

THIẾT KẾ HỆ THIẾT BỊ ĐO PHÂN BỐ MẬT ĐỘ NHẢM TÍNH TOÁN NHANH PHÂN BỐ LIỀU TRONG THÙNG SẢN PHẨM CHIẾU XẠ TRÊN MÁY GIA TỐC UELR-10-15S2

Cao Văn Chung*, Nguyễn Đức Hòa, Phan Phước Thắng, Lê Quang Thành

Trung tâm Nghiên cứu và Triển khai Công nghệ bức xạ, VINAGAMMA

Email: chungvinagamma@gmail.com*

Tóm tắt: Hệ thiết bị đo phân bố mật độ được xây dựng trên nguyên lý suy giảm của gamma trong vật chất. Số đếm ghi nhận bởi detector nhấp nháy của gamma phát từ nguồn sau khi đi qua thùng sản phẩm được sử dụng để tính phân bố mật độ từ đó tính toán phân bố liều hấp thụ trong thùng sản phẩm chiếu xạ bằng điện tử 10 MeV phát ra bởi máy gia tốc UELR-10-15S2. Nguồn gamma sử dụng trong hệ thiết bị được chọn là Cs-137, phù hợp với đa số thùng sản phẩm chiếu xạ. Detector nhấp nháy, thiết kế hệ vận chuyển và hệ điều khiển cũng được chọn để xây dựng hệ thiết bị. Các kết quả hiệu chỉnh, hiệu chỉnh thiết bị đã được hiện; Kết quả đo kết hợp tính toán phân bố liều khảo sát trên mẫu thực phù hợp với kết quả xác định phân bố liều hấp thụ bằng liều kế B3 (GEX). Hệ thiết bị có ý nghĩa trong việc xác định nhanh phân bố liều trong thùng sản phẩm chiếu xạ, đảm bảo chất lượng dịch vụ chiếu xạ tại Trung tâm Nghiên cứu và Triển khai Công nghệ Bức xạ.

Từ khóa: *Phân bố mật độ, phân bố liều hấp thụ, chiếu xạ...*

I. MỞ ĐẦU

Điện tử 10 MeV phát từ máy gia tốc UELR-10-15S2 có khả năng xuyên sâu kém, bị hấp thụ gần như hoàn toàn ở độ sâu 5,6 cm nước. Như vậy, đối với thùng sản phẩm chiếu xạ bằng điện tử 10 MeV, mật độ thùng sản phẩm phải đảm bảo điều kiện nhỏ hơn $4,0 \text{ g/cm}^2$ cho trường hợp chiếu xạ một mặt và $8,6 \text{ g/cm}^2$ cho trường hợp chiếu hai mặt [1,2]. Tuy nhiên, phần lớn với trường hợp chiếu xạ hàng cụ thể, việc xác định hay đảm bảo mật độ của thùng sản phẩm thỏa kiện trên là rất khó khăn và đôi khi không thể. Như trên một số mặt hàng thủy sản đông lạnh có tỷ trọng trung bình từ $6,8$ đến $7,6 \text{ g/cm}^2$ phù hợp với điều kiện chiếu xạ nhưng thực tế phân bố tỷ trọng có thể vượt mức $8,6 \text{ g/cm}^2$ gây hiện tượng liều hấp thụ trong sản phẩm không đạt yêu cầu (Hình 1, Bảng 1).

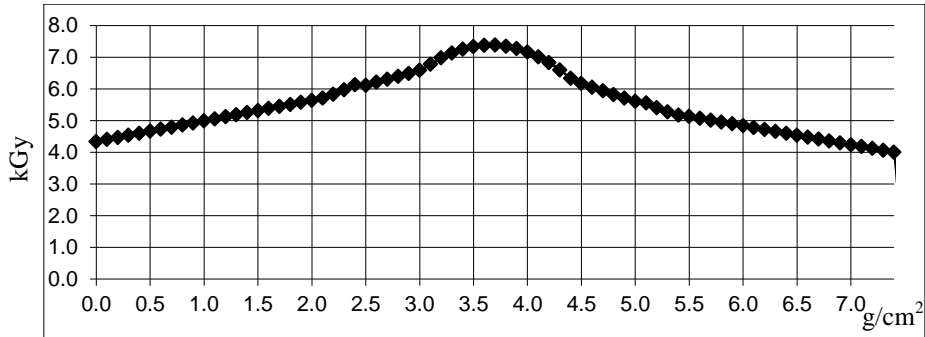


Hình 1. Quy cách đóng gói của hàng cá ngừ cắt khúc (trái) và cắt hạt lựu (phải)

Bảng 1: Kết quả đo phân bố liều sau chiếu xạ cho cá ngừ cắt khúc và cắt hạt lựu

	Cá ngữ cắt khúc	Cá ngữ cắt hạt lựu
Tỷ trọng trung bình (g/cm^2)	7,4	7,2
Liều bề mặt sản phẩm (kGy)	4,3/4,5/4,1	4,2/4,6/5,0
Liều giữa thùng sản phẩm (kGy)	Không xác định được	5.2/2.1/1.9

So sánh với kết quả mô phỏng bằng chương trình MCNP [3] phân bố liều với tỷ trọng hàng $7,4 \text{ g}/\text{cm}^2$ (Hình 2) cho thấy có sự sai khác rất lớn (Bảng 2).



Hình 2. Kết quả mô phỏng phân bố liều hấp thụ trong thùng sản phẩm có tỷ trọng $7,4 \text{ g}/\text{cm}^2$ chiếu xạ bằng chùm điện tử 10 MeV bằng chương trình MCNP.

Bảng 2: Sai khác giữa kết quả mô phỏng và đo liều thực nghiệm

	Kết quả mô phỏng MCNP	Thùng cá ngữ cắt khúc	Thùng cá ngữ cắt hạt lựu
Liều tại mặt thùng sản phẩm (kGy)	4,3	4,3/4,5/4,1	4,2/4,6/5,0
Liều tại mặt giữa thùng sản phẩm (kGy)	7,4	Không xác định được	5.2/2.1/1.9
Sai khác giữa đo liều và kết quả mô phỏng (%)	-	Không xác định	380

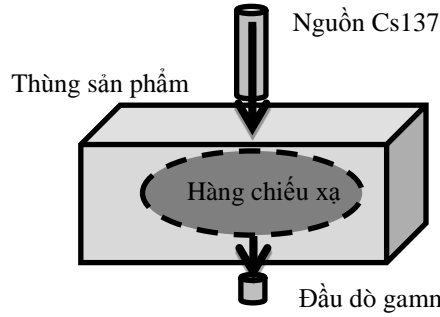
Kết quả đo liều thực nghiệm và mô phỏng cho thấy có sự sai khác lớn giữa giá trị mật độ trung bình và mật độ địa phương trên thùng sản phẩm dẫn đến phân bố liều dự đoán trong thùng sản phẩm chiếu xạ bằng chùm điện tử 10 MeV có sai lệch với kết quả đo liều thực nghiệm.

Như vậy, để kiểm soát được phân bố liều hấp thụ trong thùng sản phẩm, yêu cầu đầu tiên phải xác định được phân bố mật độ của thùng sản phẩm. Phân bố mật độ thùng sản phẩm có thể được xác định bằng thiết bị phù hợp sử dụng nguyên lý suy giảm cường độ gamma qua vật chất.

II. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC, THIẾT KẾ HỆ THIẾT BỊ ĐO PHÂN BỐ MẬT ĐỘ

2.1 Nguyên lý làm việc của hệ thiết bị đo phân bố mật độ

Hệ đo phân bố mật độ làm việc dựa trên sự suy giảm chùm gamma qua lớp vật liệu. Trong đó, số đếm từ nguồn giảm tỷ lệ với chiều dày lớp vật liệu mà nó truyền qua. Từ hàm khớp về mối tương quan giữa số đếm gamma ghi nhận bởi đầu dò và chiều dày vật liệu hiệu chuẩn từ trước, hệ thiết bị có thể xác định mật độ của sản phẩm chiếu xạ một cách nhanh chóng và chính xác.



Hình 3. Nguyên lý xây dựng hệ thiết bị đo phân bố mật độ áp dụng nguyên lý suy giảm gamma qua vật chất

Bảng 3: Tỷ lệ giữa số đếm gamma bởi đầu dò (N) và chiều dày vật liệu (MDF)

Số lớp MDF	N	Ln(N)	Tỷ trọng (g/cm ²)
0	20.097	9,90	0,00
1	18.979	9,85	1,12
2	18.067	9,80	2,24
3	17.250	9,75	3,36
4	16.159	9,69	4,48
5	15.313	9,63	5,60
6	14.337	9,57	6,71
7	13.634	9,52	7,83
8	12.667	9,44	8,95
9	12.017	9,39	10,07
10	11.135	9,31	11,19

2.2 Thiết kế hệ thiết bị đo phân bố mật độ

Dựa vào nguyên lý làm việc, hệ thiết bị được thiết kế bao gồm các thành phần:

- Nguồn phát gamma Cs137, hoạt độ 10 mCi với thiết kế che chắn phù hợp;
- Hệ cơ khí vận chuyển thùng sản phẩm bằng mô tơ bước;
- Hệ đầu dò nhấp nháy NaI, tiền khuếch đại, khuếch đại và nguồn cao thế 600V;
- Vi xử lý ghi nhận số đếm, tính toán và màn hình hiển thị.



Hình 4. Thiết kế và hệ đo phân bố mật độ hoàn chỉnh cùng một số bộ phận

Bảng 4: Chi tiết kỹ thuật của hệ thiết bị đo mật độ

Kích thước giới hạn thùng sản phẩm (cm)	50 x 50 x 30
Thời gian đo tối thiểu một điểm	1 giây cho phép đo thông thường
Số điểm đo	1, 25, 400
Chế độ đo	Đo chi tiết, đo tương đối, đo hiệu chỉnh/chuẩn
Thời gian đo hoàn chỉnh một thùng sản phẩm	600 giây cho chế độ đo chi tiết 60 giây cho chế độ đo tương đối

III. HIỆU CHUẨN THIẾT BỊ, CHẠY THỬ TRÊN THÙNG SẢN PHẨM

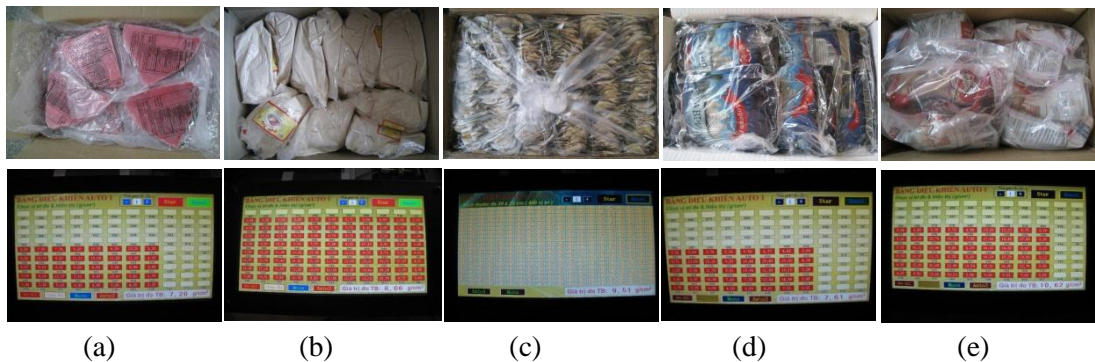
3.1 Hiệu chuẩn thiết bị

Thiết bị hoàn chỉnh được hiệu chuẩn trước khi sử dụng. Vật liệu dùng trong phép đo hiệu chuẩn được lựa chọn là MDF, vật liệu có thành phần nguyên tố tương đồng với sản phẩm chiếu xạ. Mỗi lớp MDF có chiều tỷ trọng tương ứng 1,12 g/cm², số lớp MDF được thêm vào tương ứng với tỷ trọng 1,12.n g/cm². Kết quả hiệu chuẩn bằng MDF được trình bày trong Bảng 3, mối tương quan giữa tỷ trọng và số đếm được thể hiện qua phương trình:

$$\rho \text{ [g/cm}^2\text{]} = -19.081 * \ln(N) + 189.29 \text{ với } R^2=0.997 \quad (1)$$

3.2 Chạy thử hệ thiết bị đo phân bố mật độ trên một số sản phẩm chiếu xạ

Một số sản phẩm chiếu xạ có phổ biến được sử dụng để chạy kiểm tra bao gồm: hàng thực phẩm đông lạnh, thực phẩm khô, thức ăn thú cưng, hàng gia vị. Các sản phẩm được lựa chọn kiểm tra có đóng gói đa dạng và có tính đặc trưng. Kết quả đo phân bố mật độ được thể hiện trong Hình 5.



Hình 5. Phân bố mật độ của một số loại hàng: cá ngừ đông lạnh (a), bột tiêu (b), cá chỉ vàng khô (c), thức ăn thú cưng (d,e).

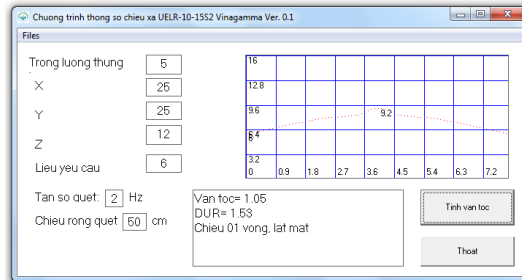
Các sai khác của giá trị phân bố tỷ trọng được xác định gián tiếp qua phép so sánh liều hấp thụ trong sản phẩm và kết quả tính toán phân bố liều dựa trên phân bố mật độ của thùng sản phẩm xác định từ hệ thiết bị [1]. Bảng 5 thể hiện kết quả đo liều bằng liều kế và tính toán liều tại vị trí giữa thùng sản phẩm (giá trị liều cực tiểu - Dmin) của một thùng sản phẩm thức ăn thú cưng đặc trưng.

Bảng 5. Giá trị liều Dmin trong thùng sản phẩm thức ăn thú cưng

Kích thước thùng sản phẩm (cm)	28 x 36 x24				
Khối lượng (g)	7.200				
Tỷ trọng trung bình (g/cm³)	7,14				
Tỷ trọng xác định bằng thiết bị (g/cm³)	8,2	7,6	5,0	6,2	5,6
Giá trị đo liều (kGy)	6,8	9,4	10,5	12	12,0
Giá trị liều tính (kGy)	7,2	8,7	9,9	11,3	11,0
Sai khác (%)	5,5	8,0	6,0	6,0	8,6

3.3 Xác định nhanh phân bố liều hấp thụ trong sản phẩm và tính thông số chiếu xạ cho thiết bị chiếu xạ UELR-10-15S2

Phân bố mật độ xác định từ hệ thiết bị đo được kết nối với phần mềm Tính toán thông số chiếu xạ UELR-10-15S2 [3] để tính phân bố liều hấp thụ trên sản phẩm và thông số cài đặt cho thiết bị chiếu xạ UELR-10-15S2. Hình 6 thể hiện giao thức của chương trình trong một phép thử trên sản phẩm chiếu xạ tại VINAGAMMA. Các thông số yêu cầu của đầu vào của chương trình bao gồm kích thước, trọng lượng thùng sản phẩm, liều yêu cầu từ đó chương trình sẽ tính toán vận tốc, tần số quét, chiều rộng quét và phương thức chiếu xạ một mặt hoặc hai mặt, tính toán nhanh phân bố liều hấp thụ trong thùng sản phẩm.



Hình 6. Giao diện chương trình tính thông số chiếu xạ và phân bố liều hấp thụ

IV. KẾT LUẬN

Với việc áp dụng nguyên lý suy giảm cường độ của chùm gamma qua vật chất, hệ thiết bị giúp xác định phân bố mật độ trong thùng sản phẩm phù hợp chiếu xạ bằng chùm điện tử 10 MeV. Hệ thiết bị đã được kết hợp cùng một sản phẩm của đề tài cơ sở tại Trung tâm để tính toán nhanh các thông số chiếu xạ trên máy gia tốc UELR-10-15S2 và ước lượng phân bố liều hấp thụ trong thùng sản phẩm chiếu xạ. Kết quả sai khác giữa tính toán với kết quả thực nghiệm dưới 6% là chấp nhận được trong điều kiện chiếu xạ công nghiệp. Hiện tại, hệ thiết bị và phần mềm tính toán cần phải sử dụng máy tính cá nhân khi tiến hành đo đạc, trong thời gian tới sẽ phát triển hệ thiết bị bằng cách sử dụng hệ máy tính nhỏ dạng bo mạch nhằm thu gọn thiết bị và mở rộng một số chức năng khác.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] R.B. Miller, Electronic Irradiation of Foods, An Introduction to the Technology, Springer, 2005.

- [2] Trần Văn Hùng, “*Tính toán phân bố liều trong thùng hàng chiếu xạ trên máy gia tốc điện tử 10 MeV*”, đề tài cơ sở, Trung tâm Nghiên cứu và Triển khai Công nghệ Bức xạ, 2010.
- [3] MCNP4C, Monte Carlo N-Particle Transport Code System, Radiation Safety Information Computation Center, 2000.
- [4] Cao Văn Chung, “*Xây dựng chương trình tính các thông số vận hành máy chiếu xạ chùm tia điện tử UELR-10-15S2 dựa trên các số liệu đo thực nghiệm*”, đề tài cơ sở, Trung tâm Nghiên cứu và Triển khai Công nghệ Bức xạ, 2013.

DESIGN AND MANUFACTURE QUICK DENSITY DETECTOR FOR ESTIMATING DOSE DISTRIBUTION INSIDE PRODUCT IRRADIATED BY 10 MeV ELECTRON BEAM ON UELR-10-15S2 ACCELERATOR AT VINAGAMMA

Cao Van Chung*, Nguyen Duc Hoa, Phan Phuoc Thang, Le Quang Thanh

Research and Development Center for Radiation Technology, VINAGAMMA

Email: chungvinagamma@gmail.com*

Abstract: The counter by sodium iodide (NaI) scintillation counters from gamma source were used in calculates the density distribution on product. The dose distribution in-side product irradiated by 10 MeV on UELR-10-15S2 was also estimated. The moving system and controller were designed. The quick density detector had been compare with dose mapping by dosimeter . There was a good agreement between the results of both methods. The quick density detector has a meaning in QA/QC electron irradiation processing at VINAGAMMA.

Key words: *quick density detector, gamma-ray attenuation, dose distribution...*