

Estrategias de descontaminación microbiológica de frambuesas frescas

Wendy Daniela Bendek Rueda
CC 1193419562
Código estudiantil: 201812293136
Correo: wendy.bendek@unisimon.edu.co

Trabajo de Investigación del Programa de Microbiología

Tutor:

Liliana Pérez Lavalle
Zamira Soto Varela

Antecedentes: El aumento del consumo de frambuesa (*Rubus idaeus L.*) se relaciona con su calidad organoléptica y con los beneficios que trae para la salud debido a su contenido de vitaminas, minerales y compuestos bioactivos. Sin embargo, los múltiples brotes de intoxicación alimentaria asociados a esta fruta ocasionados principalmente por Norovirus, Virus de la hepatitis A y *Cyclospora* han incrementado la preocupación por su seguridad. Adicionalmente, diversos trabajos han demostrado que la frambuesa es altamente susceptible al deterioro debido a su textura frágil y al desarrollo de mohos. Estas problemáticas han llevado a la búsqueda y evaluación de diferentes estrategias para mejorar su inocuidad y su vida útil a partir del desarrollo de diversas investigaciones que han determinado la capacidad de reducción de la microbiota natural y de diversos patógenos que puedan estar presentes en la frambuesa.

Objetivos: Este trabajo tuvo como objetivo identificar las estrategias de descontaminación microbiológica más eficaces en frambuesa con el mínimo impacto en su calidad sensorial y nutricional mediante la determinación de las reducciones de la microbiota natural y de patógenos producidas por los métodos químicos y físicos aplicados en frambuesas.

Materiales y Métodos: Se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos: Web of Science, Pubmed y Scopus. Las palabras de búsquedas utilizadas

fueron (raspberry) AND (*Salmonella* OR *Listeria monocytogenes* OR *Escherichia coli* O157:H7 OR murine norovirus OR norovirus OR hepatitis A OR *Cyclospora* OR total aerobic bacteria OR yeasts and moulds OR virus OR parasites) AND (chemicals OR solutions OR organic acids OR detergents OR inactivation OR antibacterial effect OR reduction OR decontamination OR sanitation OR disinfection) 2011-2021. Se seleccionaron un total de 32 artículos correspondientes a la aplicación de estrategias de descontaminación microbiológica en frambuesas frescas a partir de los cuales se extrajo la información más relevante como el microorganismo, tecnología aplicada, condiciones, reducción; así como se tuvieron en cuenta otros hallazgos en relación a las características sensoriales y el efecto de la tecnología en compuestos bioactivos de la frambuesa.

Resultados: A partir de la búsqueda realizada, se encontraron diferentes trabajos que soportan la aplicación del dióxido de cloro gaseoso (gClO_2), ozono (O_3), recubrimientos comestibles, luz pulsada (LP) y luz ultravioleta C son métodos potenciales para mejorar la descontaminación microbiana con un mínimo impacto en la calidad de este producto. En relación a las estrategias químicas, la más estudiada fue el uso del ozono lográndose reducciones de hasta 0,8 log de mohos y levaduras y 3,3 log₁₀ TCID₅₀ para MNV-1., seguido del uso de dióxido de cloro con reducciones de hasta 3,97 Log UFP del VHA. Dentro de las estrategias físicas, se evaluó principalmente el uso de luz pulsadas principalmente para la reducción de bacterias con reducciones de hasta 5,3 log UFC/g en *E. coli*.

Conclusiones: En los últimos años, se han evaluado diferentes estrategias químicas y físicas las cuales ayudan a la descontaminación microbiana de las frambuesas. De acuerdo a las investigaciones descritas anteriormente, las tecnologías de luz pulsada (LP) y luz ultravioleta (UV) muestran resultados convenientes para su uso en la descontaminación de frambuesas frescas. En relación con las estrategias químicas tales como el O_3 , gClO_2 y los recubrimientos comestibles presentan gran ventaja para las frambuesas destinadas al mercado en fresco. Por último, es necesario la realización de nuevas investigaciones que se enfoquen en el efecto que trae consigo estas estrategias en la inactivación microbiana como en la calidad sensorial y al valor nutricional de las frambuesas durante su vida útil.

Background: The increased consumption of raspberry (*Rubus idaeus* L.) is related to its organoleptic quality and the benefits it brings to health due to its content of vitamins, minerals and bioactive compounds. However, the multiple outbreaks of food poisoning associated with this fruit, caused mainly by Norovirus, Hepatitis A virus and *Cyclospora* have increased concern for its safety. Additionally, various studies have shown that raspberry is highly susceptible to deterioration due to its brittle texture and the development of molds. These problems have led to the search and evaluation of different strategies to improve its safety and its useful life from the development of various investigations that

have determined the ability to reduce the natural microbiota and various pathogens that may be present in raspberry.

Objectives: This work aimed to identify the most effective microbiological decontamination strategies in raspberries with the minimum impact on their sensory and nutritional quality by determining the reductions in the natural microbiota and pathogens produced by the chemical and physical methods applied to raspberries.

Materials and Methods: A bibliographic search was carried out in the databases: Web of Science, Pubmed and Scopus. The search words used were (raspberry) AND (*Salmonella* OR *Listeria monocytogenes* OR *Escherichia coli* O157: H7 OR murine norovirus OR norovirus OR hepatitis A OR *Cyclospora* OR total aerobic bacteria OR yeasts and molds OR virus OR parasites) AND (chemicals OR solutions OR organic acids OR detergents OR inactivation OR antibacterial effect OR reduction OR decontamination OR sanitation OR disinfection) 2011-2021. A total of 32 articles were selected corresponding to the application of microbiological decontamination strategies in fresh raspberries from which the most relevant information was extracted such as the microorganism, applied technology, conditions, reduction; as well as other findings in relation to sensory characteristics and the effect of technology on bioactive compounds of raspberry were taken into account.

Results: From the search carried out, different works were found that support the application of gaseous chlorine dioxide (gClO_2), ozone (O_3), edible coatings, pulsed light (LP) and ultraviolet C light are potential methods to improve decontamination. microbial with minimal impact on the quality of this product. Regarding chemical strategies, the most studied was the use of ozone, achieving reductions of up to 0.8 log for molds and yeasts and 3.3 log₁₀ log₁₀ TCID₅₀ for MNV-1, followed by the use of chlorine dioxide with reductions of up to 3.97 Log PFU of HAV. Within the physical strategies, the use of pulsed light was evaluated mainly for the reduction of bacteria with reductions of up to 5.3 log CFU / g in *E. coli*.

Conclusions: In recent years, different chemical and physical strategies have been evaluated which help the microbial decontamination of raspberries. According to the research described above, pulsed light (LP) and ultraviolet (UV) light technologies show convenient results for use in the decontamination of fresh raspberries. In relation to chemical strategies such as O_3 , gClO_2 and edible coatings, they present great advantages for raspberries destined for the fresh market. Finally, it is necessary to carry out new research that focuses on the effect that these strategies have on microbial inactivation as well as on e sensory quality and nutritional value of raspberries during their useful life.

KeyWords: raspberry; chemical strategies; physical strategies; microbial decontamination; quality and safety.

REFERENCIAS

- [1] procapslaboratorios. (2021). Procaps - Es importante consumir frutas y verduras | Es importante consumir frutas y verduras. [https://www.procapslaboratorios.com/blog/salud-y-bienestar/es-importante-consumir-frutas-y-verduras#:~:text=Seg%C3%BAn%20la%20Organizaci%C3%B3n%20Mundial%20de,enfermedades%20no%20transmisibles%20\(ENT\)](https://www.procapslaboratorios.com/blog/salud-y-bienestar/es-importante-consumir-frutas-y-verduras#:~:text=Seg%C3%BAn%20la%20Organizaci%C3%B3n%20Mundial%20de,enfermedades%20no%20transmisibles%20(ENT))
- [2] S. (2020, 4 agosto). Frambuesas: los beneficios del fruto antioxidante que es un tesoro en los postres. ABC. https://www.abc.es/bienestar/alimentacion/abci-frambuesas-202008040843_noticia.html
- [3] Manzano Mantilla, M. J. (2013, enero). Proyecto de factibilidad para la creación de una empresa productora y comercializadora de frambuesas para su exportación a los Estados Unidos de América, ubicada en Puenbo, provincia de Pichincha. Universidad politécnica salesiana Sede-Quito. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5202/1/UPS-QT03827.pdf>
- [4] Centers for Disease Control and Prevention National outbreak reporting system (NORS) <https://wwwn.cdc.gov/norsdashboard/> (2018)
- [5] Brotes en países europeos: Le Guyader, 2004 Detection of noroviruses in raspberries associated with a gastroenteritis outbreak.
- [6] RASFF, foodborne outbreak caused by and norovirus (2 out of 3 samples) in frozen raspberries from Serbia 2015 https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/portal/?event=notificationDetail&NOTIF_REFERENCE=2015.0571.
- [7] Hernández Herrero., M., & Rodríguez Jerez., J. (2007, octubre). Aplicación de diferentes técnicas analíticas para evaluar la contaminación fúngica de alimentos y superficies. Universidad Autónoma de Barcelona. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5690/bevd1de1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [8] European Food Safety Authority Scientific Opinion on the risk posed by pathogens in food of non-animal origin. Part 2 Salmonella and Norovirus in berries, 12 (6) (2014), pp. 1-95, 10.2903/j.efsa.2014.3706
- [9] Ölmez, H., Kretzschmar, U., 2009. Potential alternative disinfection methods for organic fresh-cut industry for minimizing water consumption and environmental

[10] Crowe, K.M.; Bushway, A.A.; Bushway, R.J.; Crowe, K.M.; Bushway, A.A. Effects of Alternative Postharvest Treatments on the Microbiological Quality of Lowbush Blueberries. *Small Fruits Rev.*2005, 4, 29–39. Lafarga, T.; Colás-medà, P.; Abadías, M.; Aguiló-aguayo, I.; Bobo, G. Strategies to reduce microbial risk and improve quality of fresh and processed strawberries: A review. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*2019, 52,197–212.

[11] Meireles, A.; Giaouris, E.; Simões, M. Alternative disinfection methods to chlorine for use in the fresh-cut industry. *FRIN*2016, 82, 71–85

[12] Beuchat, LR; Pettigrew, CA; Tremblay, ME; Roselle, BJ; Scouten, AJ La letalidad del cloro, el dióxido de cloro y un desinfectante comercial de frutas y verduras para las células vegetativas y las esporas de *Bacillus cereus* y las esporas de *bacilo turingiensis*. *J. Food Prot.* 2004, 67, 1702-1708. [CrossRef] [PubMed]

[13] Olmez, H.; Kretzschmar, U. Métodos de desinfección alternativos potenciales para la industria de productos frescos orgánicos para minimizar el consumo de agua y el impacto ambiental. *LWT Food Sci. Technol.*2009, 42, 686–693. [CrossRef]

[14] Wu, VCH; Kim, B. Efecto de un método simple de dióxido de cloro para controlar cinco patógenos, levaduras y mohos transmitidos por los alimentos en los arándanos. *Microbiol de alimentos.* 2007, 24, 794–800. [CrossRef] [PubMed]

[15] Annous, BA; Buckley, D. Burke, A. Evaluación del gas dióxido de cloro contra cuatro *Salmonella entérica* Serovares contaminados artificialmente en arándanos enteros. *J. Food Prot.* 2020, 83, 412–417. [CrossRef]

[16] Kingsley, D. H., & Annous, B. A. (2019b). Evaluation of Steady-State Gaseous Chlorine Dioxide Treatment for the Inactivation of Tulane virus on Berry Fruits. *Food and Environmental Virology*, 11(3), 214–219. <https://doi.org/10.1007/s12560-019-09382-4>

[17] Annous, B. A., Buckley, D. A., & Kingsley, D. H. (2021). Efficacy of Chlorine Dioxide Gas Against Hepatitis A Virus on Blueberries, Blackberries, Raspberries, and Strawberries. *Food and Environmental Virology*, 13(2), 241–247. <https://doi.org/10.1007/s12560-021-09465-1>

[18]. Deng, LZ; Mujumdar, AS; Pan, Z. Vidyarthi, SK; Xu, J. Zielinska, M. Xiao, H.-W. Tecnologías emergentes de desinfección química y física de frutas y verduras: una revisión completa. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*2020, 60, 2481–2508. [CrossRef]

[19]. Feliziani, E . Lichter, A. Smilanick, JL; Ippolito, A. Desinfectantes para el control de enfermedades de frutas y hortalizas después de la cosecha. *Postcosecha Biol. Technol.* 2016, 122, 53–69. [CrossRef]

[20] Tratamientos con ozono en post-cosecha | Tratamiento de desinfección con ozono | CosemarOzono.com. (2019, 16 mayo). Cosemar Ozono. <https://www.cosemarozono.com/soluciones/higiene-alimentaria/tratamientos-ozono-post-cosecha/>

[21] Beuchat, LR, Nail, BV, Adler, BB y Clavero, MRS (1998). Eficacia de la aplicación de cloro por aspersión para matar bacterias patógenas en manzanas, tomates y lechugas crudas. *Journal of Food Protection*, 61, 1305-1311

[22] Crozier. L., Park. S., Munn. E., Ibanez. D., Holden. N., & Potts. H. (2019). SHELF LIFE EXTENSION OF BERRIES USING IN-PACK OZONE. ProQuest. <https://www.proquest.com/openview/94716fd8c783b9476b4e8c7da82b67f9/1?pq-origsite=scholar&cbl=406340>

[23] Morales, ML et al. (2014) 'Efecto del tiempo de almacenamiento a baja temperatura sobre la composición de compuestos volátiles de Frambuesas Sevillana y Maravilla. *Biología y tecnología poscosecha*. Elsevier BV, 96: 128-134. DOI: doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.05.013.

[24] De Candia, S., Morea, M. y Baruzzi, F. 2015. Erradicación de altas cargas viables de *Listeria monocytogenes* contaminando las superficies en contacto con los alimentos. *Frontiers in Microbiology* 6 (julio): 1-12. DOI: doi.org/10.3389/fmicb.2015.00733

[25] Onopiuk, A., Półtorak, A., Moczowska, M., Szpicer, A., & Wierzbicka, A. (2017). The impact of ozone on health-promoting, microbiological, and colour properties of *Rubus ideaus* raspberries. *CyTA - Journal of Food*, 15(4), 563–573. <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1317669>

[26] Brié, A., Boudaud, N., Mssihid, A., Loutreul, J., Bertrand, I., & Gantzer, C. (2018). Inactivation of murine norovirus and hepatitis A virus on fresh raspberries by gaseous ozone treatment. *Food Microbiology*, 70, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.08.010>

[27] Sol, X. Baldwin, E. Bai, J. Aplicaciones del dióxido de cloro gaseoso en el manejo y almacenamiento poscosecha de frutas y verduras: una revisión. *Control de alimentos* 2019, 95, 18-26. [CrossRef]

[28] McHugh, T. H. (2000). Protein-lipid interactions in edible films and coatings. *Nahrung/Food*, 44(3), 148–151. [https://doi.org/10.1002/1521-3803\(20000501\)](https://doi.org/10.1002/1521-3803(20000501))

[29] MARCELA FERNANDEZ, N., ECHEVERRIA, D. C., ANDRES MOSQUERA, S. A., & PAZ, S. P. (2017). ESTADO ACTUAL DEL USO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN FRUTAS Y HORTALIZAS. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(2), 134. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(15\)134-141](https://doi.org/10.18684/bsaa(15)134-141)

[30] Gomes, M. D. S., Cardoso, M. D. G., Guimarães, A. C. G., Guerreiro, A. C., Gago, C. M. L., Vilas Boas, E. V. D. B., Días, C. M. B., Manhita, A. C. C., Faleiro, M. L., Miguel, M. G. C., & Antunes, M. D. C. (2016). Effect of edible coatings with essential oils on the quality of red raspberries over shelf-life. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(3), 929–938. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7817>

[31] Agua electrolizada para la desinfección y limpieza de instalaciones, una alternativa innovadora y respetuosa con el medio ambiente. (2015, 23 octubre). Interempresas. <https://www.interempresas.net/Alimentaria/Articulos/146038-Agua-electrolizada-desinfeccion-limpieza-instalaciones-alternativa-innovadora-respetuosa.html>

[32] Espinoza, R. D. D. L. C. (2015, octubre). Biocidas vegetales. Slideshare. <https://es.slideshare.net/renzodaviddelacruz/biocidas-vegetales>

[33] Baixauli, H. (2007, mayo). Patógenos de transmisión alimentaria en frutas y hortalizas mínimamente procesadas: incidencia, capacidad de crecimiento y nuevos métodos de control. PHYTOMA. <https://www.phytoma.com/la-revista/phytohemeroteca/189-mayo-2007/patogenos-de-transmision-alimentaria-en-frutas-y-hortalizas-minimamente-procesadas-incidencia-capacidad-de-crecimiento-y-nuevos-metodos-de-control>

[34] TIAN, P., YANG, D., & MANDRELL, R. (2011). Differences in the Binding of Human Norovirus to and from Romaine Lettuce and Raspberries by Water and Electrolyzed Waters. *Journal of Food Protection*, 74(8), 1364–1369. <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-10-494>

[35] Pérez-Lavalle, L., Carrasco, E., & Valero, A. (2020). Strategies for Microbial Decontamination of Fresh Blueberries and Derived Products. *Foods*, 9(11), 1558. <https://doi.org/10.3390/foods9111558>

[36] Lafarga, T .; Columnaas-meda, PAG.; Un malolcomo, M .; Aguiló-aguayo, I .; Bobo, G. Estrategias para reducir el riesgo microbiano y mejorar la calidad de las fresas frescas y procesadas: una revisión. *Innov. Ciencia de los alimentos. Emerg. Technol.* 2019, 52, 197– 212. [CrossRef]

[37] Zhang, ZH; Wang, LH; Zeng, XA; Han, Z .; Brennan, CS Tecnologías no térmicas y su aplicación actual y futura en la industria alimentaria: una revisión. *En t. J. Food Sci. Technol.* 2019, 54, 1-13. [CrossRef]

[38] Oms-Oliu, G., Martín-Belloso, O. and Soliva-Fortuny, R. 2010. Pulsed light treatments for food preservation. A review. *Food and Bioprocess Technology*, 3:13-23. DOI: 10.1007/s11947-008-0147-x

[39] Gómez-López, VM; Ragaert, P; Debevere, J. Devlieghere, F. Luz pulsada para descontaminación de alimentos: una revisión. *Trends Food Sci. Technol.* 2007, 18, 464–473. [CrossRef]

[40] Bialka, K., & Demirci, A. (2008). Efficacy of Pulsed UV-Light for the Decontamination of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* spp. on Raspberries and Strawberries. *Journal of Food Science*, 73(5), M201-M207. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00743.x>

[41] Xu, W., & Wu, C. (2016). The impact of pulsed light on decontamination, quality, and bacterial attachment of fresh raspberries. *Food Microbiology*, 57, 135–143. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.02.009>

[42] le GOFF, L., HUBERT, B., FAVENNEC, L., VILLENA, I., BALLEST, J. J., AGOULON, A., ORANGE, N., & GARGALA, G. (2015). Pilot-Scale Pulsed UV Light Irradiation of Experimentally Infected Raspberries Suppresses *Cryptosporidium parvum* Infectivity in Immunocompetent Suckling Mice. *Journal of Food Protection*, 78(12), 2247–2252. <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-15-062>

[43] Lara-Oviedo, G.A.L., Navarro, M.C., Altamiranda, J.A. 2018. Estudio de fotoreactivación en cultivos microbiológicos obtenidos de carga microbiana de la superficie de fresas sometidas a diferentes dosis de luz ultravioleta de onda corta UV-C. *Rev. Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 5:32-40. DOI: 10.23850/24220582.1148

[44] Quintero-Cerón, J.P.P., Bohórquez-Pérez, Y., Valenzuela-Real, C. 2013. Avances en la aplicación de luz ultravioleta de onda corta (UVC) en frutas y vegetales enteros y mínimamente procesados: revisión. *Rev. Tumbaga* 1:29-60. Recuperado de: t.ly/YCn8

[45] De la Ciencia, N. (2015, 30 julio). Luz ultravioleta para eliminar patógenos de la superficie de la fruta. *Noticias de la Ciencia y la Tecnología (Amazings® / NCYT®)*. <https://noticiasdela ciencia.com/art/15425/luz-ultravioleta-para-eliminar-patogenos-de-la-superficie-de-la-fruta>

[46] Liao, Y. T., Syamaladevi, R. M., Zhang, H., Killinger, K., & Sablani, S. (2017). Inactivation of *Listeria monocytogenes* on Frozen Red Raspberries by Using UV-C Light. *Journal of Food Protection*, 80(4), 545–550. <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-16-245>

[47] Syamaladevi, R. M., Adhikari, A., Lupien, S. L., Dugan, F., Bhunia, K., Dhingra, A., & Sablani, S. S. (2015). Ultraviolet-C light inactivation of *Penicillium*

expansum on fruit surfaces. *Food Control*, 50, 297–303.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.09.006>

[48] Schirra, M., D'Aquino, S., Cabras, P. y Angioni, A. (2011). Control de poscosecha enfermedades de la fruta por calor y fungicidas: eficacia, niveles de residuos y persistencia de residuos. Una revisión. *Revista de química agrícola y alimentaria*, 59 (16), 8531mi8542. <http://dx.doi.org/10.1021/jf201899t>.

[49] Adhikari, A., Syamaladevi, R. M., Killinger, K., & Sablani, S. S. (2015). Ultraviolet-C light inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* on organic fruit surfaces. *International Journal of Food Microbiology*, 210, 136–142. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.06.018>

[50] Cabo Verde S., Trigo M.J., Sousa M.B., Ferreira A., Ramos A.C., Nunes I., Junqueira C., Melo R., Santos P.M.P., Botelho M.L., Effects of gamma radiation on raspberries: safety and quality issues, 2013, *Journal of Toxicology and Environmental Health, parte A*, vol. 76, págs. 291-303. Más información (en inglés): <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23514071>

[51] Verde, S. C., Trigo, M. J., Sousa, M. B., Ferreira, A., Ramos, A. C., Nunes, I., Junqueira, C., Melo, R., Santos, P. M. P., & Botelho, M. L. (2013). Effects of Gamma Radiation on Raspberries: Safety and Quality Issues. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 76(4–5), 291–303. <https://doi.org/10.1080/15287394.2013.757256>

[52] Pimenta, A. I., Margaça, F. M., & Cabo Verde, S. (2019). Virucidal activity of gamma radiation on strawberries and raspberries. *International Journal of Food Microbiology*, 304, 89–96. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.05.011>

[53] Kong, Q .; Wu, A .; Qi, W .; Qi, R .; Mark, J .; Rasooly, R .; He, X. Efectos de la irradiación con haz de electrones en arándanos inoculados con *Escherichia coli* y su calidad nutricional y vida útil. *Postcosecha Biol. Technol.* 2014, 95, 28–35. [CrossRef]

[54] Nambeesan, SU; Doyle, JW; Capps, HD; Starns, C.; Scherm, H. Efecto de la pasteurización electrónica en frío TM (ECPTM) sobre la calidad de la fruta y las enfermedades poscosecha durante el almacenamiento de arándanos. *Horticulturae* 2018, 4, 25. [CrossRef]

[55] Rajiuddin, S. M., Vigre, H., Musavian, H. S., Kohle, S., Krebs, N., Hansen, T. B., Gantzer, C., & Schultz, A. C. (2020). Inactivation of hepatitis A virus and murine norovirus on surfaces of plastic, steel and raspberries using steam-ultrasound treatment. *Food and Environmental Virology*, 12(4), 295–309. <https://doi.org/10.1007/s12560-020-09441-1>

[56] Hirneisen, KA, Negro, EP, Cascarino, JL, Fino, VR, Hoover, D. G. y Kniel, KE (2010). Inactivación viral en los alimentos: una revisión de las Tecnologías tradicionales y novedosas de procesamiento de alimentos. *Revisiones integrales en ciencia de los alimentos y seguridad alimentaria*, 9(1), 3-20.

<https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00092.x>

[57] Rajiuddin, S. M., Vigre, H., Musavian, H. S., Kohle, S., Krebs, N., Hansen, T. B., Gantzer, C., & Schultz, A. C. (2020). Inactivation of hepatitis A virus and murine norovirus on surfaces of plastic, steel and raspberries using steam-ultrasound treatment. *Food and Environmental Virology*, 12(4), 295–309.

<https://doi.org/10.1007/s12560-020-09441-1>

[58] Huang, Y., Sido, R., Huang, R., & Chen, H. (2015). Application of water-assisted pulsed light treatment to decontaminate raspberries and blueberries from *Salmonella*. *International Journal of Food Microbiology*, 208, 43–50.

<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.05.016>

[59] Huang, Y., & Chen, H. (2015). Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* and human norovirus surrogate on artificially contaminated strawberries and raspberries by water-assisted pulsed light treatment. *Food Research International*, 72, 1–7.

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.03.013>

[60] XU, W., CHEN, H., & WU, C. (2016). *Salmonella* and *Escherichia coli* O157:H7 Inactivation, Color, and Bioactive Compounds Enhancement on Raspberries during Frozen Storage after Decontamination Using New Formula Sanitizer Washing or Pulsed Light. *Journal of Food Protection*, 79(7), 1107–1114.

<https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-15-379>

[61] Huang, R., Ye, M., Li, X., Ji, L., Karwe, M., & Chen, H. (2016). Evaluation of high hydrostatic pressure inactivation of human norovirus on strawberries, blueberries, raspberries and in their purees. *International Journal of Food Microbiology*, 223, 17–24.

<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.02.002>

[62] Pimenta, A. I., Margaça, F. M., & Cabo Verde, S. (2019). Virucidal activity of gamma radiation on strawberries and raspberries. *International Journal of Food Microbiology*, 304, 89–96.

<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.05.011>

[63] Rasiukevičiūtė, N., Valiuškaitė, A., Uselis, N., Buskienė, L., Viškelis, J., & Lukšienė, I. (2015). New non-chemical postharvest technologies reducing berry contamination. *Zemdirbyste-Agriculture*, 102(4), 411–416.

<https://doi.org/10.13080/z-a.2015.102.052>

[64] Predmore, A., & Li, J. (2011). Enhanced Removal of a Human Norovirus Surrogate from Fresh Vegetables and Fruits by a Combination of Surfactants and Sanitizers. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(14), 4829–4838.

<https://doi.org/10.1128/aem.00174-11>

[65] Pinto, L., Palma, A., Cefola, M., Pace, B., D'Aquino, S., Carboni, C., & Baruzzi, F. (2020). Effect of modified atmosphere packaging (MAP) and gaseous ozone pre-packaging treatment on the physico-chemical, microbiological and sensory quality of small berry fruit. *Food Packaging and Shelf Life*, 26, 100573. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100573>

[66] Falcó, I., Flores-Meraz, P. L., Randazzo, W., Sánchez, G., López-Rubio, A., & Fabra, M. J. (2019). Antiviral activity of alginate-oleic acid based coatings incorporating green tea extract on strawberries and raspberries. *Food Hydrocolloids*, 87, 611–618. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.08.055>