



PENGOLAHAN PANGAN PASCA IRRADIASI

Alhanannasir¹⁾, Nico Syahputra Sebayang²⁾, Ari Wibowojo³⁾, Nanda Nurayni⁴⁾, Refin Lestari⁵⁾,

Maulana Malik⁶⁾, Febyanca Junifa⁷⁾ Ade Vera Yani⁸⁾

^{1,2,3,4,5,6,7,8,)} Universitas Muhammadiyah, Palembang.

Email: nasiralhanan@gmail.com

ABSTRAK

Usaha untuk meningkatkan kualitas dan keamanan pangan telah diperkaya dengan beragam teknologi. Salah satu cara teknologi yang dapat digunakan adalah metode iradiasi pangan. Teknologi iradiasi melibatkan penggunaan sinar ionisasi untuk mengurangi jumlah mikroorganisme patogen dan menghambat pertumbuhan mikroba spoilage serta dapat memperpanjang umur simpan produk pangan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendukung peningkatan mutu dan keamanan pangan secara umum. Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah tinjauan pustaka. Hasil dari penelitian ini adalah Selama proses pengolahan, teknologi pangan memungkinkan penggunaan bahan yang aman dan bergizi untuk meningkatkan mutu pangan. Melalui pengembangan teknologi pangan yang efisien, mutu pangan dapat ditingkatkan dengan mengurangi atau menghilangkan mikroorganisme patogen, mengoptimalkan kandungan nutrisi, dan meningkatkan karakteristik sensorik pangan. Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa Beberapa penelitian menunjukkan bahwa radiasi dapat mengurangi tingkat bakteri seperti *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, dan *Escherichia coli* pada berbagai produk pangan, termasuk ayam, sapi, makanan laut, buah-buahan, sayuran, dan biji-bijian. Penerapan iradiasi pangan dianggap sebagai metode yang lebih efektif daripada metode lainnya.

Katakunci : Pengolahan pangan secara iradiasi, dan keamanan pangan

ABSTRACT

Efforts to improve food quality and safety have been enriched by various technologies. One technological method that can be used is the food irradiation method. Irradiation technology involves the use of ionization rays to reduce the number of pathogenic microorganisms and inhibit the growth of spoilage microbes and can extend the shelf life of food products. The aim of this research is to support improving food quality and safety in general. The research method used in this study is a literature review. Based on the results of this research, it can be concluded that several studies show that radiation can reduce levels of bacteria such as *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, and *Escherichia coli*. on a variety of food products, including chicken, beef, seafood, fruit, vegetables, and grains. The application of food irradiation is considered a more effective method than other methods.

Keywords: *Irradiation Food Processing, And Food Safety.*

A. PENDAHULUAN

(BSN, 2023). Namun, isu tentang kualitas dan keselamatan pangan masih merupakan tantangan global yang perlu diselesaikan. Kontaminasi mikroba, kerusakan nutrisi, dan risiko keamanan pangan dapat memengaruhi nilai gizi dan menyebabkan penyakit. (WHO, 2015;

Alhanannasir, dkk

Gizi dan Pengolahan Pangan

<https://jurnal.ar-raniry.ac.id/index.php/PBiotik/index>



Bisht et al. , 2021). Usaha untuk meningkatkan kualitas dan keamanan pangan telah diperkaya dengan beragam teknologi. Salah satu cara teknologi yang dapat digunakan adalah metode iradiasi pangan. Teknologi iradiasi melibatkan penggunaan sinar ionisasi untuk mengurangi jumlah mikroorganisme patogen dan menghambat pertumbuhan mikroba spoilage serta dapat memperpanjang umur simpan produk pangan (Bisht et al. , 2021; Wang et al. , 2021; Chiesa et al. , 2022; Panseri et al. , 2022; Sudesh et al. , 2023). Atau bisa diartikan sebagai Iradiasi pangan pada umumnya menggunakan sumber radiasi pengion berupa sinar gamma, sinar-x, atau berkas electron, Iradiasi melibatkan pemanfaatan energi untuk menyinari bahan menggunakan sumber radiasi buatan. (Winarno et al. , 1980).

Pada proses pengawetan bahan pangan dengan iradiasi, digunakan radiasi berenergi tinggi yang dikenal dengan radiasi pengion, karena dapat menimbulkan ionisasi pada materi yang dilaluinya (Maha, 1982). Pada Gambar 1 disajikan prinsip pengawetan bahan pangan dengan iradiasi. Pada gambar tersebut, terlihat bahwa sumber radiasi, yaitu sinar gamma, sinar-X, dan berkas elektron. Apabila situasi ini berlaku, ia dapat menimbulkan eksitasi, ionisasi, dan perubahan kimia.

Eksitasi merupakan kondisi di mana sel-sel hidup menjadi sensitif terhadap stimulus eksternal. Ionisasi merupakan proses perubahan senyawa kompleks atau makromolekul menjadi fraksi atau ion radikal bebas. Perubahan kimia merupakan hasil dari proses eksitasi, ionisasi, maupun reaksi kimia yang terjadi selama atau sesudah proses iradiasi, saudara. Apabila ada perubahan kimia di dalam sel, akan mengganggu sintesis DNA yang penting untuk pembelahan sel dan kehidupan sel, sehingga akan timbul efek biologis yang tidak diinginkan. Inilah efek yang dijadikan dasar pengawetan bahan pangan menggunakan iradiasi (Maha, 1982; 1985).

Melalui tinjauan literatur, manfaat dan keterbatasan penggunaan teknologi radiasi dapat diselidiki pangan, mendukung peningkatan mutu dan keamanan pangan secara umum. BELAJAR. Literatur ini akan mencakup tinjauan sumber daya perpustakaan yang relevan memahami pengaruh teknologi iradiasi pangan terhadap sifat fisik, kimia, gizi dan organoleptik pangan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan tinjauan pustaka mengenai metode- metode tersebut pengolahan dan pengawetan pangan iradiasi sebagai pendekatan teknologi pangan mendalammendukung peningkatan mutu dan keamanan pangan secara umum.

Alhanannasir, dkk

Gizi dan Pengolahan Pangan

<https://jurnal.ar-raniry.ac.id/index.php/PBiotik/index>



B. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk pembuatan artikel ini adalah studi pustaka, kami mengumpulkan jurnal-jurnal penelitian dan teori-teori terdahulu yang mengenai pengolahan pangan pasca panen secara irradiasi

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Teknologi pangan mencakup semua aspek produksi, distribusi, manufaktur, produksi, manufaktur, manufaktur, manufaktur, manufaktur, manufaktur, manufaktur, manufaktur, pengemasan, dan manufaktur. Tujuan utama dari teknologi pangan adalah untuk meningkatkan efisiensi, meningkatkan mutu dan keamanan pangan, mengurangi kerugian pangan, dan menyediakan pangan yang lebih bervariasi dan bergizi bagi masyarakat (FAO, 2001).

Teknologi pangan memungkinkan untuk melakukan pemrosesan pangan secara efisien dengan tujuan meningkatkan mutu pangan. Studi ini mencakup berbagai teknik dan metode yang dimaksudkan untuk menghilangkan atau mengurangi mikroorganisme patogen yang ada dalam pangan. Teknologi pangan membantu mengurangi dan mengurangi risiko keberadaan mikroorganisme patogen yang dapat mengakibatkan penyakit pada manusia. Selama proses pengolahan, teknologi pangan memungkinkan penggunaan bahan yang aman dan bergizi untuk meningkatkan mutu pangan. Melalui pengembangan teknologi pangan yang efisien, mutu pangan dapat ditingkatkan dengan mengurangi atau menghilangkan mikroorganisme patogen, mengoptimalkan kandungan nutrisi, dan meningkatkan karakteristik sensorik pangan. Salah satu alat yang paling penting untuk memastikan bahwa pangan diproduksi dengan cara yang sehat dan padat nutrisi adalah teknologi pangan.

Pangan Iradiasi Iradiasi pangan adalah proses penggunaan salah satu jenis teknik sinar non-termal yang tidak melibatkan dosis pengion, seperti UV, cahaya tampak, inframerah, gelombang radio, atau radiasi pengion seperti gamma, sinar, sinar-X, dan elektron berkas yang dideteksi oleh objek pangan atau hasil uji dengan tujuan untuk mengidentifikasi mikroorganisme patogen, mengkonfirmasi pertumbuhan insekta, dan mengurangi simpangan umur (Bisht et al., 2021). Ide dasar dari iradiasi pangan adalah memberikan radiasi pada pangan dengan dosis tertentu, proses ini dapat merusak DNA mikroba dan organisme lain, sehingga dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroba. Dua jenis utama proses iradiasi pangan adalah radiasi pengion

Alhanannasir, dkk

Gizi dan Pengolahan Pangan

<https://jurnal.ar-raniry.ac.id/index.php/PBiotik/index>



dan non-ion. Radiasi non-pengion adalah metode perambatan radiasi yang menggunakan sumber radiasi dengan energi rendah yang tidak memiliki kapasitas untuk mengionisasi atom atau molekul dalam bahan yang diketahui radiasi. Salah satu contoh sumber radiasi non-pengion yang biasanya digunakan dalam iradiasi pangan adalah radiasi ultraviolet (UV). Pada panjang gelombang 265 nm, spektrum UV-C memiliki kemampuan untuk menghancurkan atau merusak DNA mikroorganisme, yang dapat menyebabkan kerusakan pangan. Untuk mengurangi risiko kontaminasi mikroba, pangan ditempatkan pada area atau tempat penampungan yang terpapar radiasi UV-C (Bisht et al., 2021).

Radiasi pengion menggunakan energi radiasi dengan intensitas yang sangat tinggi untuk mengionisasi atom atau molekul dalam bahan yang diradiasi. Sumber radiasi pengion yang sering digunakan dalam proses iradiasi pangan antara lain elektron, gamma, dan sinar X. Sinar X dapat dihasilkan dengan menggunakan sinar-X linier atau di bawah 5 meV, tetapi sinar gamma sering dihasilkan dari isotop kobalt-60 atau cesium-137. Elektron dapat dihasilkan melalui pemercepat partikel atau di bawah 10 meV (Arvanitoyannis, 2010). Kedua jenis radiasi pengion ini dapat menghancurkan atau merusak mikroorganisme dan hama yang ada pada pangan, serta memperlambat proses kecambah biji-bijian dan menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen (FAO & IAEA, 2003; BPOM, 2019). Biasanya radiasi pengion biasanya digunakan karena dapat menghambat pertumbuhan patogen. Untuk menjaga kesehatan pangan, dosis radiasi yang direkomendasikan harus dipertimbangkan secara hati-hati dan tidak boleh melebihi jumlah batas yang diterapkan. Dosis radiasi rata-rata keseluruhan di bawah 10 kGY pada dasarnya aman, namun disarankan untuk menghitung dosis radiasi di atas 10 kGY karena perlu menggunakan praktik non-aman (Ehlermann, 2014). Pada proses iradiasi pangan, bahan pangan yang akan diiradiasi ditempatkan di dalam kotak atau ruang iradiasi yang sesuai dengan sumber radiasi yang digunakan. Ketika radiasi pengion hadir, energinya akan berinteraksi dengan mikroorganisme, hama, dan zat lain secara langsung. Interaksi ini dapat merusak DNA mikroorganisme dan mengubah metabolisme mereka, sehingga mengurangi jumlah mikroorganisme atau aktivitas mereka dalam pangan (BPOM, 2004; CDC, 2022).

Iradiasi pangan telah ditentukan oleh beberapa penelitian dan investigasi untuk memastikan keamanannya. Organisasi internasional seperti Organisasi Pangan dan Pertanian Perserikatan Bangsa-Bangsa (FAO) dan Badan Tenaga Atom Internasional (IAEA) telah

Alhanannasir, dkk

Gizi dan Pengolahan Pangan

<https://jurnal.ar-raniry.ac.id/index.php/PBiotik/index>



menetapkan pedoman dan standar terkait penggunaan radiasi seperti yang ditunjukkan di atas. Badan Pengawas Obat dan Makanan (FDA) di Amerika Serikat dan badan pengawas pangan di negara lain mengatur penggunaan dan pernyataan pangan yang diberi perlakuan radiasi sesuai dengan peraturan dan label keamanan yang berlaku. Di Indonesia

Penggunaan radiasi dalam proses iradiasi pangan dilakukan secara hati-hati dan sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa pangan yang dihasilkan aman untuk dikonsumsi dan memenuhi standar keamanan pangan yang ditetapkan. Banyak negara memiliki organisasi atau badan pengawas yang didedikasikan untuk mengatur dan mengawasi penggunaan iradiasi pangan untuk menjamin keamanan konsumen. Studi Kasus dan Temuan Penelitian Terkait Iradiasi pangan merupakan metode yang efektif untuk mengurangi jumlah mikroba dalam pangan, terutama yang dapat menyebabkan penyakit. Iradiasi pangan dapat dianggap sebagai metode yang aman untuk meningkatkan kesehatan pangan tanpa mengubah tingkat nutrisi dan sensori secara signifikan. Manfaat dan Tantangan Penggunaan Iradiasi Manfaat Penggunaan Iradiasi Iradiasi pangan yang efektif dapat mengurangi jumlah mikroorganisme patogen, seperti bakteri, virus, dan parasit, yang ada dalam pangan (Thayer, 2016). Dengan demikian, proses ini membantu mengurangi risiko penyakit yang disebabkan oleh patogen yang dapat menginfeksi manusia melalui konsumsi pangan. Iradiasi pangan telah terbukti efektif dalam mencegah pertumbuhan bakteri seperti *Salmonella* dan *Escherichia coli*, yang sering kali menjadi penyebab keracunan pangan (Keklik, 2015; Udompijittkul & Chanbang, 2017).

Dengan mengurangi jumlah patogen dalam pangan, risiko keracunan pangan dapat dikurangi secara signifikan. Mengonsumsi makanan yang mengandung bakteri berbahaya dapat menyebabkan infeksi pencernaan yang serius pada manusia (Organisasi Kesehatan Dunia, 2015; Rianti et al., 2018). Oleh karena itu, penggunaan iradiasi pangan sebagai metode deteksi patogen dapat membantu melindungi kesehatan masyarakat secara umum. Proses iradiasi pangan memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan ragi. (Pillai & Pillai, 2021; Jan et al., 2020) Dengan menghambat pertumbuhan mikroba, pangan dapat menjadi lebih tahan lama sehingga mengurangi kerugian dan pemborosan yang diakibatkan oleh kerusakan mikrobiologis. Selain itu, pangan yang telah disterilisasi juga efektif dalam mencegah

Alhanannasir, dkk

Gizi dan Pengolahan Pangan

<https://jurnal.ar-raniry.ac.id/index.php/PBiotik/index>



pertumbuhan serangga seperti telur, larva, dan pupa yang mungkin ada di dalam pangan (Jan et al., 2020).

Iradiasi membantu melindungi masyarakat dari berbagai hama dan kerusakan yang mungkin ditimbulkannya dengan cara memusnahkan populasinya. Tantangan dan kendala dalam Implementasi Teknologi Pangan Iradiasi Penerapan teknologi iradiasi pangan membutuhkan investasi pada infrastruktur yang sesuai, seperti fasilitas iradiasi dan peralatan yang memadai. Faktor-faktor penting yang terkait dengan pengoperasian, pemeliharaan, dan perawatan infrastruktur ini dapat menjadi penghambat adopsi teknologi ini (Bisht et al., 2021; Pillai & Pillai, 2021). Tantangan juga dapat muncul dari proses implementasi tujuan publik dan regulasi untuk penggunaan iradiasi pangan. Regulasi yang ketat dan proses persetujuan yang panjang dapat mendukung dan menghambat penggunaan teknologi ini. Dalam beberapa kasus, penegakan peraturan yang rumit mungkin membutuhkan waktu, sumber daya, dan biaya yang tidak sedikit untuk memastikannya (Bashir et al., 2020). Perubahan warna, aroma, dan tekstur pangan dapat terjadi dengan iradiasi pada dosis tertentu. Beberapa orang mungkin mengalami perubahan cita rasa dan penurunan penjualan produk pangan yang telah dihentikan (Arvanitoyannis, 2010). Selain itu, ketidakpercayaan dan skeptisisme masyarakat terhadap paparan radiasi merupakan isu penting yang perlu ditangani.

Pendidikan dan komunikasi publik yang efektif sangat penting untuk mengatasi kesalahpahaman dan meningkatkan pemahaman tentang manfaat dan keamanan radiasi. Menurut penelitian oleh (Frewer et al., 2013), sangat penting untuk melibatkan masyarakat dalam proses pengembangan keputusan dan mengadopsi strategi komunikasi yang transparan untuk menumbuhkan kepercayaan dan saling menguntungkan terkait dengan teknologi yang tahan radiasi. Implikasi Penerapan Pangan Iradiasi dalam Industri Pangan Penggunaan iradiasi pangan memiliki manfaat yang cukup signifikan dalam membantu industri pangan untuk mengurangi risiko mikroba patogen dan meningkatkan potensi kontaminasi pangan. Melalui proses iradiasi, pangan dapat mengalami penurunan populasi mikroorganisme patogen seperti bakteri, virus, dan parasit. Selain itu, iradiasi pangan berkontribusi pada peningkatan kesehatan pangan dengan menurunkan risiko penyakit yang disebabkan oleh patogen yang dapat membahayakan manusia melalui penggunaan pangan. Penggunaan iradiasi pangan berpotensi mengurangi kerugian dan kerusakan yang disebabkan oleh

Alhanannasir, dkk

Gizi dan Pengolahan Pangan

<https://jurnal.ar-raniry.ac.id/index.php/PBiotik/index>



kontaminasi mikroba dan serangan hama dengan cara mengurangi jumlah patogen dalam pangan dan mengurangi populasi hama. Hal ini dapat berdampak positif terhadap produktivitas dan efisiensi industri pangan serta mengurangi pemborosan dan kerugian pangan. **Potensi Pengembangan dan Perluasan Penggunaan Pangan Iradiasi**

Pangan iradiasi memiliki potensi untuk mengembangkan produk dengan daya simpan yang lebih kuat, yang pada praktiknya dapat membantu mengurangi pemborosan pangan dan meningkatkan ketersediaan produk. Selain itu, penggunaan iradiasi pangan dapat membantu mengurangi signifikansi keamanan dan mutu dalam perdagangan internasional. Proses iradiasi dapat membantu mengurangi jumlah patogen yang ada dalam pangan, memastikan bahwa produk tersebut memenuhi standar kebersihan pangan yang ditetapkan oleh pemerintah ekspor. Hal ini memberikan peluang bagi produsen pangan untuk memperluas jangkauan pasar mereka karena iradiasi pangan dapat berfungsi sebagai pengaman untuk memastikan bahwa produk tersebut aman dan memenuhi standar perdagangan internasional. Sebelum melangkah lebih jauh, iradiasi pangan juga dapat digunakan dalam pengolahan bahan baku. Sebelum mencapai tahap pengolahan, proses radiasi pada bahan baku dapat membantu mengurangi risiko kontaminasi mikroba patogen. Dengan demikian, iradiasi pangan dapat memberikan perlindungan terhadap kontaminasi mikroba sejak awal dan membantu memastikan keamanan produk pada tahap selanjutnya.

D. KESIMPULAN

Menurut temuan penelitian sebelumnya, iradiasi pangan telah terbukti efektif dalam meningkatkan kesehatan pangan dengan mengurangi pertumbuhan patogen dan menurunkan tingkat ketidakmurnian produk. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa radiasi dapat mengurangi tingkat bakteri seperti *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, dan *Escherichia coli* pada berbagai produk pangan, termasuk ayam, sapi, makanan laut, buah-buahan, sayuran, dan biji-bijian. Penerapan iradiasi pangan dianggap sebagai metode yang lebih efektif daripada

metode lainnya. Meskipun demikian, ada beberapa kelemahan dalam penerapannya, yaitu biaya modal yang meningkat, pembangunan infrastruktur yang kurang memadai, keinginan konsumen untuk mendapatkan makanan yang didistribusikan, dan perubahan sensor produk. Untuk meningkatkan keamanan pangan dan pengendalian hama, sangat penting untuk

Alhanannasir, dkk

Gizi dan Pengolahan Pangan

<https://jurnal.ar-raniry.ac.id/index.php/PBiotik/index>



menerapkan iradiasi dalam industri pangan. Namun, untuk mencapai manfaat yang lebih komprehensif, upaya edukasi harus dilakukan untuk mengedukasi masyarakat tentang informasi yang akurat dan transparan tentang bahaya radiasi, termasuk manfaat dan keamanannya. Pengembangan iradiasi juga memerlukan pengembangan infrastruktur. Kolaborasi antara industri pangan dan pemerintah sangat penting dalam hal ini.

Keterlibatan pemerintah dalam hal regulasi, investasi, dan penelitian akan memfasilitasi pengembangan teknologi ini dan secara efektif mendorong penggunaannya dalam industri pangan. Penelitian dan pengembangan teknologi iradiasi pangan harus terus dilakukan untuk mengatasi isu dan masalah yang masih ada. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk lebih memahami efek radiasi terhadap komposisi nutrisi, sensorisitas, dan produk pangan jangka panjang. Selain itu, penelitian mengenai efek radiasi terhadap berbagai jenis patogen dan pengembangan dosis radiasi yang ideal untuk setiap produk pangan juga harus dilakukan. Penelitian dan pengembangan lebih lanjut ini akan membantu kita untuk lebih memahami teknologi pangan radiasi dan memastikan penggunaan yang lebih efektif dan aman di masa depan.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Arvanitoyannis, I. S. (2010). *Irradiation Of Food Commodities*. Elsevier Inc. [.https://doi.org/https://doi.org/10.1016/C2009-0-01843-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/C2009-0-01843-1)
- Badan Pengawas Obat Dan Makanan Republik Indonesia. (2004). *Pedoman Otorisasi Iradiasi Pangan Secara Umum atau Berdasarkan Kelompok Pangan*. https://standarpangan.pom.go.id/dokumen/kodepraktis/10._Pedoman_Otorisasi_Iradiasi_Pangan_Secara_Umum_atau_Berdasarkan_Kelompok_Pangan.pdf
- Badan Pengawas Obat Dan Makanan Republik Indonesia. (2019). *Peraturan Badan Pengawas Obat Dan Makanan Republik Indonesia*.
- Bashir, K., Jan, K., Kamble, D. B., Maurya, V. K., Jan, S., & Swer, T. L. (2020). *History, Status and Regulatory Aspects of Gamma Irradiation for Food Processing*. In *Innovative Food Processing Technologies: A Comprehensive Review* (pp. 101–107). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.23051-5>



- Bhatnagar, P., Gururani, P., Bisht, B., Kumar, V., Kumar, N., Joshi, R., & Vlaskin, M. S. (2022). Impact of irradiation on physico-chemical and nutritional properties of fruits and vegetables: A mini review. *Heliyon*, 8(10), e10918. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10918>
- Bisht, B., Bhatnagar, P., Gururani, P., Kumar, V., Tomar, M. S., Sinhmar, R., Rathi, N., & Kumar, S. (2021). Food irradiation: Effect of ionizing and non-ionizing radiations on preservation of 385. fruits and vegetables– a review. *Trends in Food Science and Technology*, 114, 372– <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.002>
- BSN. (2023, June 23). Pentingnya Peningkatan Pemahaman Pangan yang Aman dan Bermutu. <https://bsn.go.id/main/berita/detail/17646/pentingnya-peningkatan-pemahaman-panganyang-aman-dan-bermutu>
- Center for Disease Control and Prevention (CDC). (2022). Food Irradiation <https://www.cdc.gov/foodsafety/communication/food-irradiation.html#print>
- Dhanashri, S., & Singh, S. (2018). Effect of gamma irradiation on the quality of seafood. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 27, 77–83.
- Ehlermann, D. A. E. (2014). Safety of Food and Beverages: Safety of Irradiated Foods. In *Encyclopedia of Food Safety* (Vol. 3, pp. 447–452). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-378612-8.00305-X> Fda, & CarrotNewYork.
- (2016). Food Facts From the U.S. Food and Drug Administration. <http://www.fda.gov/educationresource/library>
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2001). Definitions and General Concepts of Food Security. <https://www.fao.org/3/y7352e/y7352e05.htm> Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2019). Food irradiation: A proven technology to improve food safety. <http://www.fao.org/food-processing-food-safety/foodirradiation/en/>
- Frewer, L. J., Fischer, A. R. H., & Brennan, M. (2013). Risk perception, communication and trust: Towards an emotional-epistemic model of public acceptance of new technologies. *Technological Forecasting and Social Change*, 80, 363–372.



- Jan, K., Bashir, K., & Maurya, V. K. (2020). Gamma Irradiation and Food Properties. In Innovative Food Processing Technologies: A Comprehensive Review (pp. 41–60). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.23052-7>
- Keklik, N. C. et al. (2015). Reduction of bacteria on chicken wings during irradiation. *Journal of Food Protection*, 78, 1712–1717.
- Panseri, S., Arioli, F., Pavlovic, R., Di Cesare, F., Nobile, M., Mosconi, G., Villa, R., Chiesa, L. M., & Bonerba, E. (2022). Impact of irradiation on metabolomics profile of ground meat and its implications toward food safety. *LWT*, 161. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113305>
- Pillai, S. D., & Pillai, E. T. (2021). Agriculture: Electron beam irradiation technology applications in th food industry. In *Encyclopedia of Nuclear Energy* (pp. 313–329). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819725-7.00141-0>
- Rianti, A., Oulan, E., Buana, G. N., Kiyat, W. El, & Harsojo, D. (2018). Eliminasi Bakteri Patogen pada Sayur dan Buah sebagai Bahan Baku Salad Siap Santap dengan Iradiasi Gamma Elimination of Pathogenic Bacteria on Vegetables and Fruits as Raw Material of Ready-to-Eat Salad by Gamma Irradiation. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop Dan Radiasi*, 14(1).
- Serrano, M. (2019). Impact of gamma irradiation on the physicochemical, nutritional, and sensory properties of fruits, vegetables, and grains: a review. *Journal of Food Science*, 84, 1444– 1457.