liều tối thiểu cần để tiến hành nghiên cứu hiệu quả của việc chiếu xạ thực phẩm và các sản phẩm nông nghiệp. Nghiên cứu này bao gồm việc thiết lập mối quan hệ định lượng giữa liều hấp thụ và các ảnh hưởng có liên quan trong các sản phẩm này. Tiêu chuẩn này cũng mô tả toàn bộ yêu cầu cần cho phép đo liều trong nghiên cứu và các báo cáo kết quả. Việc đo liều phải được đánh giá như một phần công việc không thể thiếu của nghiên cứu thử nghiệm.

CHÚ THÍCH 1 Ủy ban tiêu chuẩn hóa Codex đã xây dựng tiêu chuẩn chung và Qui phạm thực hành đề cập đến việc ứng dụng bức xạ ion hóa để xử lý thực phẩm và nhấn mạnh vai trò của việc đo liều để đảm bảo rằng chiếu xạ sẽ được thực hiện tốt (1)²⁾

CHÚ THÍCH 2 Tiêu chuẩn này bao gồm thông tin hướng dẫn ở dạng Chú thích. Các nghiên cứu viên cũng nên tham khảo các tài liệu tham khảo được đưa ra ở cuối tiêu chuẩn và tài liệu khoa học khác có thể áp dụng để hỗ trợ phương pháp luận trong phép thử nghiệm áp dụng cho phép đo liều (2-10).

1.2 Tiêu chuẩn này gồm các nghiên cứu có sử dụng các loại bức xạ ion hóa sau: bức xạ gamma, tia X (bức xạ hãm) và chùm tia điện tử.

1.3 Tiêu chuẩn này mô tả các yêu cầu đo liều để thiết lập phương pháp thử nghiệm và phép thử thường xuyên. Tiêu chuẩn này không bao gồm các yêu cầu đo liều để đánh giá chất lượng lắp đặt hoặc đánh giá chất lượng vận hành của thiết bị chiếu xạ. Các yêu cầu này được nêu trong TCVN 7248 (ISO/ASTM 51204), TCVN 7249 (ISO/ASTM 51431), ISO/ASTM 51608, ISO/ASTM 51649 và TCVN 8234 (ISO/ASTM 51702).

¹⁾ Tiêu chuẩn này thuộc thẩm quyền của Ban kỹ thuật ASTM E 10 *Công nghệ và ứng dụng hạt nhân*, thuộc trách nhiệm của Tiểu ban kỹ thuật E10.01 *Hệ đo liều và Ứng dụng* và cũng thuộc thẩm quyền của ISO/TC 85/WG 3.

Ấn bản hiện hành được thông qua vào ngày 18 tháng 6 năm 2008, được xuất bản tháng 6 năm 2009, nguyên bản là ASTM E 1900-97. Phiên bản gần nhất là ASTM E 1900-97. Tiêu chuẩn ASTM/ISO 51900:2009 (E) hiện hành thay thế E 1900-97 và là bản soát xét chính của ISO/ASTM 51900:2002 (E).

²⁾ Số in đậm trong dấu ngoặc đơn là số tài liệu tham khảo ở trang cuối của tiêu chuẩn này.

1.4 Tiêu chuẩn này không được dùng để hạn chế sự linh hoạt của người thử nghiệm trong việc xác định phương pháp luận cho thử nghiệm. Mục đích của tiêu chuẩn này là để đảm bảo rằng nguồn bức xạ và phương pháp thử được lựa chọn sao cho các kết quả thử nghiệm có ích và dễ hiểu cho các nhà khoa học khác và các cơ quan quản lý.

1.5 Cần phải tính đến độ không đảm bảo đo mở rộng trong phép đo liều hấp thụ và sự thay đổi liều hấp thụ riêng trong mẫu được chiếu xạ (xem ISO/ASTM guide 51707).

1.6 Tiêu chuẩn này không đề cập đến tất cả các vấn đề liên quan đến an toàn. Trách nhiệm của người sử dụng tiêu chuẩn này là phải tự xác lập các tiêu chuẩn thích hợp về thực hành an toàn và sức khoẻ và xác định khả năng áp dụng các giới hạn luật định trước khi sử dụng.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau là rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

2.1 Tiêu chuẩn ASTM³⁾

TCVN 7511 (ASTM F 1355), *Tiêu chuẩn hướng dẫn chiếu xạ nông sản tươi như một biện pháp xử lý kiểm dịch thực vật.*

TCVN 7413 (ASTM F 1356), *Tiêu chuẩn thực hành chiếu xạ để kiểm soát các vi sinh vật gây bệnh và các vi sinh vật khác trong thịt đỏ, thịt gia cầm tươi và đông lạnh.*

TCVN 7415 (ASTM F 1885), *Tiêu chuẩn hướng dẫn chiếu xạ gia vị, thảo mộc và rau thơm dạng khô để kiểm soát các vi sinh vật gây bệnh và các vi sinh vật khác.*

ASTM E 170, *Terminology relating to radiation measurements and dosimetry (Thuật ngữ liên quan đến các phép đo bức xạ và đo liều).*

ASTM E 925, *Practice for monitoring the calibration of ultraviolet-visible spectrophotometers whose spectral slit width does not exceed 2 nm (Thực hành hiệu chuẩn định kỳ máy đo quang phổ tử ngoại- nhìn thấy có quang phổ truyền qua dải hẹp không vượt quá 2 nm).*

ASTM E 1026, *Practice for using the fricke reference standard dosimetry system (Thực hành về cách sử dụng hệ liều kế chuẩn Fricke chuẩn).*

³⁾ Đối với các tiêu chuẩn của ISO/ASTM, xem website của ASTM tại www.astm.org, hoặc liên hệ với Bộ phận chăm sóc khách hàng của ASTM theo địa chỉ service@astm.org. Về sổ tay tiêu chuẩn ASTM, xem website của ASTM.

ASTM E 2232, *Guide for selection and use of mathematical methods for calculation absorbed dose in radiation processing applications* (Tiêu chuẩn hướng dẫn lựa chọn và sử dụng các mô hình toán học để tính toán liều hấp thụ trong các ứng dụng sử dụng bức xạ).

ASTM E 2303, *Guide for absorbed-dose mapping in radiation processing facilities* (Hướng dẫn xác định trường phân bố liều hấp thụ của thiết bị xử lý bằng bức xạ).

ASTM E 2304, *Practice for use of a LiF Photo-Fluorescent film dosimetry system* (Thực hành về việc sử dụng hệ đo liều màng mỏng huỳnh quang-Photo LiF).

ASTM E 2381, *Guide for dosimetry in radiation processing of fluidized beds and fluid streams* (Hướng dẫn đo liều trong quá trình chiếu xạ lớp lỏng tầng sôi và hơi lỏng).

ASTM F 1640, *Guide for selection and use of packaging materials for food to be irradiated* (Hướng dẫn lựa chọn và sử dụng vật liệu bao gói cho thực phẩm đã chiếu xạ).

ASTM F 1736, *Guide for irradiation of finfish and aquatic invertebrates used as food to control pathogens and spoilage microorganisms* (Hướng dẫn chiếu xạ cá có vây và động vật có vỏ, được dùng làm thực phẩm, để diệt vi sinh vật gây bệnh và gây hư hỏng).

2.2 Tiêu chuẩn ISO/ASTM³⁾

TCVN 7248 (ISO/ASTM 51204), *Tiêu chuẩn thực hành đo liều áp dụng cho thiết bị chiếu xạ gamma dùng để xử lý thực phẩm.*

TCVN 7249 (ISO/ASTM 51431), *Tiêu chuẩn thực hành đo liều áp dụng cho thiết bị chiếu xạ chùm tia điện tử và tia X (bức xạ hãm) dùng để xử lý thực phẩm.*

TCVN 7910 (ISO/ASTM 51275), *Tiêu chuẩn thực hành sử dụng hệ đo liều màng mỏng nhuộm màu trong xử lý bằng bức xạ.*

TCVN 7911 (ISO/ASTM 51276), *Tiêu chuẩn thực hành sử dụng hệ đo liều Polymethylmetacrylat.*

TCVN 7912 (ISO/ASTM 51310), *Tiêu chuẩn thực hành sử dụng hệ đo liều dẫn sóng quang học nhuộm màu trong xử lý bằng bức xạ.*

TCVN 7914 (ISO/ASTM 51956), *Tiêu chuẩn thực hành đo liều sử dụng hệ đo liều nhiệt huỳnh quang (TLD) trong Công nghệ bức xạ.*

TCVN 8229 (ISO/ASTM 51538), *Tiêu chuẩn thực hành sử dụng hệ đo liều Etanol-Clobenzen.*

TCVN 8231 (ISO/ASTM 51540), *Tiêu chuẩn thực hành sử dụng hệ đo liều chất lỏng nhuộm màu bức xạ.*

TCVN 8771:2011

TCVN 8232 (ISO/ASTM 51607), *Tiêu chuẩn thực hành sử dụng hệ đo liều cộng hưởng thuận từ electron-alanin.*

TCVN 8233 (ISO/ASTM 51650), *Tiêu chuẩn thực hành sử dụng hệ đo liều xenuloza triaxetat.*

TCVN 8234 (ISO/ASTM 51702), *Tiêu chuẩn thực hành đo liều áp dụng cho thiết bị chiếu xạ gamma dùng để xử lý bằng bức xạ.*

TCVN 8768 (ISO/ASTM 51205), *Tiêu chuẩn thực hành sử dụng hệ đo liều Ceri-Cerous sulphat.*

ISO/ASTM 51261, *Guide for selection and calibration of dosimetry systems for radiation processing (Hướng dẫn lựa chọn và hiệu chuẩn các hệ đo liều trong công nghệ xử lý bằng bức xạ).*

ISO/ASTM 51608, *Practice for dosimetry in an X-ray (bremsstrahlung) facility for radiation processing (Thực hành đo liều đối với các thiết bị chiếu xạ sử dụng tia X (bức xạ hãm) để xử lý thực phẩm).*

ISO/ASTM 51649, *Practice for dosimetry in electron beam facility for radiation processing at energies between 300 keV and 25 MeV (Thực hành đo liều trong thiết bị chùm tia điện tử trong công nghệ bức xạ ở năng lượng trong khoảng 300 KeV và 25 MeV).*

ISO/ASTM 51707, *Guide for estimating uncertainties in dosimetry for radiation processing (Hướng dẫn thiết lập độ không đảm bảo đo về đo liều trong công nghệ bức xạ).*

ISO/ASTM 51818, *Guide for dosimetry in an electron beam facility for radiation processing at energies between 80 and 300 keV (Hướng dẫn đo liều trong thiết bị chùm tia điện tử trong công nghệ bức xạ ở năng lượng từ 80 keV đến 300 keV).*

ISO/ASTM 52116, *Practice for dosimetry for a self-contained dry storage gamma irradiator (Thực hành đo liều trong thiết bị chiếu xạ gamma nguồn khô tự che chắn).*

2.3 Báo cáo của Cơ quan Quốc tế về các Đơn vị và các Phép đo liều bức xạ (ICRU)⁴⁾

ICRU Report 60, *Radiation quantities and units for ionizing radiation (Các đại lượng và đơn vị đo đối với bức xạ ion hoá).*

2.4 Báo cáo NPL

CIRM 29: *Guidelines for calibration of dosimeters for use in radiation processing, Sharpe, P., and Miller, A., August, 1999 (Hướng dẫn hiệu chuẩn các liều kế sử dụng trong xử lý bức xạ, Sharpe, P., và Miller, A., tháng 8, năm 1999).*

⁴⁾ Ủy ban quốc tế về đơn vị và phép đo bức xạ (ICRU), 7910 Woodmont Ave., Suite 800, Bethesda, MD 20814, Mỹ.

3 Thuật ngữ và định nghĩa

3.1 Định nghĩa

3.1.1

Liều hấp thụ (D) [absorbed dose (D)]

Lượng năng lượng bức xạ ion hoá truyền cho một đơn vị khối lượng vật chất xác định. Đơn vị đo liều hấp thụ quốc tế SI là gray (Gy), 1 Gy tương đương với sự hấp thụ 1 J trên 1 kg vật chất xác định (1 Gy = 1 J/kg). Biểu thức toán học là tỷ số giữa $d\bar{\varepsilon}$ và dm , trong đó $d\bar{\varepsilon}$ là năng lượng hấp thụ trung bình mà bức xạ ion hóa truyền cho khối vật chất có khối lượng là dm .

$$D = d\bar{\varepsilon}/dm \quad (1)$$

3.1.1.1 Giải thích: Đơn vị gián tiếp của liều hấp thụ là rad (1 rad = 100 erg/g = 0,01 Gy). Liều hấp thụ đôi khi được viện dẫn từ liều đơn giản.

3.1.2

Phân bố liều hấp thụ (absorbed-dose mapping)

Việc đo liều hấp thụ trong một đơn vị nạp hàng sử dụng các liều kế đặt tại các vị trí qui định để tạo ra sự phân bố liều hấp thụ một chiều, hai chiều hoặc ba chiều, từ đó thiết lập trường phân bố liều.

3.1.3

Suất liều hấp thụ (\dot{D}) [absorbed-dose rate (\dot{D})]

Liều hấp thụ trong vật liệu trên số gia của thời gian, là tỷ số của dD và dt (xem ICRU 60).

$$\dot{D} = \frac{dD}{dt} \quad (2)$$

đơn vị là $\text{Gy}\cdot\text{s}^{-1}$.

3.1.4

Phòng thử nghiệm hiệu chuẩn đo liều được công nhận (accredited dosimetry calibration laboratory)

Phòng thử nghiệm đo liều chính thức được tổ chức chứng nhận công nhận, phòng thử nghiệm đo liều đó có khả năng tiến hành các hoạt động cụ thể về hướng dẫn hiệu chuẩn hoặc đánh giá hiệu chuẩn hệ đo liều phù hợp với các qui định đã được văn bản hóa của tổ chức chứng nhận.

3.1.5

Bức xạ hãm (bremsstrahlung)

Bức xạ sóng điện từ phổ rộng được phát ra bởi hạt tích điện năng lượng cao bị ảnh hưởng bởi một từ trường hoặc điện trường mạnh, ví dụ như điện trường lân cận hạt nhân nguyên tử.

3.1.6

Trạng thái cân bằng các hạt tích điện (charged-particle equilibrium)

Điều kiện trong đó năng lượng của các hạt tích điện, bao gồm khối lượng tĩnh, đi vào thể tích vi phân của vật liệu được chiếu xạ bằng động năng của các hạt tích điện đi ra khỏi thể tích vi phân đó.

3.1.7

Hệ số đồng đều liều (dose uniformity ratio)

Tỷ lệ của liều hấp thụ tối đa và tối thiểu trong sản phẩm được chiếu xạ.

3.1.8

Liều kế (dosimeter)

Dụng cụ, khi được chiếu xạ sẽ tạo ra sự thay đổi có thể định lượng được, sự thay đổi này có thể liên quan đến liều hấp thụ trong vật liệu đã cho bằng cách sử dụng các thiết bị đo và quy trình đo thích hợp.

3.1.9

Độ nhạy liều kế (dosimeter response)

Hiệu ứng bức xạ xảy ra trong liều kế có khả năng lặp lại và có thể định lượng ở liều hấp thụ đã cho.

3.1.10

Hệ đo liều (dosimetry system)

Hệ được dùng để xác định liều hấp thụ bao gồm các liều kế, các dụng cụ đo liều và các chuẩn có liên quan cũng như các quy trình sử dụng chúng.

3.1.11

Trạng thái cân bằng điện tử (electron equilibrium)

Trạng thái cân bằng các hạt tích điện khi các hạt tích điện là các điện tử được đặt trong sự kiểm soát bởi sự chiếu xạ các photon trong vật liệu. Xem trạng thái cân bằng các hạt tích điện.

3.1.12

Liều kế chuẩn chính (reference-standard dosimeter)

Liều kế có chất lượng đo lường cao dùng như một liều kế chuẩn để cung cấp các phép đo có liên kết chuẩn với phép đo dùng liều kế chuẩn đầu.

3.1.13

Độ lặp lại (của các kết quả đo) [repeatability (of result of measurements)]

Tính thống nhất của các phép thử thỏa mãn giữa các kết quả của cùng một phép đo tiến hành trên cùng một đối tượng trong mọi điều kiện sau: cùng một qui trình đo, cùng một người theo dõi, cùng một thiết bị đo, sử dụng trong cùng một điều kiện, ở cùng một địa điểm và lặp lại trong một khoảng thời gian ngắn.

3.1.13.1 Giải thích: Các điều kiện này được gọi là “các điều kiện lặp lại”. Độ lặp lại có thể được biểu thị định lượng theo các đặc trưng phân tán của các kết quả.

3.1.14

Độ tái lập (của các kết quả đo) [reproducibility (of results of measurements)]

Tính thống nhất của phép thử thỏa mãn giữa các kết quả đo của các lần đo của cùng một phép đo, trong đó các lần đo được tiến hành trong các điều kiện khác nhau: nguyên tắc đo hoặc phương pháp đo, người theo dõi, thiết bị đo, địa điểm, điều kiện sử dụng và thời điểm thực hiện.

3.1.14.1 Giải thích: Báo cáo có giá trị về độ tái lập yêu cầu chỉ rõ các điều kiện thay đổi đối với mỗi phép đo. Độ tái lập có thể được biểu thị định lượng theo độ phân tán đặc trưng của các kết quả. Trong tiêu chuẩn này, các kết quả đo được hiểu là các kết quả đã được hiệu chỉnh.

3.1.15

Liều kế đo thường xuyên (routine dosimeter)

Liều kế được hiệu chuẩn dựa trên liều kế chuẩn đầu, liều kế chuẩn chính hoặc liều kế truyền chuẩn và được dùng để đo liều hấp thụ thường xuyên.

3.1.16

Sản phẩm tương tự (simulated product)

Vật liệu có mật độ và các đặc tính suy giảm và bức xạ giống sản phẩm, vật liệu hoặc chất được chiếu xạ.

3.1.17

Tính liên kết chuẩn (traceability)

Đặc tính kết quả đo hoặc giá trị của chuẩn, có liên quan đến các chuẩn chính được viện dẫn, thông thường là chuẩn quốc gia hoặc quốc tế, qua chuỗi so sánh liên tục tất cả các độ không đảm bảo đo đã công bố.

3.1.18

Liều kế truyền chuẩn (transfer-standard dosimeter)

Thông thường liều kế chuẩn chính thích hợp để vận chuyển từ các địa điểm khác nhau được sử dụng để so sánh các phép đo liều.

3.1.19

Liều dịch chuyển (transit dose)

Liều hấp thụ được phân bố đến sản phẩm (hoặc liều kế) khi nó được dịch chuyển giữa vị trí chiếu xạ này đến vị trí chiếu xạ khác hoặc trong trường hợp nguồn có thể di chuyển lên hoặc xuống.

3.1.20

Độ không đảm bảo đo (của phép đo) [uncertainty (of measurement)]

Thông số liên quan đến kết quả đo, đặc trưng cho độ phân tán của các giá trị mà có thể là thuộc tính của đối tượng đo hoặc lượng phân bố (xem ISO/ASTM Guide 51707).

3.1.21

Bức xạ tia X (X-radiation)

Bức xạ điện từ ion hóa bao gồm cả bức xạ hãm và bức xạ đặc trưng được phát ra khi các điện tử nguyên tử chuyển sang trạng thái liên kết bền hơn.

3.2 Thuật ngữ và định nghĩa qui định trong tiêu chuẩn này

3.2.1

Số dư (residual)

Chênh lệch giữa giá trị quan sát được và giá trị tính được theo mô hình hồi qui.

3.2.2

Liều đích (target dose)

Liều hấp thụ trong thể tích nhất định trong mẫu được chiếu xạ.

CHÚ THÍCH 3 Định nghĩa về thuật ngữ khác được sử dụng trong tiêu chuẩn này liên quan đến phép đo bức xạ và đo liều có thể được tìm thấy trong ASTM Terminology E 170. Các định nghĩa trong E 170 phù hợp với ICRU 60, tài liệu này có thể được sử dụng như tài liệu thay thế.

4 Đặc điểm và ứng dụng

4.1 Tiêu chuẩn này nhằm mục đích cung cấp phương hướng nghiên cứu về phép thử nghiệm đo liều trong thực phẩm và sản phẩm nông nghiệp và báo cáo các kết quả đo liều. Nghiên cứu này liên quan đến hiệu quả của phép chiếu xạ thực phẩm và sản phẩm nông nghiệp để đạt được lợi ích nhất định, bao gồm các đặc điểm kỹ thuật về liều hấp thụ rất khác nhau từ nghiên cứu này đến nghiên cứu khác và từ một sản phẩm này đến một sản phẩm khác. Ví dụ, liều hấp thụ yêu cầu để bất hoạt các loài ruồi đục quả phải thấp hơn nhiều so với liều yêu cầu làm bất hoạt một số vi khuẩn gây hư hỏng thịt hoặc để khử nhiễm các gia vị.

CHÚ THÍCH 4 Các ví dụ về hiệu quả liên quan của chiếu xạ, bao gồm việc làm giảm vi khuẩn, virus trong thực phẩm có thể tồn tại được, và biện pháp xử lý kiểm dịch thực vật (như khử trùng quả và rau), ngăn cản sự nảy mầm, làm chậm quá trình chín, thay đổi đặc tính hóa học và chất lượng trong sản phẩm. Việc thảo luận thêm về các hiệu quả này nằm ngoài phạm vi áp dụng của tiêu chuẩn này. Tham khảo các tiêu chuẩn TCVN 7413 (ASTM F 1356), TCVN 7511 (ASTM F 1355), ASTM F 1640, ASTM F 1736 và TCVN 7415 (ASTM F 1885)0.

4.2 Báo cáo chính xác về lĩnh vực chiếu xạ là quan trọng vì mức độ ảnh hưởng sinh học có thể là chức năng của các yếu tố khác nhau: nguồn bức xạ, suất liều hấp thụ, năng lượng bức xạ tới, hiệu ứng môi trường trong quá trình chiếu xạ và loại bức xạ tới. Tiêu chuẩn này cố gắng nêu bật các thông tin, bao gồm phương pháp luận và các kết quả của phép đo liều hấp thụ cần thiết cho phép thử nghiệm để các nhà nghiên cứu khác thực hiện lặp lại.

CHÚ THÍCH 5 Các yếu tố có thể ảnh hưởng độ nhạy của sản phẩm nông nghiệp với bức xạ ion hóa gồm: giống, loài, họ, thể chất, giai đoạn phát triển, chất lượng ban đầu, trạng thái chín, nhiệt độ, hàm lượng ẩm, pH, bao gói, vận chuyển và các điều

kiện bảo quản. Mặc dù các yếu tố này không được thảo luận trong tiêu chuẩn này nhưng chúng cũng được xem xét khi lên kế hoạch cho phép thử nghiệm (xem TCVN 7511 (ASTM F 1355), TCVN 7413 (ASTM F 1356), ASTM F 1640, ASTM F 1736, và TCVN 7415 (ASTM F 1885)).

4.3 Phép thử nghiệm sẽ được thiết kế để chiếu xạ mẫu càng đồng nhất càng tốt. Trong thực tế, sự thay đổi đôi chút về liều hấp thụ sẽ tồn tại trong toàn bộ mẫu. Phép đo phân bố liều hấp thụ được sử dụng để xác định cấu hình, vị trí và độ tái lập của liều hấp thụ tối đa (D_{max}) và tối thiểu (D_{min}) đối với tập hợp các thông số thử nghiệm đã cho. Các liều kế được sử dụng cho phép đo trường liều phải có khả năng nhạy với liều và gradient liều có khả năng xuất hiện trong các mẫu đã chiếu xạ.

4.4 Về lý thuyết việc tính toán có thể đưa ra thông tin có ích về sự phân bố liều hấp thụ trong mẫu chiếu xạ, đặc biệt gần bề mặt phân cách của vật liệu (xem ASTM guide E 2232).

5 Thiết bị chiếu xạ và cách vận hành

5.1 Loại thiết bị

Tiêu chuẩn này bao gồm việc sử dụng bức xạ gamma, tia X (bức xạ hãm) và điện tử được gia tốc dùng cho nghiên cứu các hiệu quả của bức xạ ion hóa lên thực phẩm và các sản phẩm nông sản.

CHÚ THÍCH 6 Điều 5 và Điều 6 đưa ra tổng quan về các loại thiết bị chiếu xạ và nguồn bức xạ đặc trưng. Nguồn bức xạ đặc trưng, loại bức xạ được tạo ra, năng lượng photon hoặc điện tử, kích thước và mật độ của các mẫu được chiếu xạ, tất cả các yếu tố trong phép xác định liên quan như thế nào với bức xạ được hấp thụ trong mẫu thử nghiệm. Các nghiên cứu viên không biết nhiều về các đặc trưng của nguồn bức xạ sẽ được khuyến cáo xem xét các chất chuẩn thích hợp trước khi bắt đầu thử nghiệm (2-10).

5.2 Thiết bị chiếu xạ tia X và gamma nguồn khô tự che chắn

Nhiều nghiên cứu gần đây được tiến hành trên thực phẩm và sản phẩm nông nghiệp đã hoàn thành, bằng cách sử dụng bức xạ gamma từ thiết bị chiếu xạ tự che chắn ^{137}Cs hoặc ^{60}Co hoặc thiết bị chiếu xạ tia X (bức xạ hãm). Các thiết bị này được bảo vệ bằng chì (hoặc vật liệu thích hợp khác có số nguyên tử cao) và thường có động cơ để vận chuyển vật chứa mẫu từ nơi đặt mẫu đến vị trí chiếu xạ.

CHÚ THÍCH 7 Thiết bị chiếu xạ gamma nguồn khô tự che chắn điển hình có thể tích chiếu xạ bị hạn chế. Loại thiết bị chiếu xạ này được phân loại theo nhóm I của ANSI, các thiết bị chiếu xạ gamma nguồn khô tự che chắn (11).

5.2.1 Trong thiết bị chiếu xạ gamma độc lập, cách tiếp cận phổ biến là bố trí nguồn theo hình vuông, sao cho liều hấp thụ tương đối đồng nhất quanh tâm nơi mẫu được chiếu xạ.

5.2.2 Đối với thiết bị chiếu xạ gamma và tia X, phương pháp khác là quay vật chứa mẫu trên thiết bị chiếu xạ dạng bộ xoay trong trường bức xạ để đạt được liều có độ đồng đều nhiều hơn trong mẫu.

5.3 Thiết bị chiếu xạ gamma nguồn ướt tự che chắn

Việc chiếu xạ mẫu cũng có thể được tiến hành trong thiết bị chiếu xạ gamma nguồn ướt. Trong các thiết bị này, nguồn được chứa trong bể bảo quản (thường chứa nước) được che chắn ở mọi thời điểm. Các mẫu chiếu xạ được đưa vào trong khoang kín nước và để chìm trong nước gần nguồn bức xạ.

CHÚ THÍCH 8 Loại thiết bị chiếu xạ này được phân loại trong nhóm III của ANSI, thiết bị chiếu xạ gamma bảo quản nguồn ướt độc lập (12).

5.4 Thiết bị chiếu xạ gamma có quy mô lớn

Chiếu xạ gamma các mẫu nghiên cứu cũng được tiến hành trong thiết bị chiếu xạ quy mô lớn, ở dạng bảo quản khô hoặc dạng bể chứa. Trong các thiết bị này, nguồn điển hình bao gồm một dây thanh nguồn ^{60}Co và có thể được nâng lên hoặc hạ xuống trong phòng chiếu xạ lớn. Khi không chiếu xạ thì nguồn được che chắn trong nước (dạng bể chứa) hoặc vật liệu thích hợp (nguồn khô) hoặc cả hai.

CHÚ THÍCH 9 Các loại thiết bị chiếu xạ này được phân loại theo mục IV của ANSI, thiết bị chiếu xạ gamma bảo quản nguồn ướt hoặc theo mục II của ANSI, thiết bị chiếu xạ gamma nguồn khô (13).

5.4.1 Vận hành liên tục

Phương pháp sử dụng phổ biến đối với việc chiếu xạ vật chứa mẫu là được tiến hành trên băng chuyền trong một hoặc nhiều chu trình quanh nguồn để thu được liều hấp thụ đồng đều hơn. Khi thiết bị chiếu xạ ngừng sử dụng thì đưa nguồn về vị trí bảo quản.

5.4.2 Vận hành theo mẻ

Phương pháp tiếp cận khác là đặt vật chứa mẫu trong phòng chiếu xạ trong khi nguồn được che chắn, và di chuyển nguồn tới vị trí chiếu xạ với thời gian yêu cầu để đạt liều hấp thụ mong muốn.

5.5 Thiết bị điện tử và tia X (bức xạ hãm)

5.5.1 Thiết bị điện tử

Nguồn bức xạ điện tử (với năng lượng lớn hơn 300 keV) là các máy gia tốc có hoạt động trực tiếp (giảm thế điện cực) hoặc hoạt động gián tiếp (năng lượng cao). Trường bức xạ phụ thuộc các đặc tính và thiết kế của máy gia tốc. Đặc tính này bao gồm các thông số chùm tia điện tử, đó là phổ năng lượng điện tử, cường độ chùm tia điện tử trung bình và sự phân bố cường độ chùm tia trên bề mặt sản phẩm.

5.5.1.1 Máy gia tốc tạo ra chùm tia điện tử hẹp được khuếch tán bao trùm lên độ rộng của băng chuyền, được đặt ở các mẫu sẽ được chiếu xạ. Sự khuếch tán chùm tia điện tử có thể được thực hiện sử dụng máy quét từ (quét nhanh trước và sau chùm tia), thấu kính từ lệch tiêu điểm, hoặc màng tán xạ.

5.5.2 Thiết bị tia X (bức xạ hãm)

Máy phát tia X (bức xạ hãm) phát bức xạ điện từ sóng ngắn, giống với bức xạ gamma từ nguồn đồng vị phóng xạ. Mặc dù hiệu quả của chúng lên vật liệu chiếu xạ nhìn chung là giống nhau nhưng phần nào khác nhau về phổ năng lượng của chúng, sự phân bố góc và suất liều.

5.5.2.1 Các điện tử được gia tốc hướng đến đích kim loại hoặc “bộ biến đổi” có số nguyên tử cao (điển hình là khí trơ hoặc tantalum). Sự va chạm của các điện tử với đích sẽ tạo ra tia X (bức xạ hãm) có phổ năng lượng trải rộng liên tục.

5.5.3 Vận chuyển mẫu

Mẫu thường được vận chuyển trên băng chuyền qua trường bức xạ. Do sự phân bố bức xạ góc hẹp nên dùng băng chuyền để vận chuyển mẫu qua trường chiếu xạ, đối ngược với việc sử dụng hệ chiếu xạ tĩnh hoặc hệ thống ngắt quãng sẽ làm tăng độ đồng đều liều.

5.5.4 Tham khảo TCVN 7249 (ISO/ASTM 51431), ISO/ASTM 51608 và ISO/ASTM 51649 về các thông tin chi tiết hơn hoặc các thiết bị điện tử và tia X (bức xạ hãm) và cách vận hành.

6 Đặc trưng của nguồn bức xạ

6.1 Thiết bị chiếu xạ gamma

6.1.1 Nguồn bức xạ sử dụng trong các thiết bị gamma được đưa ra trong tiêu chuẩn này bao gồm các nguyên tố ^{60}Co hoặc ^{137}Cs được hàn kín, điển hình là ở dạng thanh được sắp xếp trong một hoặc nhiều ống phẳng hoặc ống hình trụ.

6.1.2 Cobal-60 phát xạ photon với năng lượng riêng xấp xỉ bằng 1,17 MeV đến 1,33 MeV theo các phần gần bằng nhau. Cesium-137 phát xạ photon với năng lượng xấp xỉ 0,662 MeV (**14**).

6.1.3 Định kỳ xem xét và cập nhật sự suy giảm phóng xạ theo chu kỳ bán rã đối với ^{60}Co và ^{137}Cs . Công bố mới đây đưa ra các giá trị đối với ^{60}Co là $1925,20 \pm 0,25$ ngày và đối với ^{137}Cs là $11018,3 \pm 9,5$ ngày (**15**).

6.1.4 Đối với nguồn tia gamma sự thay đổi công suất nguồn là do giảm hoạt độ nguồn bởi sự phân rã phóng xạ. Do giảm hoạt độ nguồn nên cần tăng thời gian chiếu xạ để phân bố đủ liều, có thể tính được và thu được từ các bảng do các nhà sản xuất thiết bị chiếu xạ cung cấp [tham khảo TCVN 7248 (ISO/ASTM 51204)].

TCVN 8771:2011

CHÚ THÍCH 10 Sai số trong phép tính sự phân rã có thể do sự tồn tại của bức xạ nhiễm bản trong nguồn bức xạ (ví dụ, một lượng nhỏ ^{134}Cs có mặt nhiễm bản trong ^{137}Cs).

6.2 Máy gia tốc điện từ [loại điện từ và tia X (bức xạ hãm)]

6.2.1 Đối với máy gia tốc điện từ, các chùm tia chính đặc trưng là phổ năng lượng điện từ, cường độ chùm tia và dòng điện tức thời có thể áp dụng (trên độ xung) cùng với chiều dài xung và tần suất lặp lại độ xung [xem TCVN 7249 (ISO/ASTM 51431), ISO/ASTM 51649, ISO/ASTM 51818].

6.2.1.1 Máy gia tốc điện từ hoạt động trực tiếp dùng dòng điện trực tiếp (dòng điện một chiều) hoặc máy tạo điện áp cao có xung và tạo năng lượng điện từ lên đến 5 MeV.

6.2.1.2 Máy gia tốc điện từ hoạt động gián tiếp dùng vi sóng hoặc dòng điện xoay chiều tần suất rất cao (VHF) (dòng điện xoay chiều) để tạo ra năng lượng điện từ đặc trưng từ 3 MeV đến 15 MeV.

6.2.2 Đối với thiết bị tia X (bức xạ hãm), bên cạnh chùm tia đặc trưng được đưa ra trong 6.2.1 thì dạng đích tia X là một thông số tới hạn. Mặc dù tia X (bức xạ hãm) giống với bức xạ gamma từ nguồn nuclid phóng xạ ^{60}Co hoặc ^{137}Cs nên các hiệu ứng của chúng trên các vật liệu thường là giống nhau, các loại bức xạ này khác nhau về phổ năng lượng của chúng, sự phân bố góc và suất liều hấp thụ. Phổ năng lượng tiếp theo của tia X (bức xạ hãm) mở rộng đến năng lượng điện từ tối đa trên đích tia X (xem ISO/ASTM 51608). Trong một số trường hợp, thường sử dụng việc lọc phổ năng lượng để giảm thành phần năng lượng bức xạ thấp sao cho cái thiện được sự đồng đều về liều.

CHÚ THÍCH 11 Ở một số quốc gia, năng lượng tối đa đối với các điện từ hoặc tia X (bức xạ hãm) được sử dụng để chiếu xạ thực phẩm dùng cho con người thường bị giới hạn theo các điều luật.

7 Hệ đo liều

7.1 Hệ đo liều được sử dụng để xác định liều hấp thụ, thường được qui theo hấp thụ trong nước. Chúng bao gồm các liều kế, các dụng cụ đo, các chuẩn chính có liên quan và các qui trình sử dụng chúng.

7.2 Các liều kế có thể chia thành bốn loại cơ bản theo chất lượng tương đối của chúng và theo phạm vi áp dụng: Liều kế chuẩn đầu, liều kế chuẩn chính, liều kế truyền chuẩn và liều kế đo thường xuyên. ISO/ASTM Guide 516261 cung cấp các thông tin về việc lựa chọn các hệ đo liều cho các ứng dụng khác nhau. Hầu hết các nghiên cứu được tiến hành sẽ dùng liều kế đo thường xuyên và liều kế truyền chuẩn.

7.2.1 Liều kế chuẩn đầu

Loại liều kế chuẩn đầu được thiết lập và duy trì bởi các phòng thử nghiệm chuẩn quốc gia để hiệu chuẩn các môi trường bức xạ (trường bức xạ) và các loại liều kế khác. Hai loại liều kế chuẩn đầu thường dùng nhất là buồng ion hóa và liều kế đo nhiệt lượng.

7.2.2 Liều kế chuẩn chính

Loại liều kế chuẩn chính được dùng để hiệu chỉnh môi trường bức xạ và liều kế đo thường xuyên. Các ví dụ về loại liều kế chuẩn chính và dải liều sử dụng của chúng được đưa ra trong ISO/ASTM Guide 51261.

7.2.3 Liều kế truyền chuẩn

Loại liều kế truyền chuẩn được lựa chọn dùng để truyền thông tin về liều hấp thụ từ phòng thử nghiệm quốc gia hoặc phòng thử nghiệm đã được công nhận tới một thiết bị chiếu xạ để xác nhận độ chính xác cho thiết bị đó. Những liều kế này cần được dùng cẩn thận trong điều kiện được quy định bởi phòng thử nghiệm phát hành liều kế. Loại liều kế này có thể được chọn từ liều kế chuẩn chính hoặc liều kế đo thường xuyên, được liệt kê trong ISO/ASTM Guide 51261.

7.2.4 Liều kế đo thường xuyên

Loại liều kế đo thường xuyên có thể sử dụng trong kiểm soát chất lượng quá trình bức xạ và phân bố liều. Kỹ thuật đo liều đúng cách, bao gồm việc hiệu chuẩn được dùng để đảm bảo rằng phép đo là tin cậy và chính xác. Ví dụ về loại liều kế đo thường xuyên và dải liều sử dụng của chúng được nêu trong Bảng 1 và ISO/ASTM Guide 51261.

Bảng 1 – Ví dụ về các liều kế đo thường xuyên (xem ISO/ASTM guide 51261)

Liều kế	Dụng cụ đo	Dải liều hấp thụ có ích (Gy)	Tài liệu tham khảo
Alanin	Máy đo quang phổ EPR	1 đến 10^5	TCVN 8232 (ISO/ASTM 51607)
Polymethylmethacrylate	Máy đo quang phổ tử ngoại/nhìn thấy được	10^2 đến 10^5	TCVN 7911 (ISO/ASTM 51276)
Xenulozoa triaxetat	máy đo quang phổ	5×10^3 đến 3×10^5	TCVN 8233 (ISO/ASTM 51650)
Nhiệt huỳnh quang (TLD)	Bộ đọc nhiệt huỳnh quang	1 đến 10^5	TCVN 7914 (ISO/ASTM 51956)
Màng mỏng huỳnh quang- <i>Photo LiF</i>	Máy đo huỳnh quang	50 đến 3×10^5	ASTM E 2381
Màng mỏng, dung dịch nhuộm màu bức xạ, tại bước sóng quang học đã chọn	Máy đo quang phổ nhìn thấy	1 đến 10^5	TCVN 7910 (ISO/ASTM 51275)
Dung dịch <i>ceri-cerous sulfate</i>	Máy đo điện thế hoặc máy đo quang phổ tử ngoại	5×10^2 đến 5×10^4	TCVN 8768 (ISO/ASTM 51205)
Dung dịch Fricke	Máy đo quang phổ tử ngoại	20 đến 4×10^2	ASTM E 1026
Dung dịch <i>etanol-clobenzen</i>	Máy đo quang phổ, chuẩn độ màu, độ dẫn tần suất cao	10^1 đến 2×10^6	TCVN 8229 (ISO/ASTM 51538)
MOSFET	Bộ đọc điện tử	1 đến 2×10^2	(16)

7.3 Lựa chọn hệ đo liều thường xuyên phù hợp cho nghiên cứu tiến hành có tính đến việc xem xét các thông số liên quan đến nguồn bức xạ và việc thử nghiệm được thiết lập mà có thể ảnh hưởng độ nhạy liều kế (ví dụ, dải liều hấp thụ, nguồn bức xạ, suất liều, năng lượng và các điều kiện môi trường như nhiệt độ, độ ẩm và ánh sáng) và độ không đảm bảo đo liên quan. Chi tiết hơn về việc lựa chọn tiêu chí được liệt kê trong ISO/ASTM Guide 51261. Đối với các ứng dụng về máy gia tốc điện tử, khi lựa chọn liều kế cần xem xét các ảnh hưởng của suất liều hấp thụ (liều trung bình và pic liều đối với máy gia tốc xung), suất xung và độ rộng xung (nếu áp dụng).

7.3.1 Đối với việc sử dụng, xử lý, bảo quản, cách phòng ngừa cụ thể, hiệu chuẩn.v.v.. đối với hệ đo liều thường xuyên cụ thể cần tham khảo trong các tiêu chuẩn ASTM hoặc ISO/ASTM và các khuyến cáo sử dụng của nhà sản xuất.

7.4 Hệ đo liều phải được hiệu chuẩn trước khi sử dụng. Đường chuẩn do nhà cung cấp liều kế cung cấp sẽ phải được xem như thông tin chung và không cần kiểm tra xác nhận thêm về ứng dụng của nó nếu không sử dụng. Quy trình hiệu chuẩn các liều kế sẽ được kiểm tra định kỳ khi thích hợp. Việc kiểm tra này có thể được tiến hành theo hình thức hiệu chuẩn đánh giá thực hành.

7.4.1 Đánh giá hiệu chuẩn có thể được tiến hành theo các bộ liều kế ở từng ba điểm liều một (kéo dài dải hiệu chuẩn) sử dụng cùng bộ đỡ liều kế, dùng cho việc hiệu chuẩn chiếu xạ, và ở vị trí chuẩn nơi mà đã biết được suất liều. Các giá trị liều này sau đó được so sánh với các giá trị tính được bằng cách dùng các giá trị độ nhạy của liều kế đã chiếu xạ và hàm đặc trưng độ nhạy hiện tại. Sự thỏa mãn về độ không đảm bảo đo ở ba điểm trong hệ thống đánh giá giá trị của hàm đặc trưng độ nhạy.

7.4.2 Dụng cụ đo

Dụng cụ đo là một phần tích phân của hệ đo liều vì vậy việc hiệu chuẩn hệ đo liều sẽ được xem như một qui định cho dụng cụ đo cụ thể. Việc hiệu chuẩn đó được thiết lập với một dụng cụ đo không được đánh giá cho một dụng cụ khác. Đánh giá hiệu quả của bất kỳ sự thay đổi hoặc sửa đổi nào cho dụng cụ đo. Việc sửa đổi chính có thể yêu cầu cả việc kiểm tra hiệu chuẩn (ví dụ, đánh giá hiệu chuẩn thực hành) hoặc hiệu chuẩn lại hoàn toàn hệ đo liều. Trước khi sử dụng, dụng cụ phải được hiệu chuẩn trong đó phép đo phải được liên kết với chuẩn quốc gia hoặc quốc tế. Hướng dẫn về việc hiệu chuẩn máy đo quang phổ, dụng cụ đo thông thường cho liều kế được đưa ra trong ASTM practice E 925.

7.4.3 Quy trình hiệu chuẩn

Quy trình hiệu chuẩn đối với hệ đo liều chủ yếu bao gồm việc chiếu xạ một lượng liều kế có liều hấp thụ bao trùm toàn bộ dải liều đo yêu cầu, các liều kế đã chiếu xạ dùng dụng cụ đo đã hiệu chuẩn và lập hàm về độ nhạy (dùng đường cong chuẩn). Chi tiết hơn tham khảo ISO/ASTM 51261.

7.4.3.1 Hiệu chuẩn liều kế chiếu xạ

Các liều kế sẽ được chiếu xạ trên dải liều rộng hơn dải liều sử dụng mong muốn. Hầu hết hàm đặc trưng độ nhạy không tuyến tính tự nhiên theo phép ngoại suy đều không được chấp nhận. Dải liều nhỏ hơn một bộ mười liều kế, sử dụng ít nhất bốn điểm liều phân bố theo một cấp số cộng (ví dụ, 1, 3, 5 và 7 kGy). Đối với dải liều lớn hơn một bộ mười liều kế sử dụng ít nhất năm điểm liều trên một bộ mười và sự phân bố các điểm liều theo một cấp số nhân (ví dụ 0,1, 0,16, 0,25, 0,4, 0,63, 1,0, 1,6, 2,5, 4,0, 6,3, 10 kGy đối với hai bộ mười liều kế). Dùng một bộ liều kế gồm 3 đến 5 liều kế ở mỗi điểm liều.

7.4.3.2 Điều kiện môi trường

Đối với nhiều liều kế do bức xạ tạo ra, bị ảnh hưởng bởi các điều kiện môi trường như nhiệt độ trong chiếu xạ và sau khi chiếu xạ, độ ẩm và suất liều. Do mối quan hệ hiệu chuẩn hệ đo liều được đánh giá có các điều kiện hiện tại trong qui trình hiệu chuẩn nên các điều kiện hiệu chuẩn phải càng giống càng tốt với các điều kiện hiện tại trong phép đo liều thường xuyên để hạn chế sai số do các ảnh hưởng này. Như vậy, việc hiệu chuẩn có thể được tiến hành theo một hoặc hai cách, bằng cách chiếu xạ liều kế ở thiết bị chiếu xạ có liều hấp thụ (hoặc suất liều hấp thụ) có liên kết đo liều với các chuẩn quốc gia hoặc quốc tế được công nhận hoặc ở thiết bị chiếu xạ khi thực hiện thử nghiệm nghiên cứu.

CHÚ THÍCH Mặc dù không được xem xét chi tiết trong tiêu chuẩn này nhưng dữ liệu định lượng liên quan đến các yếu tố môi trường như nhiệt độ và hàm lượng ẩm của thực phẩm hoặc sản phẩm nông nghiệp được chiếu xạ phải được báo cáo, do chúng có thể ảnh hưởng đến độ nhạy của liều kế (xem ISO/ASTM guide 51261).

7.4.3.3 Chiếu xạ ở phòng thử nghiệm hiệu chuẩn liều kế được công nhận

Phương pháp này bao gồm chiếu xạ liều kế đo thường xuyên trong trường bức xạ chuẩn của phòng thử nghiệm hiệu chuẩn. Mặc dù sự trùng hợp chính xác các điều kiện nghiên cứu thực trong phép hiệu chuẩn phòng thử nghiệm nhìn chung không thể được, nhưng cần cố gắng để tạo liều kế chiếu xạ sử dụng suất liều và các điều kiện nhiệt độ càng chặt chẽ càng tốt với các điều kiện sẽ được thử nghiệm trong thử nghiệm nghiên cứu.

7.4.3.4 Chiếu xạ trong thiết bị chiếu xạ tự che chắn

Phương pháp này bao gồm việc chiếu xạ các liều kế đo thường xuyên ở vị trí chuẩn tĩnh trong trường chiếu xạ mà suất liều được biết chính xác (vị trí tốt nhất nơi mẫu nghiên cứu sẽ được chiếu xạ). Suất liều sẽ được biết ở vị trí chuẩn này nếu dùng liều kế truyền chuẩn từ phòng thử nghiệm hiệu chuẩn đo liều đã được công nhận. Giá trị suất liều này được đánh giá về cấu hình chiếu xạ, bộ đỡ liều kế cụ thể và vị trí của nó trong trường bức xạ. Nếu liều kế đo thường xuyên và liều kế truyền chuẩn khác nhau đáng kể về hình dáng và kích thước thì cần thiết kể bộ đỡ đặc biệt; ví dụ: sự suy giảm các đặc tính sẽ giống nhau cho cả hai loại liều kế. Có thể lựa chọn các thời điểm chiếu xạ khác nhau để đưa ra liều qui định cho liều kế đo thường xuyên. Tham khảo ISO/ASTM guide 52116.

CHÚ THÍCH 13 Suất liệu được chứng nhận sẽ được đo bởi phòng thử nghiệm quốc gia hoặc phòng thử nghiệm được công nhận.

7.4.3.5 Chiếu xạ ở cơ sở chiếu xạ công nghiệp

Một số cơ sở chiếu xạ công nghiệp có thể mở rộng phạm vi hoạt động của các ứng dụng chiếu xạ, và có thời gian chiếu xạ đã định cho nghiên cứu bức xạ. Trong trường hợp này, việc chiếu xạ hiệu chuẩn liều kế đo thường xuyên trong thiết bị chiếu xạ công nghiệp, sử dụng liều kế chuẩn chính hoặc liều kế truyền chuẩn, đưa ra đường chuẩn hoặc đánh giá hàm đặc trưng độ nhạy trong điều kiện chiếu xạ sản xuất thực tồn tại trong suốt quá trình hiệu chuẩn. Phương pháp này kết hợp các yếu tố môi trường có tính đến phạm vi mà độ nhạy liều kế chuẩn chính hoặc liều kế truyền chuẩn có thể được hiệu chỉnh, sự khác nhau về các yếu tố môi trường giữa phòng thử nghiệm hiệu chuẩn và thiết bị chiếu xạ công nghiệp. Tham khảo ISO/ASTM guide 51261.

7.4.3.6 Dụng hàm đặc trưng độ nhạy

Dữ liệu hiệu chuẩn (thực nghiệm) tạo thành một hàm số có thể xác định liều từ độ nhạy liều kế đo được (xem ISO/ASTM Guide 51261 và Guide 51707). Mặc dù điều này có thể được thực hiện bằng cách sử dụng đồ thị độ nhạy được vẽ bằng tay theo liều, nhưng trong thực tế phương pháp toán học kèm theo qui trình (phép phân tích hồi qui) nhìn chung được sử dụng để thu được phép phân tích liên quan giữa độ nhạy liều kế và liều. Nói một cách chính xác, liều được sử dụng như một biến độc lập (biến x). Tuy nhiên, điều này có thể dẫn đến việc biểu thị khác nhau để tìm ra lời giải cho liều có chất lượng yêu cầu. Trong thực tế, liều là biến phụ thuộc (biến y) sẽ tiện lợi hơn. Với điều kiện dải liều được đưa ra không lớn hơn một bộ mười, qui trình này sẽ gây ra sai số đáng kể (xem ISO/ASTM Guide 51707 và báo cáo CIRM 29 của NPL).

CHÚ THÍCH 14 Phần mềm có bán sẵn trên thị trường cung cấp các giải pháp chuyển đổi đa thức, áp dụng ngoại suy phi tuyến tính thành gần tuyến tính để quản lý. Hàm toán học giống với trạng thái của liều kế mong muốn có thể cũng được phân tích nghịch đảo. Tham khảo Phụ lục A.1

CHÚ THÍCH 15 Nhìn chung, không có phép toán học nào được khuyến cáo biểu thị sự mô tả mối quan hệ không tuyến tính giữa độ nhạy và liều. Trong nhiều trường hợp, hàm đa thức (ví dụ: độ nhạy = $a + b \times \text{liều} + c \times \text{liều}^2 + \dots$) sẽ mô tả đầy đủ mối quan hệ đó. Các giá trị độ nhạy của từng liều kế sẽ được sử dụng, trong đó số đọc từ liều kế được chiếu xạ tạo ra từ cùng một liều sẽ không được lấy trung bình. Điều này có thể đánh giá được độ chênh lệch từ liều kế đến liều kế và cho phép các kết quả nằm ngoài giới hạn. Trong sự lựa chọn hàm đa thức, phép thử khẳng định chính là sử dụng đa thức thấp nhất mà sẽ cho dữ liệu mô tả thích hợp. Một trong những phương pháp tốt nhất để xác định bậc yêu cầu là kiểm tra sự phân bố số dư với liều làm tăng bậc đa thức (xem CIRM 29). Bậc đa thức được chọn là đa thức có bậc thấp nhất nhưng không đưa ra xu hướng hệ thống.

CHÚ THÍCH 16 Số dư (hoặc sai số) mô tả độ không chính xác (hoặc số dư) thay đổi sau khi điều chỉnh phương pháp hồi qui. Đó là chênh lệch giữa giá trị quan sát được thay đổi và giá trị dự tính theo phương pháp hồi qui. "Số dư tương đối" là số dư được phân bố theo giá trị quan sát được và giá trị dự tính. Điều chỉnh phần mềm sử dụng số dư không liên quan số dư tương đối. Tổng của các số dư (bao gồm tổng bình phương của số dư) là số lượng được rút gọn khi điều chỉnh đường chuẩn. Dụng đồ thị các số dư có thể là hình mẫu, dần dần dịch chuyển từ dương sang âm và giảm dần. Tầng bậc của đa thức nếu như tồn tại hình mẫu như vậy. Bậc thấp nhất không biểu thị xu hướng hệ thống là đa thức được chọn.

CHÚ THÍCH 17 Với phần mềm có bán sẵn trên thị trường, thì việc sử dụng hàm phi đa thức sẽ được xem xét trước khi sử dụng phương trình đa thức. Mỗi liên hệ giữa vật lý/hóa học như một hàm phi đa thức. Nếu độ nhạy của liều kế tuân theo mối liên hệ toán học đã biết hoặc luật vật lý, ví dụ logic toán học thì nên sử dụng hàm số.

7.4.3.7 Người nghiên cứu cần liên hệ với phòng thử nghiệm quốc gia hoặc phòng thử nghiệm hiệu chuẩn đo liều đã được công nhận để được hướng dẫn.

8 Đánh giá chất lượng

8.1 Chứng minh và lưu hồ sơ qui trình thử nghiệm tạo sự phân bố liều tái lập trong mẫu đã cho. Hồ sơ lưu phải gồm việc mô tả thiết bị và dụng cụ cần cho phép thử lặp lại độ chính xác của thử nghiệm.

8.2 Dụng cụ thử và phép hiệu chuẩn

8.2.1 Dụng cụ xử lý: Liều hấp thụ trong mẫu phụ thuộc các thông số thử nghiệm.

8.2.1.1 Phép thử cần dụng cụ và thiết bị

8.2.1.2 Lưu hồ sơ việc cài đặt chương trình hiệu chuẩn để đảm bảo rằng thiết bị và dụng cụ yêu cầu có thể ảnh hưởng sự phân bố liều được hiệu chuẩn định kỳ. Ví dụ hiệu chuẩn dụng cụ đo thời gian và kiểm tra máy quay dạng bộ xoay.

8.2.2 Các dụng cụ đo: Độ chính xác của phép xác định liều hấp thụ phụ thuộc vào việc vận hành và hiệu chuẩn chính xác dụng cụ phân tích sử dụng trong bộ đọc của các liều kế.

8.2.2.1 Kiểm tra định kỳ việc lắp đặt thiết bị phân tích để đảm bảo rằng thiết bị hoạt động theo các qui định lắp đặt. Lặp lại phép kiểm tra này theo bất kỳ sự thay đổi thiết bị hoặc bảo dưỡng dụng cụ nào và trước khi sử dụng thiết bị để hiệu chuẩn hệ đo liều. Phép kiểm tra này có thể được thực hiện bằng cách sử dụng các chuẩn chính như bộ lọc tỷ trọng quang đã hiệu chuẩn, bước sóng chuẩn hoặc máy đo độ dày đã hiệu chuẩn được cung cấp từ nhà sản xuất hoặc các phòng thử nghiệm quốc gia hoặc các phòng thử nghiệm chuẩn đã được công nhận.

8.2.2.2 Việc lắp đặt thiết bị sẽ được định kỳ kiểm tra và hiệu chuẩn lại.

9 Phương pháp thực nghiệm và phép đo phân bố liều

9.1 Mục đích

Mục đích của việc đo liều là để thiết lập mô hình chiếu xạ phù hợp nhất cho các mẫu và các sản phẩm bao gồm việc lựa chọn tất cả các thông số quá trình trọng điểm và cung cấp bằng chứng về độ tái lập của liều và sự phân bố liều.

9.1.1 Một phần mẫu hoặc sản phẩm bất kỳ nhận được liều hấp thụ phụ thuộc vào thiết bị chiếu xạ và các thông số thử nghiệm như loại nguồn và mô hình, mô hình chiếu xạ, thành phần và mật độ sản phẩm và sự phân bố sản phẩm.

9.2 Phép đo phân bố liều

Phép đo được thực hiện qua trường phân bố liều hấp thụ trong mẫu, trong đó gồm một mặt hàng riêng lẻ như hành hoặc khoai tây hoặc một nhóm mặt hàng như thùng hành hoặc thùng khoai tây. Xem ASTM guide E 2303.

9.2.1 Quá trình bức xạ được thiết kế sao cho có thể chiếu xạ mẫu một cách đồng đều nhất. Trong thực tế, có nhiều sự thay đổi nhất định về liều hấp thụ trong toàn mẫu. Đo phân bố liều hấp thụ được sử dụng để xác định độ lớn và vị trí của D_{max} và D_{min} để đưa ra bộ thông số thử nghiệm, bao gồm mô hình chuẩn cụ thể được dùng trong toàn bộ quá trình thử nghiệm. Sự thay đổi về kích thước của vật chứa (hộp, sọt) hoặc cấu hình sản phẩm đòi hỏi phải đo lại sự phân bố liều.

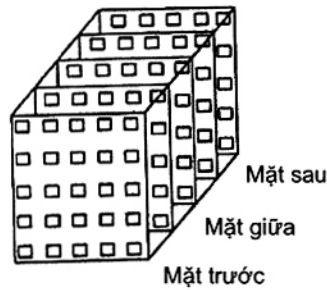
9.2.2 Đo phân bố liều gồm đặt liều kế trong mẫu, cả trên bề mặt và trong mẫu. Mô hình sắp xếp liều kế có thể nhận biết vị trí của D_{max} và D_{min} sẽ được lựa chọn (xem ASTM guide E 2303). Một số liều kế ở dạng dải hoặc tấm, giúp người nghiên cứu thu được một hoặc hai chiều phân bố liều và giảm số liều kế cần để tạo phân bố liều.

CHÚ THÍCH 18 Trước khi thực hiện phân bố liều, người nghiên cứu cần phải xem xét lại các tiêu chuẩn ISO/ASTM và các tài liệu khoa học thích hợp (5, 6, 9). Dữ liệu đo liều từ các thử nghiệm trước được tiến hành trước đó hoặc các phép tính theo lý thuyết có thể cung cấp các thông tin hữu ích cho việc xác định số lượng và vị trí của liều kế cần cho phép thực hành này.

9.2.3 Ví dụ về sơ đồ sắp xếp liều kế trong mô hình tọa độ ba chiều có thể là một hộp hoặc một sọt thực phẩm hoặc sản phẩm nông nghiệp đại diện được đưa ra trong Hình 1. Các liều kế (được minh họa như hình chữ nhật nhỏ) được đặt trong hộp để thu được biểu đồ liều hấp thụ (biểu đồ liều) trong hộp hoặc sọt. Khi tiến hành phép thử lặp lại qui trình đo phân bố liều sử dụng mô hình chuẩn qui định, thì có thể thu được mức độ tái lập về phân bố liều.

CHÚ THÍCH 19 Khi tiến hành nghiên cứu liên quan tới việc giảm ký sinh trùng, các vi khuẩn gây bệnh, virus...v.v.. thì thường sử dụng mẫu nhỏ để giảm số lượng thực phẩm hoặc vật liệu nông nghiệp có chứa vi sinh vật. Với mẫu nhỏ sẽ dễ dàng ngăn chặn được tác nhân vi sinh gây truyền nhiễm và thuận lợi hơn cho nhân viên phòng thử nghiệm để đảm bảo an toàn cho vật liệu trong qui trình kiểm soát. Các mẫu này có thể lấy với lượng và khối lượng rất nhỏ. Trong trường hợp này, người nghiên cứu có thể dùng liều kế nhỏ để đo phân bố liều hấp thụ trong vật liệu không bị nhiễm vi sinh vật. Trong trường hợp vật liệu được chiếu xạ chỉ có thể tích vài mililit hoặc khối lượng vài gam thì liều kế có thể được đặt bên cạnh vật chứa mẫu và đo được liều hấp thụ theo cách này.

CHÚ THÍCH 20 Trong trường hợp mẫu ở dạng dòng chảy rời hoặc dạng bột thì không thể thực hiện đo phân bố liều hấp thụ được. Trong trường hợp đó, có thể tính toán sự phân bố liều hấp thụ theo lý thuyết (xem ASTM guide E 2232). Đối với chất lỏng, các liều kế ở dạng khí bán rắn có thể dùng như một giải pháp thực tế.



**Hình 1 – Sơ đồ sắp xếp liều kế đối với
biểu đồ liều chứa sản phẩm khi chiếu xạ photon**

9.2.4 Vị trí và các giá trị của D_{max} và D_{min} trong mẫu sẽ xác định được từ dữ liệu phân bố liều và được báo cáo. Trong trường hợp có sự chênh lệch đáng kể giữa D_{max} và D_{min} trong mẫu, cần có biện pháp để giảm sự chênh lệch (xem 9.3). Nếu sự chênh lệch vẫn lớn hơn đáng kể độ không đảm bảo đo trong phép đo liều, thì hiệu chỉnh các hiệu ứng bức xạ ở vị trí qui định trong mẫu với liều hấp thụ ở vị trí đó.

CHÚ THÍCH 21 Ví dụ, người nghiên cứu tiến hành thử nghiệm để xác định hiệu quả của bức xạ ion hóa ức chế sự nảy mầm trong khoai tây. Nhiều mẫu khoai tây được yêu cầu chiếu xạ để thu được dữ liệu đánh giá thống kê. Khi sọt (hộp) khoai tây được chiếu xạ trên bề mặt, từ hai đến bốn cạnh, thì có thể có được dải liều phân bố. Như vậy, khoai tây ở giữa hộp sẽ nhận được liều hấp thụ nhỏ hơn khoai tây ở mặt bên hoặc ở các góc. Điều quan trọng là biết được sự phân bố liều trong sọt (hộp) khi khoai tây không bị trộn sau chiếu xạ. Khoai tây sẽ được di chuyển cẩn thận sao cho dữ liệu nghiên cứu trên từng cá thể khoai tây có thể được phối hợp với liều hấp thụ đã nhận được và hiệu ứng sinh học cụ thể (trong trường hợp này là ức chế sự nảy mầm) được tạo ra do liều hấp thụ.

9.2.5 Sự thay đổi trong hệ thống vận chuyển sản phẩm hoặc nguồn bức xạ đặc trưng có thể ảnh hưởng sự phân bố liều hấp thụ và như vậy cần phải lập lại qui trình đo phân bố liều.

9.3 Sự đồng đều về liều

9.3.1 Nếu bức xạ tới bị giảm đáng kể trong mẫu được chiếu xạ, thì có thể xuất hiện gradient liều hấp thụ lớn. Độ đồng đều liều trong mẫu có thể được cải thiện bằng cách chiếu xạ mẫu trên bề mặt xoay hoặc bằng cách chiếu xạ chúng từ hai hoặc bốn mặt. Việc thiết kế lại cấu hình bao gói cũng cần được xem xét. Gradient lớn trong liều hấp thụ có thể cũng được giảm tối thiểu bằng cách giảm thể tích mẫu.

9.3.2 Để giảm hiệu ứng bức xạ năng lượng thấp bị phân tán từ vật liệu bên ngoài mẫu thì cần lựa chọn vật chứa có thành phần giống nhau khi chứa mẫu (như polyetylen, polystyren hoặc polymethylmetacrylat đối với mẫu vi sinh).

9.3.3 Trong một số mô hình chiếu xạ, đặc biệt khi chiếu xạ tia gamma hoặc tia X (bức xạ hãm) là chuẩn trực, thì liều hấp thụ ở bề mặt của mẫu có thể thấp hơn đáng kể so với liều cân bằng, xuất

hiện ở độ sâu trong vật liệu, tương đương với dải điện từ thứ cấp tối đa [sâu khoảng 3 mm đối với vật liệu polyme bức xạ gamma cobalt-60 và từ 3 mm đến 5 mm đối với bức xạ tia X (bức xạ hãm 5 MeV)]. Để đạt được độ đồng đều liều tốt hơn trong mẫu thì vật chứa có thành dày sẽ gần bằng với dải này. Xem Tài liệu tham khảo (17) giải thích về điện từ thứ cấp và sự cân bằng điện từ.

9.3.4 Sự thay đổi đáng kể liều hấp thụ trong thực phẩm hoặc sản phẩm nông nghiệp khi mật độ và thành phần thay đổi trong sản phẩm. Các ví dụ về bề mặt chung giữa mô mềm và xương hoặc hạt quả và mô quả. Cần cố gắng tiến hành định lượng sự thay đổi liều hấp thụ này bằng cách sử dụng số lượng liều kế đủ để đặt hoặc đặt gần bề mặt chung.

9.3.5 Trong một số ứng dụng chiếu xạ mẫu, có thể tương đối gần với nguồn bức xạ, tạo gradient liều hấp thụ gần đáng kể ở mặt ngoài của mẫu. Do đó, quan trọng là cần chọn hệ đo liều mà có thể phát hiện các gradient này. Các liều kế nhỏ hoặc màng mỏng dạng dải hoặc bản có thể được dùng để thu được thông tin có ích về các gradient liều này.

9.3.6 Thiết lập mô hình chuẩn và xác định được bộ thông số thử nghiệm cuối cùng để đưa vào hồ sơ thử nghiệm, phép đo liều được sử dụng để mô tả sự thay đổi liều hấp thụ khi các điều kiện dao động về lý thuyết qua các điều kiện thử nghiệm thông thường. Mức độ thay đổi này có thể được thiết lập qua một vài phép phân bố liều nhận biết mẫu, sử dụng các điều kiện chiếu xạ nhận biết. Kết quả sự thay đổi thống kê trong sự phân bố liều hấp thụ trong mẫu chiếu xạ sẽ được đánh giá và báo cáo như một phần của các kết quả thử nghiệm.

9.4 Vị trí kiểm tra thường xuyên

Nếu không thể đặt trước liều kế vào vị trí của D_{min} trong các thử nghiệm thì có thể thay bằng vị trí kiểm tra để đo thường xuyên (xem 10.2). Mỗi liên hệ về liều giữa các vị trí này và vị trí D_{min} phải được thiết lập (trong suốt quá trình đo phân bố liều) để đưa ra độ tái lập và lưu hồ sơ.

9.5 Thực phẩm đã làm lạnh hoặc đông lạnh

Liều hấp thụ không bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ của thực phẩm hoặc sản phẩm nông nghiệp. Tuy nhiên, độ nhạy liều kế có thể ảnh hưởng bởi nhiệt độ. Trong thực tế, độ nhạy của hầu hết các liều kế đều phụ thuộc nhiệt độ và sự phụ thuộc này thường thay đổi theo mức liều hấp thụ và/hoặc suất liều. Như vậy, đối với các ứng dụng cho thực phẩm đã làm lạnh và đông lạnh thì có thể tiến hành phân bố liều theo một trong hai phương pháp sau:

9.5.1 Có thể tiến hành đo phân bố liều hấp thụ mẫu hoặc mẫu tương tự ở nhiệt độ môi trường. Phép đo này yêu cầu không có sự thay đổi bất kỳ thông số nào mà có thể ảnh hưởng liều hấp thụ trong suốt quá trình chiếu xạ thực phẩm dạng đông lạnh hoặc dạng đóng băng. Đo phân bố liều ở nhiệt độ môi trường bao gồm việc đặt một hoặc nhiều liều kế ở vị trí kiểm tra thường xuyên (xem 9.4) mà sẽ có thể tách gradient nhiệt độ trong mẫu, trong suốt các thử nghiệm thường xuyên. Các liều kế

đo thường xuyên sẽ được đặt ở vị trí kiểm tra thường xuyên trong suốt quá trình thử nghiệm mẫu đã làm lạnh hoặc đông lạnh.

9.5.2 Có thể tiến hành đo phân bố liều hấp thụ ở nhiệt độ mà mẫu sẽ bị làm lạnh hoặc đông lạnh trong các thực nghiệm, sử dụng hệ đo liều đặc trưng ở nhiệt độ này hoặc độ nhạy của chúng không bị ảnh hưởng đáng kể bởi nhiệt độ. Nhiệt độ của mẫu và các liều kế trong chiếu xạ phải được duy trì tương đối ổn định (ví dụ, sử dụng vật chứa giữ nhiệt).

9.6 Thiết bị chiếu xạ dòng chảy rời

Đo phân bố liều hấp thụ như mô tả trong 9.2 có thể không thực hiện được cho dòng chảy sản phẩm qua vùng chiếu xạ. Trong trường hợp này, D_{max} và D_{min} sẽ được đánh giá bằng cách sử dụng số liệu kế thích hợp trộn ngẫu nhiên, cùng với sản phẩm, qua vùng chiếu xạ (4). Các liều kế sử dụng phải đủ để thu được kết quả đáng kể về thống kê. Tính D_{max} và D_{min} theo phương án lựa chọn thích hợp (xem ASTM E 2381).

10 Phép đo liều trong thử nghiệm

10.1 Mục đích

Một khi độ tái lập của sự phân bố liều hấp thụ được thiết lập cho một tập hợp các điều kiện thực nghiệm cho trước (xem 9.3.6), thì phép đo liều hấp thụ định kỳ trong các quá trình thử nghiệm với mức độ thống kê thích hợp, là một yêu cầu tiên quyết của Thực hành phòng thử nghiệm tốt (GLP).

10.2 Trong thử nghiệm độ tái lập, đo liều hấp thụ ở vị trí D_{max} và D_{min} hoặc ở vị trí kiểm tra thường xuyên thay thế được nhận biết trong qui trình đo phân bố liều (xem 9.4) sẽ phải đủ để nhận biết liệu các điều kiện thử nghiệm có nằm trong qui định hay không (xem Hình 2).

10.3 Cấu hình nạp mẫu

Các thử nghiệm sẽ sử dụng cùng một cấu hình nạp mẫu và cấu hình chiếu xạ mà được xác định trước (xem Điều 9).

10.4 Lựa chọn liều bia

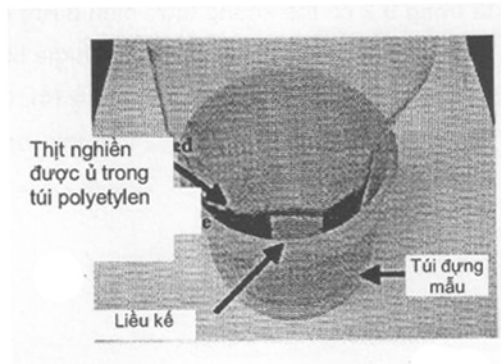
Biên bản thử nghiệm thường bao gồm việc lựa chọn một vài liều bia để giúp cho việc xác định liều hấp thụ quang đối với qui trình/hiệu quả trong các quyết định.

10.4.1 Điều cần thiết là lựa chọn liều bia được lấy trong phép tính sự thay đổi liều thực trong mẫu. Như vậy, độ rộng của bước (khoảng cách/chênh lệch) giữa các liều bia sẽ lớn hơn chênh lệch giữa D_{max} và D_{min} đối với các liều bia tương ứng (xem Hình 3).

10.4.2 Khi áp dụng, cần xem xét đến liều dịch chuyển và định lượng (xem ISO/ASTM gui 52116).

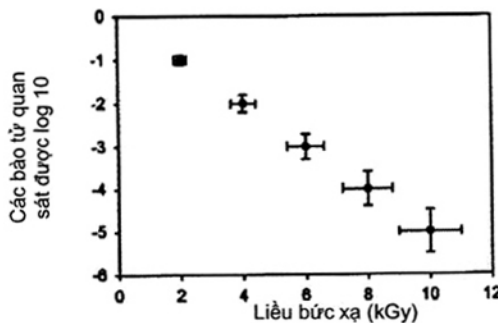
10.5 Ảnh hưởng môi trường

Do độ nhạy liều kế ảnh hưởng bởi các điều kiện môi trường, do đó nên tiến hành cẩn thận để đảm bảo rằng các điều kiện này trong thử nghiệm giống với các điều kiện trong quá trình hiệu chuẩn bức xạ liều kế. Giá trị đo được của độ nhạy liều kế sẽ được hiệu chuẩn để tính bất kỳ sự ảnh hưởng đã biết nào như do nhiệt độ. Cũng cần tiến hành cẩn thận trong xử lý và bảo quản liều kế trước và sau chiếu xạ (xem ISO ASTM guide 51261 và ISO/ASTM practic đối với hệ đo liều cụ thể).



Hình 2 – Thiết lập thử nghiệm đối với chiếu xạ thịt nghiền

CHÚ THÍCH Việc thiết lập thử nghiệm này đối với chiếu xạ thịt nghiền đã tách vi sinh vật gây hư hỏng thực phẩm chứa xương, được thiết kế để xác định hiệu quả của bức xạ ion hóa lên vi sinh vật gây hư hỏng có thể sống sót được. Một trăm gam thịt nghiền, tách vi sinh vật gây hư hỏng thực phẩm chứa xương, được chứa trong túi nhựa, sử dụng cho mẫu vi sinh, sau đó được đặt thẳng đứng ở tâm của vật chứa bằng nhựa (vật chứa mẫu). Phân bố liều trong cấu hình mẫu (trọng lượng, đường kính, mật độ) được tiến hành trước tiên dùng cho thịt nghiền chưa bị tách vi sinh vật. Mẫu thịt nghiền đã được định hình để cải thiện sự đồng đều liều. Mẫu và vật chứa sau đó được đặt ở tâm của trường bức xạ của thiết bị chiếu xạ tự che chắn, bảo quản khô bằng tia gamma khi ở vị trí chiếu xạ. Với cùng cấu hình này (cấu hình chuẩn) được dùng cho tất cả các thử nghiệm lặp lại. Vật chứa mẫu có cùng mật độ xấp xỉ mẫu thịt. Do việc đặt liều kế trong mẫu sẽ là mối nguy về an toàn, nên nó được nối với mặt bên của vật chứa mẫu ở vị trí xác định trước (vị trí kiểm tra thường xuyên) để kiểm tra liều hấp thụ trong thử nghiệm thường xuyên. Tất cả các phép đo lặp lại cần được phân tích thống kê.



Hình 3 – Lựa chọn độ rộng của liều bia

CHÚ THÍCH Ví dụ về sự lựa chọn độ rộng bước đi của liều bia. Sự minh họa bằng đồ thị này đại diện cho sự tăng khả năng sống sót của bào tử vi khuẩn đã được cấy vào trong sản phẩm thực phẩm lên độ nhạy từ bức xạ ion hóa. Ghi lại thử nghiệm đã được thiết kế như thước đo sai số đối với liều hấp thụ, bao gồm D_{max} và D_{min} không bị gó lên nhau. Đường cong hiệu quả về liều có thể cũng tuyến tính hoặc không tuyến tính phụ thuộc kết quả đo được.

10.6 Thực phẩm đã làm lạnh và đông lạnh

Sử dụng hệ đo liều đã được định rõ đặc điểm ở nhiệt độ thử nghiệm hoặc có sự chênh lệch nhiệt độ không đáng kể. Nếu sử dụng hệ đo liều phụ thuộc đáng kể vào nhiệt độ thì đặt liều kế đo thường xuyên tại vị trí kiểm tra thường xuyên tách biệt với gradient nhiệt độ (xem 9.4 và 9.5). Xem ISO/ASTM guide 51261 và các thực hành cho từng hệ đo liều được liệt kê trong 2.1 và 2.2.

10.7 Cấu hình dòng chảy rời

Đối với một số loại thiết bị chiếu xạ dòng chảy rời (ví dụ, quả hoặc hạt chảy liên tục trong quá trình chiếu xạ) không thể thực hiện được trong quá trình thử nghiệm, đặt liều kế ở vị trí D_{max} và D_{min} . Trong trường hợp này, bổ sung một số liều kế được trộn ngẫu nhiên với sản phẩm qua vùng chiếu xạ ở thời điểm bắt đầu thử nghiệm. Đối với chương trình chiếu xạ dài, bổ sung liều kế ở giữa và gần cuối chương trình thử nghiệm. Mỗi tập hợp phép đo liều hấp thụ cần một vài liều kế để đảm bảo rằng D_{max} và D_{min} đo được. Quy trình này yêu cầu các liều kế chảy trên cùng một đường qua vùng chiếu xạ như mẫu thử nghiệm (4).

10.8 Sử dụng phương pháp phân tích thống kê cho phép đo liều hấp thụ thường xuyên để kiểm tra các thay đổi không mong muốn trong thử nghiệm.

CHÚ THÍCH 22 Khi nghiên cứu các kết quả thử nghiệm hiện tại, ở dạng báo cáo kỹ thuật hoặc các công bố được xem xét lại ở dạng tài liệu khoa học, thì sự thay đổi thống kê về liều trong hệ thống thử nghiệm sẽ phải được báo cáo. Điều này bao gồm các thay đổi về độ nhạy liều kế đối với các liều kế đã đưa ra, hoặc sự thay đổi giữa phép thử nghiệm lặp lại sử dụng cấu hình chuẩn đối với thực phẩm hoặc sản phẩm nông sản. Ngoài ra, các đặc tính của thực phẩm hoặc sản phẩm nông nghiệp được chiếu xạ (pH, mật độ, giai đoạn, sức sống, hoạt độ nước, nhiệt độ sản phẩm trong khi chiếu xạ.v.v...) thì dữ liệu đo liều cũng cần được báo cáo, bao gồm các giá trị D_{max} và D_{min} . Mặc dù không thể tiến hành với mẫu rất nhỏ, nhưng cách tốt nhất để thực hiện điều này là gồm một đồ họa (biểu đồ liều) về sự thay đổi liều hấp thụ tồn tại trong mẫu chiếu xạ. Dữ liệu thống kê, ví dụ, sai số chuẩn của độ lệch trung bình hoặc độ lệch chuẩn và các giới hạn tin cậy cũng sẽ được sử dụng để đưa ra sai số ước tính phù hợp với các thay đổi và dao động trong thử nghiệm. Thông tin này không đầy đủ nếu không đưa ra số lần quan sát thích hợp với phép thống kê này.

11 Yêu cầu tối thiểu về hồ sơ

11.1 Lưu hồ sơ và báo cáo thông tin sau khi áp dụng:

11.1.1 Loại thiết bị chiếu xạ và loại bức xạ phát xạ do nguồn bức xạ;

TCVN 8771:2011

11.1.2 Đối với máy gia tốc, hầu hết các bộ phận có thể tạo năng lượng bao gồm: bất kỳ bộ lọc nào, cường độ chùm tia, bộ điện áp, băng chuyền hoặc tốc độ vận chuyển sản phẩm. Đối với các thiết bị tia X (bức xạ hãm), thì cần xác định vị trí của tia X đích.

11.1.3 Khoảng cách giữa nguồn và bề mặt hoặc tâm của mẫu chiếu xạ;

11.1.4 Dữ liệu vật lý về mẫu chiếu xạ, ví dụ, đường kính, khối lượng, thành phần;

11.1.5 Các đặc tính của vật chứa hoặc dụng cụ được dùng để giữ mẫu trong quá trình chiếu xạ;

11.1.6 Cấu hình nguồn, gồm sự phân bố nucleit phóng xạ (nếu áp dụng);

11.1.7 Sự thay đổi suất liều hấp thụ (hoặc liều hấp thụ) trong mẫu;

11.1.8 Điều kiện nhiệt độ và không khí duy trì quanh mẫu trong quá trình chiếu xạ.

11.1.9 Loại và số hiệu nhận biết của liều kế được sử dụng, bao gồm bao gói của chúng và vị trí trong mẫu.

11.1.10 Mô tả hàm độ nhạy hoặc đường cong hiệu chuẩn của hệ đo liều thích hợp với các điều kiện thực nghiệm và phép đo liên kết của chúng với các chuẩn quốc gia hoặc quốc tế.

11.1.11 Hàm lượng ẩm và pH của mẫu;

11.1.12 Số phép thử nghiệm lặp lại;

11.1.13 Sự mô tả toàn diện mẫu được chiếu xạ, ví dụ, giống, loài, giai đoạn sống của côn trùng hoặc ngành động vật nguyên sinh, giai đoạn phát triển của vi khuẩn. Trong trường hợp rau quả bao gồm: giống, độ tuổi, sức sống, độ chín, độ chín thuần thực, màu môi trường tạo độc (nếu có), phương pháp, độ dài và nhiệt độ bảo quản trước và sau chiếu xạ. Trong trường hợp mẫu là thịt hoặc thịt gia cầm, thì việc nhận biết sản phẩm chính xác được chiếu xạ khi chiếu xạ: thịt chứa xương, mô thịt cắt, độ tuổi, thời điểm giết mổ, phương pháp bảo quản và/hoặc vận chuyển và các kích thước vật lý. Nhìn chung, các chi tiết về các yếu tố này đã được xem như các yếu tố chất lượng của sản phẩm trong bất kỳ công nghệ chế biến nào khác, và;

11.1.14 Mô tả bao gói hoặc vật liệu bao gói tiếp xúc với mẫu.

11.2 Phòng thử nghiệm phải giữ lại tất cả các hồ sơ theo dõi, tính toán, sự phân bố và báo cáo hiệu chuẩn. Hồ sơ phải chứa đầy đủ thông tin cho từng phép đo hoặc phép tính được tiến hành. Các hồ sơ này gồm việc nhận dạng tất cả nhân viên thực hiện phép đo hoặc phép tính.

12 Độ không đảm bảo đo

12.1 Phép đo liều phải kèm theo độ không đảm bảo đo mới có giá trị.

12.2 Thành phần độ không đảm bảo đo sẽ được phân thành hai loại sau đây:

12.2.1 Loại A - Được đánh giá bằng phương pháp thống kê, hoặc

12.2.2 Loại B - Được đánh giá bằng phương pháp khác.

12.3 Các cách khác về phân loại độ không đảm bảo đo được dùng rộng rãi và có thể có ích cho báo cáo về độ không đảm bảo đo. Ví dụ, thuật ngữ độ chụm và độ chệch hoặc sai số ngẫu nhiên và sai số hệ thống (không ngẫu nhiên) được dùng để mô tả các loại độ không đảm bảo đo khác nhau.

CHÚ THÍCH 23 Nhận biết độ không đảm bảo đo loại A và loại B dựa trên phương pháp đánh giá độ không đảm bảo đo xuất bản năm 1995 bởi Tổ chức Tiêu chuẩn hoá quốc tế (ISO) trong tài liệu hướng dẫn về biểu thức độ không đảm bảo trong phép đo (18). Mục đích dùng loại đặc trưng này là để tăng cường sự hiểu biết về độ không đảm bảo được xây dựng như thế nào và cung cấp cơ sở để so sánh quốc tế về kết quả đo.

CHÚ THÍCH 24 ISO/ASTM Guide 51707 xác định các nguồn của độ không đảm bảo đo trong phép đo thực hiện trong thiết bị xử lý chiếu xạ và đưa ra quy trình đánh giá độ không đảm bảo đo trong kết quả đo trong phép đo liều hấp thụ sử dụng hệ đo liều. Tài liệu này đưa ra và bàn luận các khái niệm cơ bản về phép đo, bao gồm đánh giá giá trị định lượng, giá trị "đúng", sai số và độ không đảm bảo đo. Thành phần của độ không đảm bảo đo được xem xét và đưa ra phương pháp đánh giá chúng. Tài liệu này cũng đưa ra các phương pháp tính độ không đảm bảo đo chuẩn kết hợp và độ không đảm bảo đo mở rộng (tổng thể).

Phụ lục A

(Tham khảo)

A1. Phần mềm máy tính

A1.1 Do tính phức tạp của phép tính, cần gắn liền mô hình hiệu chuẩn và đánh giá kết quả liệu hấp thụ không thay đổi nên cần sử dụng phần mềm máy tính để thực hiện phép tính toán. Nhiều bộ phần mềm có bán sẵn trên thị trường có thể tiến hành cho một số hoặc tất cả các phép tính mong muốn.

A1.2 Các ví dụ về bộ phần mềm bao gồm các bộ phần mềm thống kê chung như SAS, Statistica, Stalab, Stata, Sigman Stat hoặc Minitab; các bộ phần mềm/ngôn ngữ đặc biệt như Mathcad, Splus hoặc GraphPad; hoặc bảng tính được sử dụng thường xuyên như phần mềm Excel.

A1.3 Nhiều bộ phần mềm thống kê có dữ liệu được sưu tập về cặp đôi độc lập (X, Y). Một số bộ phần mềm thống kê này, có cấu trúc dữ liệu hiệu chuẩn liệu kế, trong đó thường sử dụng một giá trị X cho hai giá trị Y . Do vậy, nên phép thử phù hợp nhất không được chọn sẵn mà tốt hơn là phải được xây dựng từ các yếu tố thích hợp từ dữ liệu in ra từ máy tính chuẩn. Để hiểu chi tiết hơn về cả hai phép tính được tiến hành theo bộ phần mềm thống kê và phép tính khẳng định, thì cần tiến hành theo sự chỉ dẫn này.

A1.4 Hầu hết các bộ phần mềm thống kê không có số hiệu điều tra thường xuyên cho việc đánh giá liệu hấp thụ và độ không đảm bảo đo về liệu hấp thụ. Khả năng này, được coi như một hàm toán học và có thể tìm thấy trong bộ phần mềm toán học chính xác hơn như MathCad hoặc MatLab hoặc trong hàm toán học được in ra từ máy tính.

A1.5 Tiến hành hiệu chuẩn liệu kế và đánh giá liệu, sử dụng phần thống kê và/hoặc dữ liệu được in ra từ máy tính có thể cần kết hợp một số yếu tố đưa vào để thu được phép tính mong muốn.

Thư mục tài liệu tham khảo

- (1) TCVN TCVN 7247 (Codex Stan 106-1983, REV.1-2003) Thực phẩm chiếu xạ – Yêu cầu chung và TCVN 7250 (CAC/RCP 19-1979, Rev.2-2003) Quy phạm thực hành chiếu xạ xử lý thực phẩm. Codex Alimentarius, Food and Agriculture Organization and World Health Organization. Rome. 2003.
- (2) *Preservation of Food by Ionizing Radiation*, Vols 1-3, Josephson, E. S., and Peterson. M. S., eds., CRC Press, Boca Raton. FL, 1983.
- (3) McLaughlin. W. L., Jarrett SR., R. D., and Olejnik. T A., "Dosimetry," *Preservation of Food by Ionizing Radiation*, Vol 1. CRC Press. Boca Raton, FL. 1983; chap. 8.
- (4) Ehlermann. D. A. E., "Dose Distribution and Methods for its Determination in Bulk Particulate 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 Bundesgesund-heitsamtes, Munchen. 1988. pp. 415-419.
- (5) Farkas. J., *Irradiation of Dry Food Ingredients*, CRC Press Inc., Boca Raton. Florida, USA 1988.
- (6) "Food Irradiation, a Technique for Preserving and Improving the Safety of Food," ISBN: 9241542403. A World Health Organization Report. Geneva. 1988.
- (7) Diehl., J. F., *Safety of Irradiated Food*, CRC Press, 2nd ed., Marcel Dekker, New York, NY. USA. 1995.
- (8) *Food Irradiation: Principles and Applications*. Molins. R.A., ed., John Wiley & Sons. New York. NY. 2001.
- (9) *Dosimetry for Food Irradiation*. Technical Reports Series No. 409. International Atomic Energy Agency. Vienna. 2002.
- (10) Urbain, W. M., *Food Irradiation*, Academic Press, Inc., New York. NY. 1986.
- (11) ANSI N433.1-1978, "Safe Design and Use of Self-Contained, Dry Storage Gamma Irradiators." American National Standards Institute, 1430 Broadway. New York. NY. 10018.
- (12) ANSI/HPS N43.15-2001. American National Standard. "Safe Design and Use of Self-Contained Wet Source Storage Gamma Irradiators (Category III)." American National Standards Institute, 1430 Broadway, New York. NY. 10018.
- (13) ANSI/HPS N43.10-2001. American National Standard. "Safe Design and Use of Panoramic, Wet Source Storage Gamma Irradiators (Category IV) and Dry Source Storage Gamma Irradiators (Category II)." American National Standards Institute. 1430 Broadway. New York. NY. 10018.
- (14) *Handbook of Chemistry and Physics*. 89th ed., CRC Press, Boca Raton, FL. 2009.

- (15) Unterweger. M. P, (2003), "Radionuclide Half-life Measurements at the National Institute of Standards and Technology (version 3.0)," available online: <http://physics.nist.gov/HalfLife> (2009. February 20), National Institute of Standard and Technology. Gaithersburg. MD, USA.
- (16) Hartshorn. A., Mackay, G. Spender, M., and Thomson, I., Absorbed Dose Mapping in Self-Shielded Irradiators Using Direct Reading MOSFET Dosimeters, presented at the Health Physics Society-Annual Meeting. July. 1995. Available from Thomson and Nielsen Electronics. 25E Nortnside Road. Nepean, Ontario. Canada K2H 8S1.
- (17) *Radiation Dosimetry*, Vol 1. Attix. F H., and Roesch, W. C., eds., Academic Press, New York and London. 1968.
- (18) *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*. International Organization for Standadization. 1995. ISBN 92-67-10188-9.
-