

## Bài đánh giá: SỰ PHÁT TRIỂN GẦN ĐÂY VỀ CÁC ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ BỨC XẠ THAY THẾ CÔNG NGHỆ KHỬ TRÙNG THÔNG THƯỜNG TRONG SƠ CHẾ - BẢO QUẢN THỰC PHẨM.

Tác giả: Mengsha Huang, Min Zhang, và Bhesh Bhandari.

### Ý tưởng – Đánh giá:

Sự khử trùng là một trong những phương pháp hiệu quả để bảo quản, và duy trì chất lượng thực phẩm. Phương pháp khử trùng được sử dụng phổ biến trong ngành công nghiệp chế biến thực phẩm hiện nay là phương pháp khử trùng bằng nhiệt, bên cạnh đó phương pháp này thường làm thay đổi tính chất, chất lượng và dinh dưỡng của thực phẩm. Mùi vị, hương thơm, và kết cấu (cấu trúc), cùng các thuộc tính khác đều bị ảnh hưởng đáng kể bởi phương pháp khử trùng bằng nhiệt này.

Tuy nhiên, với sự gia tăng những yêu cầu của người tiêu dùng về dinh dưỡng, an toàn thực phẩm với ít sự thay đổi các cấu trúc ban đầu của thực phẩm, và các thuộc tính về giác quan. Nắm bắt được nhu cầu bức thiết trên, những hướng khám phá mới được nghiên cứu trong những năm gần đây nhằm mở rộng (gia tăng) hạn sử dụng của thực phẩm. Trong bài đánh giá này, nhằm làm rõ ưu và nhược điểm của phương pháp khử trùng bằng các công nghệ khử trùng vật lý tính (công nghệ bức xạ), bao gồm như Khử trùng bằng chiếu xạ (chiếu xạ bằng tia gamma, tia X, dòng electron), vi sóng và sóng radio trong sơ chế thực phẩm. Những hiệu quả của các công nghệ trên trong sơ chế - bảo quản thực phẩm thường chủ yếu đánh giá bởi vi sinh học và phân tích giác quan.

### 1. Lời giới thiệu

Hiện nay, các thực phẩm tươi sống được sơ chế bao gồm như rau sạch, hải sản tươi sống, và các thực phẩm đóng hộp ngày càng trở nên phổ biến. Tuy nhiên, vấn đề bảo quản các thực phẩm nói trên, nhằm kéo dài hạn sử dụng của sản phẩm, đồng thời nâng cao chất lượng và giữ được hương vị đặc trưng của sản phẩm là một trong những thách thức cho các doanh nghiệp, và nhà khoa học.

Khử trùng là phương pháp làm bất hoạt -ức chế vi sinh vật và là phương pháp hiệu quả nhất để bảo quản thực phẩm. Và phương pháp khử trùng bằng nhiệt là phương pháp thông dụng đang sử dụng trong công nghiệp thực phẩm. Phương pháp này sử dụng nhiệt độ của hơi nước ít nhất  $121^{\circ}\text{C}$  để làm bất hoạt các vi sinh vật làm hỏng thực phẩm, bao gồm như nấm bệnh, bào tử gây bệnh (Deak 2014). Quá trình khử trùng này nhằm mục đích để kéo dài hạn sử dụng của sản phẩm, nhưng đồng thời cũng có những tác động nghiêm trọng, làm mất dần về các đặc tính tốt, và chất lượng sản phẩm. Các đặc tính về giác quan (như màu sắc, mùi vị), các đặc tính lưu biến học và thay đổi trong thành phần thực phẩm

là một trong những tiêu chuẩn cơ bản để đánh giá chất lượng và hiệu quả của phương pháp khử trùng. Ali et al (Sreenath, Abhilash et al. 2009) bản báo cáo này nhận định rằng cấu trúc của cá mòi đóng trong hộp nhôm bị tác động nghiêm trọng bằng phương pháp khử trùng nhiệt. Cấu trúc của cá thu Ấn Độ bị phá vỡ sau quá trình xử lý. Kong và cộng sự (Kong, Tang et al. 2008), báo cáo rằng nhiệt độ làm thay đổi đáng kể đến các đặc tính tốt của thịt Cá hồi (Thịt ở vùng cơ), kể ra như màu sắc, tính dẻo dai, đàn hồi tốt (độ co giãn) của thịt. Phương pháp khử trùng thông thường dễ bị tác động trong quá trình đóng gói, điều này dẫn đến sản phẩm bị nhiễm bẩn trở lại. Các phương pháp khử trùng bằng nhiệt độ cao truyền thống có thể không còn phù hợp bởi vì người tiêu dùng rất cần các thực phẩm có giá trị dinh dưỡng cao, an toàn và tốt cho sức khỏe (đăng trên Norton and Sun 2008). Do đó, rất cần thiết tìm ra phương pháp mới tốt hơn phương pháp khử trùng nhiệt nhằm cải thiện chất lượng sản phẩm. Và phương pháp mới phải tác động nhanh chóng, làm ức chế - bất hoạt các vi sinh vật gây bệnh, mầm bệnh nhưng vẫn duy trì chất lượng thực phẩm.

Trong bài đánh giá này sẽ làm nổi bật những lợi ích khi áp dụng các phương pháp khử trùng mới thay thế cho phương pháp truyền thống trong quá trình sơ chế và bảo quản thực phẩm. Bài này gồm 6 phần, nhằm giới thiệu một vài công nghệ và khả năng áp dụng trong quá trình xử lý – bảo quản thực phẩm. Đó là công nghệ khử trùng bằng chiếu xạ, một quá trình xử lý nhiệt bằng bước sóng nhỏ (vi sóng), và sóng vô tuyến - quá trình xử lý nhiệt cơ bản giống với quá trình sử dụng vi sóng. Và cho thấy một cách khả quan khi sử dụng 3 công nghệ trên trong công nghiệp chế biến thực phẩm, thông qua các nghiên cứu của các phòng thí nghiệm, kết quả có trong bảng 1

## 2. Các công nghệ thay thế

Việc tìm kiếm những công nghệ mới mở ra nhiều cơ hội, thúc đẩy sản xuất ra những sản phẩm có chất lượng cao, đồng thời giảm giá thành và thời gian sản xuất. Hơn nữa, các công nghệ mới có thể giải quyết các vấn đề mà các công nghệ chiếu xạ truyền thống không thể thực hiện được. Mục tiêu của bài này, nhằm đánh giá 3 công nghệ chiếu xạ nổi bật. Và những khác biệt chính của các công nghệ mới so với công nghệ khử trùng nhiệt thông thường, được thể hiện trong bảng 2.

**Bảng 2. Lựa chọn các phương pháp khử trùng để phân tích so sánh**

Phương pháp	Trường vật lý	Xử lý Nhiệt và Xử lý không nhiệt
Phương pháp nhiệt thông thường	Không	Xử lý bằng Nhiệt
Chiếu xạ	Trường điện từ	Xử lý không sử dụng Nhiệt
Sóng vi ba	Trường điện từ	Xử lý bằng Nhiệt
Sóng Radio	Trường điện từ	Xử lý bằng Nhiệt

Bảng 1: Một số ứng dụng của chiếu xạ, sóng điện từ vi ba và sóng radio trong quá trình chế biến thực phẩm

Công nghệ khử trùng	Điều kiện thực hiện	Sản phẩm	Tác nhân	Tham khảo
<b>Chiếu xạ</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>tia gamma</li> <li>Tia X</li> <li>chùm điện tử</li> <li>bằng vi sóng</li> <li>bằng sóng radio</li> </ul>	10 kGy	Sốt Bulgogi, gà tươi sống sắc nhỏ, miyeokguk hút chân không	Khử trùng	(Cheo, Cao et al, 2016)
	1 kGy	Rau trộn		(Feliciano, de Guzman et al. 2017)
	25 kGy	Ức gà tươi sống Adobo		(Feliciano, de Guzman et al. 2014)
	Chiếu xạ gamma với liều chiếu 25 kGy tại nhiệt độ -70oC	Bibimbap đóng hộp, Kimchi đóng hộp		(Song, Park et al. 2009, Park, Song et. 2012)
	2.0 kGy và 1.0 kGy, tương ứng	Ức gà thái nhỏ và trứng gà đóng vi	Khử trùng	(Robertson C. B. 2006)
	2.0 kGy	Cá đối xông khói đóng hộp		
	0.6 kGy	Cá ngừ tươi thái nhỏ		(Mahmoud, Nannapaneni et al. 2016)
	0.75 kGy	Tôm, hàu tươi đóng hộp,		(Mahmoud 2009, Mahmoud. 2009)
	1.5 kGy	Thịt rán Ham kiểu I-bê-ri, thịt bò rán và cá ngừ xông khói	Khử trùng	(Cambero, Cabeza et al. 2012)
	10 kGy	Sốt tôm ớt đỏ		(Cheok, Sobhi et al.2017)
	10 kGy	Bò khô		(Kim, Chun et al.2010)
	0.95 kGy và 2.04 kGy tương ứng	Gà nướng kèm hamburger		(Carcel, Benedito et al. 2015)
	915 MHz	Sốt Salsa Mexico; cà rốt đóng bọc; khoai lang tím; thịt gà	Tiệt trùng	(Sung and Kang. 2014, Peng, Tang et al. 2017)
	27.12 MHz	Món Lasagna Ý; sốt trứng gà; cà rốt tươi sống; Nostoc sphaerodes đóng hộp	Khử trùng	(Luechapattanaporn K. 2005, Wang, Luechapattanaporn et al. 2012, Xu Zhang et al. 2017, Xu, Zhang et al. 2017)
<b>Phương pháp kết hợp</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>Chiếu xạ tia gamma và xử lý nhiệt</li> </ul>	Đun sôi 100 oC trong 30 phút và chiếu xạ gamma với liều chiếu 17.5 kGy	Sốt Gauchujang	Khử trùng	(Jae-Nam, Park và Lee. 2010)
<ul style="list-style-type: none"> <li>Chiếu xạ bằng chùm điện tử và cùng với điều kiện khác</li> </ul>	Cho thêm 1.0% tỏi Tây và chiếu xạ bằng chùm điện tử với liều chiếu 3 kGy	Thịt lợn khô	Khử trùng	(Kang, Kim et al, 2012)
<ul style="list-style-type: none"> <li>Chiếu xạ bằng vi sóng kèm ZnO</li> </ul>	Dùng vi sóng có tần số 2450 MHz (400W – 150s) xử lý nhiệt thêm 0.02 g kg-1 hạt nano ZnO	Caixin	Khử trùng	(Liu Q. 2014)
<ul style="list-style-type: none"> <li>Chiếu xạ gamma và màng bọc hiệu quả</li> </ul>	0.4 kGy	Bông cải xanh đóng hộp		(Ben-Fadhen, Saltaji et al.2017)

## 2.1. Chiếu xạ và nguyên lý

Chiếu xạ thực phẩm là một phương pháp không gia nhiệt nhằm ức chế làm bất hoạt vi sinh vật bằng cách phơi chiếu thực phẩm một lượng bức xạ ion hoá mà chủ yếu bao gồm tia gamma, tia X và chùm điện tử (Farkas, Ehlermann và cộng sự, 2014). Một số đặc trưng của ba bức xạ được thể hiện như Bảng 3. Mục đích của chiếu xạ thức ăn là vô hiệu hóa vi sinh vật gây bệnh và kéo dài hạn sử dụng của thực phẩm. Các nhà khoa học cho biết rằng chiếu xạ có thể trực tiếp hoặc gián tiếp truyền năng lượng của nó sang thực phẩm được chiếu. Tác động chiếu xạ do sự va chạm của photon bức xạ với các nguyên tử trong các phân tử của vi sinh vật gây bệnh, điều này làm phá vỡ cấu trúc của chuỗi DNA và RNA (Tahergorabi, Matak và cộng sự, 2012.). Các tác động gián tiếp cũng có thể xảy ra do các gốc tự do sinh ra trong quá trình ion hóa nước, tác động gián tiếp cho nucleic axit, protein và enzyme. Cần lưu ý rằng một số môi trường các yếu tố như oxy, hoạt tính nước, và độ pH của thức ăn có thể ảnh hưởng đến hiệu quả chiếu xạ (Lim, Hamdy et al. 2003, Sommers 2012, Roberts 2014).

## 2.2. Công nghệ khử trùng bằng sóng cực ngắn và nguyên lý

Sóng cực ngắn (Vi sóng) có tần số trong khoảng 300 MHz và 300 GHz. Ở Mỹ, sóng vi ba được dùng để chiếu xạ được quy định bởi Ủy ban Truyền thông liên bang Federal (Salazar-Gonzalez, San Martin-Gonzalez et al.2012), với 2i tần số sử dụng phổ biến là, 915 và 2450 MHz.

Khử trùng bằng Sóng vi ba liên quan đến chủ yếu gồm 2 yếu tố, Chất điện môi và ion

Dưới tác động của sóng vi ba trong trường điện từ, nhiệt độ cơ thể vi sinh vật trở cao hơn nhiệt độ của chất lỏng xung quanh, kết quả làm tổn thương cấu trúc, hoại tử và dẫn đến làm chết vi sinh vật (Guo, Sun et al. 2017). Nhân tố thứ 2 của phương pháp khử trùng này là các ion phát ra trong thực phẩm dưới tác động của dao động trường điện từ, điều này dẫn đến sự rối loạn chuyển hoá, sự trao đổi chất và khả năng tái cấu trúc của vi sinh vật.

## 2.3. Chiếu xạ bằng sóng vô tuyến và nguyên lý

Phương pháp khử trùng bằng Sóng vô tuyến thường ít được sử dụng hơn sóng cực ngắn. Bài bản luận này là nằm trong 2 bài đánh giá trong mục 1 (Zhao, Flugstad et al. 2010, Piyasena, Dussault et al. 2003). Sóng vô tuyến có tần số nằm trong khoảng 300 kHz và 300 MHz, nhưng chỉ có những tần số trong khoảng giữa là 13.56, 27.12 và 40.68 MHz có thể áp dụng trong công nghiệp (Fellow 2000)

Cơ chế của Sóng vô tuyến có nhiều điểm chung với sóng cực ngắn là tác dụng Nhiệt và không Nhiệt. Sự tiêu diệt các vi sinh vật, vi khuẩn gây bệnh là do nhiệt độ sinh ra trong chất nền (môi trường xung quanh vi sinh vật). Và hiệu ứng không nhiệt liên quan chủ yếu đến các protein gây hại, tổn hại đến tính thống nhất của màng nhầy hay huỷ hoại DNA (Jiao, Tang et al. 2014, Xu, Zhang et al.2017). Nhiệt độ do sóng vô tuyến phát ra cao hơn nhiều lần so với nhiệt độ phát ra của phương pháp thông thường và toàn bộ sản phẩm được chiếu được phân bố đồng đều (Zhang, Lyng et al.2004, Zhang, Lyng et al.2004, Brunton, Lyng et al.2005, Lyng, Zhang et al.2005)

**Bảng 3. Sự khác nhau của 3 nguồn phát ra bức xạ ion hoá**

	Tia Gamma	Tia X	Nguồn Electron
Nguồn phát	Chất đồng vị phóng xạ	Điện	Điện
Thuộc tính	Photon (1.25 MeV) bước sóng 1 pm	Photon có bước sóng $3 \cdot 10^{-10} m$	Khối lượng electron = $9.1 \cdot 10^{-31} kg$
Sự phát ra	Đẳng hướng (Không điều khiển được đường đi)	Phương thẳng	Di chuyển tự do

2.4. Ưu và nhược điểm của công nghệ trên

Dẫn theo các nghiên cứu gần đây, chiếu xạ được sử dụng trong các ngành và lĩnh vực, kể ra đây như Nông nghiệp, Chế biến thực phẩm, và các lĩnh vực khác. Chiếu xạ được sử dụng rộng rãi trong ngành công nghiệp chế biến thực phẩm vì một lợi ích duy nhất mà không có phương pháp nào thay thế được là hiệu suất cao, và hiệu chỉnh được năng suất và tiết kiệm năng lượng (Robert 2014). Dẫn theo tính toán của tổ chức IAEA, năng lượng cung cấp để làm lạnh ước tính là 900kW.(h/t), tiết trùng 230 kW.(h/t), khử trùng nhiệt 300kW.(h/t), chiếu xạ 6.3 kW.(h/t), và chiết xạ kết hợp với khử trùng chỉ 0.76 kW.(h/t), điều này có nghĩa sử dụng phương pháp khử trùng bằng bức xạ có thể tiết kiệm năng lượng lên đến 70-90% (Thore A 1975, Shamsuzzaman, Goodwin et al.1989). Tuy nhiên, cũng có một số bất cập của phương pháp này là giá thành thiết bị chiếu xạ khá cao, mùi vị của sản phẩm tương đối thay đổi sau quá trình xử lý. Khác với phương pháp chiếu xạ, phương pháp sử dụng sóng cực ngắn và sóng vô tuyến là quá trình xử lý nhiệt. Sóng cực ngắn có thể trực tiếp xuyên qua vật liệu và phân bố nhiệt độ lên toàn bộ thể tích của vật liệu, kết quả là hiệu suất năng lượng cao, thời gian chiếu thấp hơn nhiều lần (Zhu, Kuznetsov et al.2007, Salazar-Gonzalez, San Martin-Gonzalez et al.2012). Với những khả năng nổi bật , nên được áp dụng rộng rãi trong quá trình xử lý thực phẩm công nghiệp, như rã đông, gia nhiệt, tiết trùng, khử trùng, nấu nướng, và rán (Vankatesh và Raghavan 2004). Tuy nhiên, vẫn còn một số khuyết điểm không thể bỏ qua. Phương pháp này không áp dụng đối với sản phẩm có tính chất nhiệt độ phân bố đồng đều (Ryynanen, Tuorila et al.2001), và kết quả là hiệu ứng nóng vùng cạnh - “edge overheating effect” (Resurreccion, Tang et al.2013), điều này giới hạn khả năng ứng dụng. Một số nghiên cứu liên quan nhằm khắc phục hạn chế này (Tang, Mikhaylenko et al.2008). Và những nghiên cứu chỉ ra rằng, nước là môi trường trung gian để làm nóng thực phẩm, khắc phục được những bất lợi như làm nóng hệ không đồng nhất, hiệu ứng cạnh (Chang, XU et al. 2011, Barbosa-Canovas, Medina-Meza et al.2014)

Năng lượng của sóng vô tuyến có những đặc trưng tương đồng với sóng cực ngắn, nhưng nó có khả năng xuyên sâu với bước sóng dài và nhiệt phân bố đồng nhất, do đó hiệu quả hơn (Mara,Zhang et al.2009) và thuận tiện với thực phẩm có kích thước lớn (Wang, Tang et al.2003). Bên cạnh đó, sóng vô tuyến có một số khả năng giới hạn, trong phân bố nhiệt, hình hành một số điểm nóng và lạnh tồn tại trong thực phẩm, do đó tác động không nhỏ đến an toàn và chất lượng thực phẩm (Schlisselberg, Kier et al.2013).

Nói tóm lại, mỗi công nghệ đều có những ưu điểm và hạn chế riêng, được thể hiện trong bảng 4, được dẫn ra với mục tiêu của quá trình xử lý sản phẩm, sự lựa chọn công nghệ phù hợp.

Bảng 4. Những ưu điểm và hạn chế của mỗi công nghệ

Công nghệ bức xạ	Định nghĩa	Ưu điểm	Hạn chế
Khử trùng bằng Nhiệt truyền thông	Là Phương pháp khử trùng thông thường, bằng các dùng nhiệt có nhiệt độ của hơi nước ít nhất 121°C để bất hoạt vi sinh vật, mầm bệnh (Deak 2014)	Đưa ra sản phẩm tiết trùng và kéo dài thời gian sử dụng	Ảnh hưởng nghiêm trọng đến chất lượng của thực phẩm trong thời gian dài quá trình xử lý
Chiếu xạ bằng tia bức xạ	Là một quá trình xử lý không Nhiệt nhằm mục đích tiêu diệt vi sinh vật gây bệnh, bằng cách phơi chiếu thức phẩm với một lượng bức xạ ion hoá như tia Gamma, tia X và chùm điện tử (Farkas, Ehlermann et al.2014)	Là một quá trình xử lý lạnh, hiệu suất lớn, năng suất cao dễ điều khiển, năng lượng sử dụng và chi phí thấp	Giá thành thiết bị chiếu tương đối cao; Thay đổi Mùi vị của sản phẩm sau quá trình xử lý.
Khử trùng bằng sóng cực ngắn (vi ba)	Là một quá trình xử lý nhiệt với tia bức xạ sóng cực ngắn, tần số nằm trong khoảng 300 MHz đến 300 GHz, và 915 và 2450 MHz được sử dụng hầu hết trong công nghiệp (Sung và Kang 2014)	Thời gian chiếu ngắn giảm thiểu tác động tiêu cực của nhiệt độ lên sản phẩm; Hiệu suất cao	Nhiệt độ phân bố đồng đều
Khử trùng bằng sóng radio	Là một quá trình xử lý nhiệt với sóng Radio với tần số nằm trong 300 kHz và 300 MHz, và trong khoảng giữa chỉ có 13.56, 27.12 và 40.68 MHz được áp dụng rộng rãi trong công nghiệp (Fellow 2000).	Khả năng xuyên sâu với một bước sóng dài và ưu việt so hơn hệ phân bố nhiệt độ đồng đều của sóng cực ngắn; hiệu suất cao hơn và phù hợp với thực phẩm được đóng gói lớn (Wang, Tang et al. 2003)	Các điểm Nóng và Lạnh nằm trong sản phẩm và có thể ảnh hưởng đến an toàn và chất lượng sản phẩm

3. Các ứng dụng trong sơ chế - bảo quản thực phẩm

3.1. Chiếu xạ và các ứng dụng

Vi là một công nghệ khử trùng không xử lý Nhiệt, chiếu xạ thức ăn có khả năng khử trùng tốt và cũng có thể duy trì chất lượng của thực phẩm. Mặc dù công nghệ này đã được áp dụng hầu hết trong công nghiệp thực phẩm từ nhiều năm nay, và có 50 quốc gia áp dụng, nhưng đại đa số người tiêu dùng chưa hoàn toàn công nhận (Park, Song et al. 2012). Rất nhiều người còn e ngại rằng các thực phẩm này có thể ảnh hưởng đến sức khỏe. Trên thực tế, các nghiên cứu đều cho thấy rằng các sản phẩm này rất an toàn, và quy định an toàn được công bố từ nhiều năm trước. Trong năm 1981, một Ủy ban chuyên gia về thực phẩm chiếu xạ - Joint Expert Committee on Food Irradiation (Joint 1981) được thành lập bởi WHO/IAEA/FAO. Và một kết luận quan trọng được đưa ra, nhằm chứng minh rằng các thực phẩm được chiếu xạ hoàn toàn không gây nguy hiểm đến sức khỏe và dinh dưỡng của sản phẩm, hay không có vấn đề nào về vi sinh vật gây bệnh với liều chiếu hơn 10 kGy. Sau đó, báo cáo của tổ chức WHO Technical Report 890 on High Dose Irradiation cho rằng, với liều chiếu thích hợp cho từng đối tượng là an toàn và đầy đủ giá trị dinh dưỡng và liều chiếu cao an toàn như với quá trình khử trùng bằng nhiệt (Group 1999). Kết luận lại, không còn nghi ngờ gì nữa đối với liều chiếu cao cho sản phẩm là không ảnh hưởng đến sức khỏe của người tiêu dùng

### 3.1.1. Chiếu xạ bằng gamma và lựa chọn liều chiếu phù hợp

Liều chiếu của chiếu xạ phụ thuộc chủ yếu vào đối tượng sản phẩm cần chiếu. Nói chung, liều chiếu mức độ từ ít đến vừa phải (nói chung liều chiếu cho phép không dưới 10 kGy) không đảm bảo tính vô trùng (tính vô trùng hoàn toàn các vi sinh vật). Như vậy lựa chọn liều chiếu phù hợp để giảm thiểu sự phát triển của vi sinh vật và cải thiện chất lượng thực phẩm. Và với liều chiếu đó sẽ kéo dài hạn sử dụng thực phẩm, thông thường được tính bằng ngày.

Liều chiếu xạ chủ yếu phụ thuộc vào mục tiêu đối tượng xử lý. Nói chung, liều thấp đến trung bình (nói chung chấp nhận dưới 10 kGy) không đảm bảo tính vô trùng (nghĩa là hoàn toàn không có vi sinh vật có thể sống được). Liều như vậy là được xem là hữu ích để giảm lượng vi khuẩn và do đó cải thiện an toàn thực phẩm. Với liều lượng như vậy thường kéo dài thời hạn sử dụng, tính bằng ngày.

Song, Kim et al. (2009) nghiên cứu khả năng của tia gamma và chùm điện tử được sử dụng để chiếu xạ lên thực phẩm nhiễm bẩn với nguồn gây bệnh bao gồm *Listeria monocytogenes*, vi khuẩn *Staphylococcus*, và *Vibrio parahaemolyticus* trong *Bajirak jeotkal* (8% muối). Kết quả cho thấy rằng, với liều chiếu thấp có thể cải thiện chất lượng và hạn chế những nguy cơ gây bệnh từ thực phẩm bẩn chứa mầm bệnh.

Trong nghiên cứu thực hiện bởi Park J G. (2012), đánh giá tổng số vi khuẩn sinh ra, tính mềm dẻo, và các đặc tính giác quan của sốt Bulgogi để so sánh giữa phương pháp chiếu xạ tia gamma với liều chiếu tương ứng (0, 10, 20, 40 kGy) và phương pháp nhiệt dùng nồi hấp, sau đó cất trữ tại nhiệt độ 35°C trong suốt 90 ngày. Dữ liệu cho thấy rằng nguồn gamma với liều chiếu trên 10 kGy có thể đảm bảo cho vi sinh trong sốt Bulgogi được an toàn nhưng hoàn toàn thay đổi các thuộc tính về giác quan cũng như cấu trúc sản phẩm. Vì vậy sự lựa chọn tốt nhất là dùng gamma chiếu với liều 10 kGy cho được bảo quản sốt Bulgogi.

Chen, Cao et al. (2016) cho thấy rằng với một liều chiếu tia gamma thích hợp có hiệu quả tốt để duy trì các đặc tính vốn có của sản phẩm đóng hộp gà rán với ớt (FCC). Để kiểm tra các thuộc tính mức độ men vi sinh được an toàn, cảm quan là tốt, chuẩn bị mẫu với liều chiếu gamma tương ứng là 10, 20, 30, và 40 kGy được nghiên cứu và được cất trữ đóng gói trong một năm tại nhiệt độ 25 °C. Kết quả cho thấy trong bảng 5, với liều chiếu 10 và 20 kGy cả hai đều phù hợp để lựa chọn chiếu cho FCC.

Kang, Park et al. (2016) nghiên cứu các sản phẩm hải sản khô có thể bị nhiễm bẩn bởi virus Norovirus. Kết quả cho thấy rằng với liều chiếu hơn 7 kGy có khả năng giảm thiểu MNV-1 hơn log10 PFU/mL (>90%), và màu sắc và cảm quan không thay đổi nhiều.

Feliciano, de Guzman et al. (2017) nghiên cứu chiếu xạ trên gạo lứt, trái cây và rau tươi sống. Sử dụng liều chiếu 1 kGy có thể kéo dài hạn sử dụng từ 3-5 tháng và các thuộc tính về cảm giác hầu như không thay đổi. Trong quá trình thí nghiệm chiếu xạ lên rau trộn với liều chiếu 1 kGy cho thấy rằng hạn chế đáng kể tác động do vi sinh vật, vì vậy thời gian bảo quản thực phẩm được nâng lên 4 ngày. Như vậy, chiếu xạ thực phẩm được cho an toàn về mặt vi sinh.

Với liều chiếu 25 kGy và trên nữa, với quá trình đóng gói và bảo quản thực phẩm an toàn nhằm mục đích tiêu dùng trong thời gian dài, mặc dù chất lượng có thể bị ảnh hưởng xấu. Annex of WHO Technical Report 890 tại High Dose Irradiation đưa ra 3 nghiên cứu điển hình về chiếu xạ với liều cao, là khẩu phần ăn cho người bị suy giảm hệ thống miễn dịch, phi hành gia và thực phẩm đóng hộp trên toàn Nam Phi (Group 1999). Và các nghiên cứu liên quan được hoàn thành sau đó vài năm.

Feliciano, De Guzman et al. (2014), nghiên cứu quá trình chế biến – bảo quản ức gà Adobo vô trùng cho bệnh nhân suy giảm sức đề kháng. Chuẩn bị một số mẫu được hút chân không và được ướp ớt ở nhiệt độ 4°C qua đêm trước khi đem đi chiếu gamma với liều chiếu là 25 kGy và mẫu không chiếu xạ để so sánh. Toàn bộ mẫu được đánh giá qua mức độ an toàn sinh học, độ dinh dưỡng cần thiết và những đặc tính giác quan. Kết quả cho thấy rằng với liều gamma cao (25 kGy) kết hợp với làm lạnh và hút chân không có tác dụng duy trì chất lượng, dinh dưỡng của Adobo và đáp ứng các tiêu chí không mầm bệnh và kéo dài thời gian sử dụng lên đến 60 ngày.

Yun, Lee et al. (2012) cố gắng áp dụng chiếu xạ gamma ức gà với liều chiếu cao hơn 30 kGy như từng dùng cho các sản phẩm đặc biệt. Chuẩn bị một số mẫu chiếu xạ với liều chiếu 40 kGy, 5 kGy, và mẫu không chiếu xạ, được lưu trữ ở nhiệt độ 4°C trong vòng 10 ngày. Phân tích Vi sinh, hoá tính và phân tích giác quan được thực hiện từ ngày 0 đến ngày 10. Kết quả cho thấy rằng những mẫu được chiếu xạ với liều chiếu 40 kGy có chất lượng vi sinh hơn 5 kGy trong ngày thứ 10, nhưng nó làm mất đi các phẩm chất về giác quan.

Park, Song et al. (2012) báo cáo rằng đồ đóng hộp Bibimbap (món ăn truyền thống của Hàn Quốc), sử dụng liều chiếu là 25 kGy tại nhiệt độ -70°C kèm theo 0.1% vitamin C và được hút chân không có điểm số chất lượng cao hơn quá trình xử lý chỉ dùng duy nhất gamma để chiếu xạ. Vì vậy, phương pháp xử lý trên được áp dụng yêu cầu Institute of Bio-medical Problems - Nga.

Song, Park et al. (2009) nghiên cứu về thực phẩm đóng hộp Kimchi, đây là thực phẩm truyền thống của Hàn Quốc. Quá trình sơ chế mẫu Kimchi được thêm 0.01% Calcium lactate và 0.3% vitamin C, được đóng bao và đun nóng 70 °C trong 30 phút. Các mẫu được làm lạnh tại -70°C và chiếu xạ gamma với liều 25 kGy. Kết quả cho thấy rằng sản phẩm rất an toàn phù hợp nhu cầu sử dụng.

**Bảng 5. Tác động của chiếu xạ gamma trên vi sinh và các đặc tính giác quan của FCC (Chen, Cao et al .2016)**

<i>Liều chiếu (kGy)</i>	<i>Tổng aerobic bacteria (log CFU/g)</i>	<i>Yeast và Molds (log CFU/g)</i>	<i>Màu sắc</i>	<i>Mùi vị</i>	<i>Cấu trúc</i>	<i>Điểm số có thể chấp nhận</i>
0	1.40±0.13	Không xác định	8.0±0.7	8.0±0.6 <sup>a</sup>	8.0±0.5 <sup>a,b</sup>	8.2±0.5 <sup>a</sup>
10	Không xác định	Không xác định	8.3±0.2	8.2±0.3 <sup>a</sup>	7.9±0.7 <sup>a,b</sup>	8.0±0.5 <sup>a</sup>
20	Không xác định	Không xác định	8.4±0.2	8.2±0.5 <sup>a</sup>	8.0±0.4 <sup>a,b</sup>	8.0±0.5 <sup>a</sup>
30	Không xác định	Không xác định	8.3±0.3	7.8±0.4 <sup>a</sup>	7.7±0.5 <sup>a,b</sup>	7.8±0.4 <sup>a,b</sup>
40	Không xác định	Không xác định	8.1±0.5	7.2±0.6 <sup>b</sup>	7.5±0.8 <sup>b</sup>	7.3±0.6 <sup>b</sup>

a-b giá trị với sự sai khác chữ cái trong một cột với ý nghĩa p<0.05

c. Không xác định được trong giới hạn <1.0 log CFU/g



### 3.1.2. Chiếu xạ bằng tia X và ứng dụng

Tia X được sử dụng thường ít áp dụng trong công nghiệp thực, ít giá trị thương mại hơn tia gamma, nhưng nó cũng có khả năng khử trùng. Shin, Lee et al. (2014) kết hợp hiệu quả của tia X và chùm tia điện tử trong sốt Bologna và kết quả cho thấy rằng khi sử dụng tia X có năng lượng cao chiếu xạ có thể hoàn toàn thay thế phương pháp chiếu xạ dùng tia gamma hay chùm tia điện tử. Robertson, Andrews et al. (2006) định lượng rằng tác dụng chiếu xạ bằng tia X đối với sản phẩm cá xông khói được hút chân không. Với mẫu chiếu xạ với liều chiếu lần lượt 0, 0.5, 1.0, 1.5, và 2.0 kGy và đánh giá các yếu tố sự phát triển vi sinh vật, các thuộc tính về giác quan trong suốt thời gian bảo quản. Kết quả của thí nghiệm cho thấy rằng tia X có hiệu quả trong chiếu xạ các thực phẩm cá khô xông khói mà không thay đổi mùi vị sản phẩm.

Vì sản lượng sản phẩm tiêu thụ đang tăng dần cũng như sự gia tăng nhanh chóng các bệnh về đường tiêu hoá và các bệnh khác có liên hệ với các sản phẩm tươi sống, hải sản, được đưa ra trong báo cáo (Beuchat 1990, Mahmoud 2009). Để nhận định các tính chất tia X lên sản phẩm, trong một vài nghiên cứu được đưa ra được tiến hành trên đánh giá một số vi khuẩn gây bệnh, như là *Shigella*, *Salmonella*, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes* (Beuchat 1990).

Mahmoud, Nannapaneni et al. (2016) đưa ra cho thấy rằng cá ngừ phi lê nhiễm *Salmonella enterica* được xử lý bởi tia X có thể cải thiện được chất lượng. Để dễ hiểu về hiệu quả chiếu xạ bằng tia X, thực hiện thí nghiệm với một số mẫu với liều chiếu tương ứng 0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 kGy, sau đó phân tích các dữ liệu liên quan. Kết quả cho thấy rằng sự phát triển của *Salmonella enterica* có ( $p < 0.05$ ) giảm thiểu sự ảnh hưởng, phụ thuộc với sự gia tăng liều chiếu và mẫu được chiếu tia X với 0.6 kGy dưới ngưỡng phát hiện cho phép ( $< 1.0 \log \text{CFU g}^{-1}$ ).

Mahmoud (2009) tiến hành nghiên cứu với tôm chế biến sẵn. Thực hiện thí nghiệm đánh giá mức độ ảnh hưởng của vi sinh vật gây bệnh trong cơ thể tôm, chuẩn bị mẫu với liều chiếu tia X tương ứng, 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.75, 1.0, 2.0, 3.0 và 4.0 kGy. Dữ liệu thể hiện rằng đối với liều chiếu 2.0, 3.0, và 4.0 kGy tia X có thể giảm thiểu hoạt động của vi sinh vật ở ngưỡng cho phép.

Mahmoud, Chang et al. (2015) tiến hành thí nghiệm trên mẫu là ức gà phi lê và trứng, được tiêm *Salmonella*, thực hiện chiếu xạ tia X. Các mẫu được tiến hành với liều chiếu tương ứng 0.0, 0.1, 0.5, 1.0 và 2.0 kGy. Kết quả thể hiện rằng với liều chiếu 0.5 kGy, giảm thiểu đáng kể sự phát triển của *Salmonella* bởi 1.9 và 3.0 giảm theo hàm log trên sản phẩm ức gà phi lê và trứng tương ứng, và lớn hơn là 6 log CFU giảm thiểu đối với liều chiếu tia X tương ứng 2.0 và 1.0 kGy cho sản phẩm gà và trứng tương ứng.

### 3.1.3. Chiếu xạ bằng chùm điện tử và ứng dụng

Chiếu xạ bằng chùm điện tử là phương pháp có chi phí thấp, thân thiện với môi trường, có thời gian nhanh chóng thay thế cho phương pháp khử nhiễm xử lý nhiệt thông thường (Lung, Cheng et al. 2015), nó có thể áp dụng rộng rãi trong sơ chế và bảo quản thực phẩm. Với hiệu suất chiếu xạ của chiếu xạ bằng chùm điện tử tùy thuộc vào liều chiếu, và thành phần của thực phẩm và loại vi sinh vật trong đó (Moosekian, Jeong et al. 2012).

Trong nghiên cứu của Cheok, Sobhi et al. (2017), về Tôm tẩm ớt, được đánh giá qua tính chất hoá lý và khả năng tiệt trùng. Sau khi chuẩn bị mẫu, so sánh tương ứng chiếu chùm điện tử và phương pháp nhiệt, thì phương pháp chiếu xạ giữ lại 23 trong 24 hợp chất, còn phương pháp nhiệt chỉ giữ lại 19.

Cambero, Cabeza et al. (2012) thực hiện nghiên cứu về liều lượng chiếu chùm điện tử thích hợp cho các sản phẩm đóng hộp có độ ẩm trung bình, các mẫu được tiến hành là: thịt lợn sấy khô Iberia, thịt bò khô, hun khói và cá ngừ. Các mẫu được chuẩn bị và xử lý với một lượng chiếu công nghiệp là từ 1 đến 3 kGy. Qua đánh giá về mặt vi sinh và cảm quan, họ kết luận rằng việc điều trị 1,5 kGy có thể đảm bảo sự an toàn của những sản phẩm này và kéo dài thời hạn sử dụng.

Kim, Chun et al. (2010) đã tiến hành các nghiên cứu tương tự. Thịt bò khô (beef jerky) làm mẫu chiếu xạ ở liều 0, 1, 3, 5, và 10 kGy và được bảo quản ở 20 °C trong 60 ngày. Tổng số lượng vi khuẩn aerobic được đo vào ngày 0, 15, 30, 60, tương ứng. Ngoài ra, một số chỉ số cảm quan đã được đánh giá, như giá trị màu sắc Hunter, mùi vị.... Các dữ liệu chỉ ra rằng quần thể của tổng số vi khuẩn aerobic đã được giảm đáng kể tương ứng với tăng liều chiếu chùm điện tử. Cụ thể, tổng số vi khuẩn hiếu khí có thể giảm đáng kể với liều chiếu 10 kGy, sản phẩm thực sự an toàn mà vẫn giữ được chất lượng của sản phẩm suốt quá trình bảo quản.

Carcel, Benedito và cộng sự (2015) đã cố gắng để mô hình ảnh hưởng chiếu chùm điện tử xem xét về tính an toàn, tuổi thọ và các thuộc tính cảm quan của hai sản phẩm, thịt bò bít tết (steaks) và bánh mì kẹp thịt (hamburgers), và để tối ưu hoá liều chiếu. Các liều được sử dụng là 0, 1, 2, 3 và 4 kGy. Các kết quả tối ưu thu được đối với các mẫu bánh hamburger là liều chiếu 2,04 kGy. Giá trị chứng tỏ rằng cải thiện chất lượng màu sắc, cảm quan, mùi và hương thơm với sự gia tăng liều chiếu xạ. Đối với thịt bò, 0,95 kGy là liều tương đối thích hợp.

### 3.1.4. Kết hợp chiếu xạ và các phương pháp khác

Kết hợp chiếu xạ với các phương pháp khác, đây là một lựa chọn bổ sung để tăng cường an toàn và chất lượng sản phẩm.

Để tìm một phương pháp khử trùng tốt và bảo quản hiệu quả tương Gochujang (có thành phần là ớt tiêu đỏ Hàn Quốc). Nhóm Jae-Nam Park và Lee (2010) đã tiến hành, chưng cất hơi nước các mẫu ở nhiệt độ 100 °C trong 30 phút. Sau đó thực hiện chiếu xạ gamma với các liều 12,5, 15, 17,5, 20 và 22.5 kGy, tương ứng. Kết quả cho thấy rằng việc kết hợp chiếu xạ gamma với liều 17,5 kGy sau khi gia nhiệt ở 100 ° C trong 30 phút (HT-IR) cho hiệu quả tốt ưu, về cảm quan màu sắc, mùi vị cũng như chất lượng dinh dưỡng.

Kang, Kim et al. (2012) nghiên cứu sự kết hợp hiệu quả bằng cách chiếu xạ chùm điện tử và bổ sung các tỏi tây vào thịt lợn (pork jerky). Mẫu được tẩm ướp 1.0% chiết suất tỏi tây và chiếu xạ bằng chùm điện tử với liều 0, 0,5, 1, 2, 3, 4 kGy, tương ứng. Phân tích vi sinh, cho kết quả rằng thịt lợn jerky được ướp tỏi tây và chiếu xạ với liều 3 kGy có sự an toàn, chất lượng cao hơn các mẫu đơn thuần chỉ chiếu xạ chùm điện tử.

Zhu, Mendonca et al. (2009) báo cáo rằng việc điều trị chiếu xạ với Natri lactate ( $C_3H_5NaO_3$ ) 2% và 0,1% natri diacetate ( $C_4H_7NaO_4$ ) bổ sung vào turkey breast rollss được hiệu quả khả quan, đảm bảo an toàn và duy trì chất lượng. Như vậy với liều 1.0 kGy là sự lựa chọn tốt nhất.

Ben-Fadhel, Saltaji et al. (2017) nghiên cứu ảnh hưởng của phủ màng hoạt tính (the active coating) kết hợp với chiếu xạ gamma, xem xét sự ảnh hưởng lên bốn mầm bệnh (*Escherichia coli* O157: H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella Typhimurium* và *Aspergillus niger*) trong bông cải xanh. Kết quả cho thấy sự kết hợp hiệu quả giữa lớp phủ màng hoạt tính và chiếu xạ gamma trên bông cải xanh, duy trì chất lượng và kéo dài hạn sử dụng được bảo quản ở 4 ° C.

Để bảo quản món Idli – là một bữa ăn sáng ở Ấn Độ, Nhóm Mulmule, Shimmy et al. (2017) sử dụng phương pháp chiếu chùm điện tử, với liều chiếu 2,5 kGy không đủ hiệu quả để duy trì thời gian sử dụng và liều 7.5 kGy có thể ảnh hưởng

đến chất lượng sản phẩm. Tuy nhiên, kết hợp chiếu chùm điện tử cùng với phương pháp gia nhiệt có thể nâng cao chất lượng, và kéo dài thời gian sử dụng.

### 3.2. Sóng cực ngắn và ứng dụng

Phương pháp chiếu xạ bằng sóng cực ngắn là như một giải pháp hiệu quả thay thế cho phương pháp nhiệt thông thường, được áp dụng rộng rãi trong công nghiệp. Quá trình truyền Nhiệt lượng do sóng cực ngắn có thể truyền nhanh chóng vào thực phẩm, do đó khắc phục những hạn chế của phương pháp nhiệt thông thường.

Do đó, thời gian xử lý nhiệt của sóng cực ngắn diễn ra nhanh chóng, giảm đáng kể tác động từ nhiệt vì thế không làm thay đổi chất lượng, giữ lại những đặc tính tốt của thực phẩm (Zhang 2014). Qi Biao et Biao. (2013) báo cáo rằng hiệu quả khử trùng của sóng cực ngắn gần như tương đồng với phương pháp khử trùng bằng nhiệt độ cao, nhưng chất lượng sản phẩm rất ít thay đổi. Hiệu suất của phương pháp khử trùng bằng sóng cực ngắn chịu nhiều ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố, bao gồm thời gian chiếu xạ, tần số sóng cực ngắn, đặc trưng của thực phẩm (như khối lượng, kích thước, mật độ phân tử, cấu trúc và mạng lưới không gian), tính chất điện môi (ví dụ như hằng số điện môi theo môi trường và đặc điểm của chất điện môi) và những tác động khác (Tang, Feng và các cộng sự 2002, Ahmed và Ramaswamy 2004).

Các thuộc tính của chất Điện môi thể hiện qua sự suy giảm năng lượng sóng điện từ, bởi chịu sự ảnh hưởng của độ ẩm và hàm lượng muối trong thực phẩm (Jha, Narsaiah và cộng sự, 2011).

Các ứng dụng phương pháp chiếu xạ bằng sóng cực ngắn chủ yếu chia thành hai mảng, rau và các sản phẩm thịt. Và những tác động của quá trình tiệt trùng bằng vi sóng đối với chất lượng thực phẩm được đánh giá chủ yếu qua các thuộc tính vi sinh và giác quan.

Peng, Tang và các cộng sự (Năm 2017) đã sử dụng thực phẩm mô hình Gel Gellan nhằm mô phỏng cà rốt đóng gói sẵn trong quá trình chiếu xạ bằng vi sóng, và xác định mô hình tối ưu phân bố nhiệt đồng nhất các điểm nóng/lạnh trong. Sau khi được hấp bằng hơi nước, tiến hành chiếu xạ bằng sóng cực ngắn, thấp hơn giá trị  $\Delta E$  trong các mẫu được xử lý bằng chiếu xạ vi sóng, cho thấy rằng màu sắc của cà rốt được giữ lại tốt hơn.

Trong một nghiên cứu của Liu Q. (2014) về Caixin một loại rau phổ biến ở Trung Quốc, được xử lý bằng phương pháp chiếu xạ bằng sóng cực ngắn, với tần số tối ưu 2450 MHz (400 W 150 s) cùng với 0,02 g kg<sup>-1</sup> chất phủ nano ZnO, cho thấy ảnh hưởng tốt về màu sắc và cấu trúc.

Xu, Chen cùng cộng sự (2016) báo cáo rằng khoai lang màu tím được xử lý bằng phương pháp chiếu xạ bằng sóng cực ngắn và kết hợp sự hơi nước nóng trong nồi hơi, cho thấy hiệu quả, khả năng bảo quản tốt hơn, các quá trình chống oxy hóa các hợp chất tốt hơn và đồng thời, giảm thời gian xử lý. Đối với các sản phẩm thịt, áp dụng phương pháp tương tự, cũng đạt được nhiều kết quả tốt, và hạn chế bệnh gây ra thực phẩm nhiễm bẩn.

Zeinali T. (2015), tiến hành thí nghiệm về phương pháp chiếu xạ lên thịt gà, đầu tiên ông tiêm chủng vi khuẩn *Listeria monocytogenes* vào thịt gà và dựa vào kết quả thu được đánh giá hiệu quả của phương pháp trên. Và dữ liệu cho thấy rằng không có vi khuẩn phát hiện khi mẫu đã được chiếu, sau hơn 60 giây. Akbar và Anal (2015) phát hiện ra rằng, vi

khuẩn Salmonella vẫn còn tồn tại trong sản phẩm gia cầm đông lạnh quá trình bảo quản. Do đó, cần phải xử lý hơn 90s bằng vi sóng để loại bỏ các vi khuẩn gây bệnh ở ngưỡng ( $10^6 - 10^7$  CFU/g).

Để ứng dụng tốt hơn công nghệ vi sóng, nhiều mô hình của thực phẩm được sử dụng để khám phá các tính chất điện môi trong chiếu xạ bằng vi sóng, ví dụ mô hình về gạo để mô phỏng các thực phẩm độ ẩm trung bình (Auksornsri, Tang et al. 2018) và khoai tây nghiền với gellan gum có độ ẩm cao trong thức ăn (Bornhorst, Tang và cộng sự, 2017), và sau đó đánh giá tính chất điện môi trong thực phẩm để xác định mô hình chiếu xạ hiệu quả. Ngoài ra, nhiều công việc cần phải thiết lập mô hình thực phẩm phù hợp hơn với nhiều loại thực phẩm khác nhau.

### 3.3. Sóng radio – sóng vô tuyến và ứng dụng

Chiếu xạ bằng sóng vô tuyến là một công nghệ mới để thay thế cho công nghệ khử trùng bằng nhiệt thông thường, công nghệ chiếu xạ bằng sóng vô tuyến xử lý nhiệt áp dụng hiệu quả, đối với các sản phẩm đóng gói và không đóng gói (SosaMorales, Valerio-Junco et al. 2010), bao gồm là các sản phẩm tươi sống chế biến sẵn. Hiệu suất của việc gia nhiệt bằng tần số cao chủ yếu bị ảnh hưởng bởi tính điện môi của sản phẩm, cũng như cấu trúc không gian và hình dạng sản phẩm (Orsat, Bai và cộng sự, 2004, Marra, Zhang et al. 2009). Những thuộc tính của chất điện môi trong sản phẩm chủ yếu phụ thuộc vào nhiều yếu tố, mà điển hình là độ ẩm và sự hiện diện của chất phụ gia, đôi khi cũng chịu ảnh hưởng bởi nhiệt độ.

Jian Wang và cộng sự (Wang, Tang và cộng sự, 2009) đã nghiên cứu tính chất điện môi của trứng nguyên chất và lòng trắng trứng trong quá trình xử lý nhiệt bằng sóng vô tuyến và sóng cực ngắn. Nhóm đã tiến hành thí nghiệm với sóng vô tuyến có tần số 27 và 40 MHz và sóng cực ngắn có tần số 915 và 1800 MHz. Kết luận rằng độ dẫn ion chịu ảnh hưởng đáng kể khi chất điện môi trong trứng giảm khả năng phân cực trong trường hợp chiếu xạ bằng sóng vô tuyến, trong khi khả năng phân cực các phân tử nước lưỡng cực đóng một vai trò ngày càng tăng với sự gia tăng tần số vi sóng.

Việc áp dụng phương pháp chiếu xạ bằng sóng vô tuyến chủ yếu thực hiện trên đối tượng: rau và thịt tươi sống. Xu, Zhang et al. (2017) được đánh giá hiệu quả của phương pháp chiếu xạ sóng vô tuyến kết hợp các hạt nano ZnO đối với cà rốt, bằng các so sánh với trường hợp chỉ dùng hạt nano ZnO, và chỉ sử dụng phương pháp chiếu xạ sóng điện từ. Mức độ Tổng cộng CFU của cà rốt không đạt được giới hạn 1000 CFU / g sau 60 ngày lưu trữ. Ngoài ra, Xử lý nhiệt của sóng vô tuyến trong vòng 20 phút duy trì màu sắc tốt, độ bền vững của cấu trúc cà rốt và thuộc tính carotenoid. Như vậy, các hạt nano ZnO kết hợp xử lý nhiệt bằng sóng radio có tác dụng đồng bộ để kéo dài hạn sử dụng và nâng cao chất lượng của cà rốt.

Đảm bảo sự an toàn thực phẩm, khả năng tiết trùng, và giữ được hương vị cũng quan trọng, đó là những tiêu chí đánh giá hiệu quả của phương pháp tiết trùng. Xu, Zhang et al. (2017) cũng đã làm nghiên cứu về *Nostoc sphaeroides* trong chế biến – bảo quản thực phẩm bằng phương pháp chiếu xạ sóng vô tuyến kết hợp với tiết trùng bằng hơi nước áp suất cao. Dữ liệu từ electronic nose cho thấy rằng chiếu xạ bằng sóng vô tuyến làm thay đổi mùi vị ở mức độ ít hơn so với việc tiết trùng hơi nước áp suất cao.

Wang, Luechapattanaorn et al. (2012) nghiên cứu tính khả thi phương pháp dùng năng lượng cao sóng vô tuyến (RF) để xử lý nhiệt cao các loại thực phẩm đóng gói, như thịt lợn là một ví dụ nghiên cứu. Nghiên cứu các tính chất điện môi của thịt bò, phô mai mozzarella, mì và nước sốt đã được xác định giữa 1 và 1800 MHz và từ 20 đến 121 ° C. Tiến hành các mô phỏng trên máy tính để đánh giá sự ảnh hưởng của chất điện môi trong phân bố điện trường và trong quá trình gia nhiệt bằng sóng vô tuyến. Kết quả cho thấy nhiệt độ phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau, các thành phần

thực phẩm khác nhau ở tần số 27,12 MHz không chỉ là nguyên nhân chính gây phân bố nhiệt không đồng đều trong thực phẩm hỗn hợp.

Byrne B. (2010) đã nghiên cứu chiếu xạ trên thịt heo thịt lợn, ông tiêm chủng với *Bacillus cereus* và tế bào thực vật *Clostridium perfringens* và bào tử cocktail nhằm thu hồi tối đa lượng dung môi (MRD) trong suốt quá trình xử lý nhiệt bằng sóng vô tuyến. Các mẫu thực hiện, sử dụng công suất (500 W) dưới hơi nước liên tục ở 80 ° C trong 33 phút, dùng lò chiếu xạ phát sóng vô tuyến và tế bào polyethylene, theo mô tả bởi Zhang, Lyng et al. (2004). Sau 33 phút mẫu, tắt lò phát sóng, tiếp tục hơi nước tuần hoàn ở 80 °C trong 2 phút. Nghiên cứu cho thấy rằng đối với thử nghiệm khả năng khử trùng của sóng vô tuyến, điều chỉnh công thức sản phẩm trước khi bổ sung MRD là rất quan trọng để đảm bảo một thành phần tương tự và khả năng bất hoạt vi khuẩn.

#### 4. Kết luận

Các công nghệ khử trùng được đề cập trong bài tổng quan này là một lựa chọn tốt thay thế công nghệ xử lý nhiệt thông thường. Chiếu xạ, bao gồm tia gamma, tia X và chùm điện tử, có một hiệu quả khi sử dụng trong quá trình sơ chế - bảo quản thực phẩm, bao gồm cả một số món ăn đặc biệt cho bệnh nhân và phi hành gia. Phương pháp dùng vi sóng và sóng vô tuyến chủ yếu dùng để gia nhiệt, và bảo quản thực phẩm. Khi kết hợp các phương pháp khác nhau cùng với điều kiện thích hợp, cho thấy các kết quả khả quan. Tuy nhiên, một số hạn chế của từng công nghệ cần phải được nghiên cứu và cải tiến thêm để tiếp tục ứng dụng rộng rãi, thương mại hoá. Cần nhiều thực nghiệm hơn để đảm bảo rằng những công nghệ này có thể cung cấp khả năng khử trùng thật sự hoặc gia tăng thời hạn sử dụng sản phẩm. Cuối cùng, sự kết hợp phương pháp khử trùng bằng bức xạ cần được xem xét là phương pháp an toàn, và hiệu quả.