



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2024,
Volumen 8, Número 4.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4

**TECNOLOGÍAS EMERGENTES USADAS
EN EL ENVASADO Y PROCESAMIENTO DE
PRODUCTOS CÁRNICOS CONVENCIONALES Y
NO CONVENCIONALES**

**EMERGING TECHNOLOGIES IN PACKAGING AND
PROCESSING OF CONVENTIONAL AND NON
CONVENTIONAL MEAT PRODUCTS**

Yesly Karina Idrogo-Torres

Universidad Nacional Autónoma de Chota, Perú

Doris Elena Delgado Tapia

Universidad Nacional Autónoma de Chota, Perú

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12295

Tecnologías Emergentes Usadas en el Envasado y Procesamiento de Productos Cárnicos Convencionales y No Convencionales

Yesly Karina Idrogo Torres¹2013040098@unach.edu.pe<https://orcid.org/0009-0008-2304-5865>Universidad Nacional Autónoma de Chota
Perú**Doris Elena Delgado Tapia**dedelgadot@unach.edu.pe<https://orcid.org/0000-0002-4539-9022>Universidad Nacional Autónoma de Chota
Perú

RESUMEN

La preocupación por la contaminación de alimentos y la importancia de proteger al público de los riesgos asociados han impulsado la adopción de métodos emergentes en el procesamiento y conservación de carnes. Estas tecnologías juegan un rol crucial en la prolongación de la vida útil e influyen en la calidad de los productos cárnicos. El objetivo de este estudio fue analizar las tecnologías emergentes aplicadas en el envasado y procesamiento de la industria cárnica. La metodología consistió en una revisión bibliográfica bajo el enfoque cualitativo, utilizando el análisis crítico-síntesis de diversas fuentes como resúmenes, trabajos de investigación completos y libros recopilados de bases de datos especializadas como Science Direct, Elsevier, Springer, Scopus, PubMed y MDPI. La metodología de análisis incluyó etapas de lectura y evaluación crítica, extracción de información, síntesis y organización de datos, así como la formulación de opiniones y conclusiones basadas en la información recopilada. Entre los resultados destaca que las diferentes tecnologías emergentes aplicadas en productos cárnicos tanto convencionales como no convencionales, están ligadas al envasado inteligente que se encuentran en desarrollo, concluyendo que ofrecen soluciones innovadoras para prolongar la vida útil, seguridad y calidad del producto cárnico, pero necesitan ser evaluadas para su implementación.

Palabras claves: productos cárnicos, calidad, vida útil, seguridad

¹ Autor principal

Correspondencia: 2013040098@unach.edu.pe

Emerging Technologies in Packaging and Processing of Conventional and Non-Conventional Meat Products

ABSTRACT

The concern over food contamination and the importance of protecting the public from associated risks have driven the adoption of emerging methods in meat processing and preservation. These technologies play a crucial role in extending shelf life and influencing the quality of meat products. The aim of this study was to analyze emerging technologies applied in the packaging and processing within the meat industry. The methodology involved a qualitative literature review using critical synthesis analysis of various sources including abstracts, full research papers, and compiled books sourced from specialized databases such as Science Direct, Elsevier, Springer, Scopus, PubMed, and MDPI. The analysis methodology included stages of reading, critical evaluation, information extraction, synthesis and data organization, as well as formulating opinions and conclusions based on the gathered information. Key findings highlight that diverse emerging technologies applied in both conventional and unconventional meat products are linked to the development of intelligent packaging systems currently in progress. The study concludes that these technologies offer innovative solutions to extend the shelf life, safety, and quality of meat products, but they require thorough evaluation before implementation.

Keywords: meat products, quality, shelf life, safety

Artículo recibido 28 junio 2024

Aceptado para publicación: 15 julio 2024



INTRODUCCIÓN

La contaminación de los alimentos es motivo de grave preocupación, ya que la alta concentración de sustancias químicas presentes en los comestibles plantea serios riesgos para la salud. Proteger al público de los peligros asociados con los alimentos contaminados se ha convertido en una tarea de enormes proporciones (Rather et al., 2017; Onyeaka et al., 2024). Los métodos de procesamiento y conservación de alimentos desempeñan un papel vital al prolongar la vida útil y garantizar la calidad de los alimentos para el consumo humano. Sin embargo, algunos métodos pueden dañar las características sensoriales y el valor nutricional (Al-juhaimi et al., 2018; Safwa et al., 2023; Gómez et al., 2020).

Así mismo, los consumidores del siglo XXI son muy exigentes en cuanto a los beneficios para la salud de los alimentos y productos alimenticios ya que se ha considerado que la carne y los productos cárnicos son las principales fuentes de ácidos grasos saturados en la dieta humana (Badar et al., 2021). Así mismo, el desarrollo del sistema de distribución en grandes comercios y mercados ha obligado a la investigación de metodologías y tecnologías de envasado eficientes con el objetivo de mantener la calidad y seguridad, aumentar el valor del producto, promover las ventas e impartir información (Dalla Rosa, 2019).

Los tratamientos térmicos actualmente garantizan la seguridad alimentaria; sin embargo, pueden alterar negativamente la calidad sensorial y nutricional, especialmente en productos sensibles al calor como la carne (Li et al., 2017). Las tecnologías de procesamiento no térmicas, por otro lado, pueden aumentar la seguridad y extender la vida útil (Ursachi et al., 2020; Lee & Yoon, 2024). El impacto de estas tecnologías en la calidad de la carne ha sido evaluado mediante análisis sensoriales, microbiológicos y fisicoquímico (Hassoun et al., 2021; dos Santos Rocha et al., 2022).

Estas demandas han impulsado a la industria a innovar y adoptar nuevas tecnologías o las llamadas tecnologías emergentes (Pavelková & Flimelová, 2012), apoyadas en los sistemas de envasado para productos cárnicos, incluyendo carnes cocidas, frescas y procesadas (Khodaei et al., 2023). Entre estos sistemas se encuentran el envasado activo (Yildirim et al., 2018), envasado inteligente (Mohebi & Marquez, 2015), aplicación de nanotecnología (Ashfaq et al., 2022) y el envasado a altas presiones (Zadeike & Degutyte, 2023). Otras tecnologías emergentes aplicadas en el procesamiento de carnes

incluyen plasma frío, descarga de barrera dieléctrica, chorro de plasma a presión atmosférica, descarga corona, descarga con microondas y ultrasonido (Domínguez et al., 2018; Gabrić et al., 2022).

Por otro lado, la industria cárnica, ha desarrollado productos cárnicos no convencionales que provienen de fuentes de carne no tradicionales con el fin de mitigar el impacto ambiental; estos incluyen productos derivados de carne de insectos comestibles (Schouteten et al., 2016; Tavares et al., 2022), carne de animales exóticos y silvestres (dos Santos Morais et al., 2022), carne cultivada en laboratorio (Balasubramanian et al., 2021; Hong et al., 2021) y carnes de origen vegetal (Wang & Jian, 2023; Clayton et al., 2019).

De lo mencionado anteriormente se plantea este estudio fundamentado en una revisión documental, la misma que comprende aspectos fundamentales como el envasado inteligente y su relación con los avances realizados en las tecnologías emergentes en el procesamiento de productos cárnicos convencionales y no convencionales o menos comunes. Y cuyo objetivo principal de este artículo es analizar las tecnologías emergentes aplicadas en el envasado y procesamiento de la industria cárnica, cubriendo desde métodos tradicionales hasta innovaciones recientes. Se exploran sus aplicaciones prácticas, evaluando sus ventajas como la prolongación de la vida útil y mejoras en la conservación, así como posibles desventajas como el costo y la complejidad técnica asociados.

METODOLOGÍA

En cuanto al tipo y nivel de investigación, se trata de un estudio no experimental de tipo descriptivo. Esta investigación aplica cuando el objetivo principal consiste en recopilar, analizar y sintetizar la información disponible en la literatura científica (Gabriel-Ortega, 2017), en este caso de las tecnologías emergentes usadas en el procesamiento de productos cárnicos convencionales y no convencionales. El diseño de esta investigación se caracteriza por ser observacional, retrospectivo y bibliográfico, ya que hace evaluación crítica, extracción de la información, sintetiza, organiza y se integra para formar una opinión informada de múltiples investigaciones realizadas en los últimos 4 años. Las revisiones bibliográficas se llevan a cabo de manera sistemática, lo que permite resumir los contenidos de los trabajos de investigación. Gracias a su riguroso protocolo de elaboración, estas revisiones alcanzan el más alto nivel de evidencia al minimizar el riesgo de sesgo (Moreno et al., 2018). Las fuentes empleadas fueron secundarias a partir de artículos científicos, libros especializados disponibles en la web y en

revistas indexadas cuyas bases de datos especializadas como Science Direct, Elsevier, Springer, Scopus, PubMed y MDPI, para recopilar datos e información relevante, prioritaria y actual sobre la conservación de productos cárnicos, particularmente enfocándose en técnicas de envasado. Importante resaltar que se empleó una combinación de las siguientes palabras clave: emerging technologies, packaging, active packaging and meat, packaging, intelligent packaging in meat, high pressure in meat, Emerging Technologies of Meat Processing, para efectuar la indagación especializada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Envasado activo

El desarrollo de envases con activos antioxidantes emerge como una dirección prometedora en el envasado de carne, a pesar de los desafíos actuales en la producción a escala industrial y la estabilidad de los compuestos antioxidantes.

El uso de antioxidantes naturales y biopolímeros como alternativa a conservantes y polímeros sintéticos, lo cual podría proporcionar una protección más efectiva contra la oxidación de lípidos en la carne y sus derivados (Domínguez et al., 2018). Esta tecnología podría aplicarse a productos cárnicos convencionales y no convenciones como la carne cultivada, no obstante, algunas propiedades de calidad que no se encuentran en la carne convencional deben considerarse en el diseño de envases adecuados para estos productos (Siddiqui et al., 2022).

Envases activos antimicrobianos

Incluyen recubrimientos de una matriz, como películas de plástico u otros materiales seguros para alimentos como ceras o polisacáridos, que incorporan agentes antimicrobianos y cubren directamente el alimento. En la tabla 1 se muestra una lista de componentes de los materiales y polímeros utilizados en la conservación de carnes convencionales.

Sin embargo, ciertos tipos de carnes no convencionales comparten características que podrían permitirles beneficiarse de esta tecnología.

Tabla 1 Compuestos antimicrobianos usados en el envasado de productos cárnicos

Componente activo	Polímero/Portador	Referencia
Extracto de romero	Poliestireno	Kola & Carvalho (2023)
Extracto de té verde y aceite esencial de orégano	PET/PE/EVOH/PE	Pateiro et al. (2019)
Timol , eugenol y carvacrol	Nanocompuestos de arcilla activa a Polietileno lineal de baja densidad (LLDPE)	Tornuk et al. (2015)
Quitosano	Quitosano	(Wrońska et al., 2021)
Extractos de cáscara de cebolla morada (POPE) y guisante mariposa (BFE)	Alginato	Santos & Martins (2024)

La combinación de polisacáridos con aceites esenciales vegetales antioxidantes y/o antimicrobianos crea un sistema de bioenvases activo y ecológico para la industria alimentaria. Estos envases pueden inhibir las bacterias patógenas transmitidas por los alimentos en los productos básicos, mejorando así la seguridad alimentaria y la calidad de los productos alimenticios (Li et al., 2023). De acuerdo con los estudios mostrados en la tabla 1 se pueden hacer uso de extractos, aceites esenciales o polisacáridos que van integrados al polímero y/o portador.

Envases activos antioxidantes

El agente antioxidante activo se incorpora en las paredes de la película de embalaje o dentro de los recipientes que contienen el producto, donde ejerce su acción absorbiendo compuestos indeseables del espacio libre alrededor del producto o liberando compuestos antioxidantes hacia el espacio de cabeza. El procedimiento de fabricación se elige en función del tipo de polímero y las características de los agentes antioxidantes naturales como artificiales, siendo los naturales los más relevantes (Fang et al., 2017). Por ejemplo, el propóleo ha demostrado actividad antioxidante en lonchas de jamón cocido (Rizzolo et al., 2016), y los antioxidantes de flor masculina de plátano se han incorporado salchichas (Rodrigues et al., 2020).

Estas tecnologías resultan prometedoras en la industria alimentaria. Sin embargo, su aplicación puede estar limitada por el olor fuerte que algunos antioxidantes naturales pueden tener. Por lo tanto, es crucial evaluar cuidadosamente la cantidad utilizada en productos cárnicos para no alterar las características organolépticas de la carne, así como también la permeabilidad del envase. Este debe proporcionar una protección adecuada, ya que los altos niveles de oxígeno en los envases pueden deteriorar los productos

cárnicos, facilitando el crecimiento microbiano, la oxidación de lípidos, cambios en el color, sabores, olores desagradables y pérdidas nutricionales (Rezzani et al., 2022).

Envasado inteligente

La introducción de nuevas tecnologías para monitorear el deterioro de los alimentos desde su producción hasta su consumo final busca mitigar riesgos como las enfermedades transmitidas por alimentos. Además, estos sistemas proporcionan una visión clara de los factores que contribuyen al desperdicio alimentario a lo largo de la cadena de suministro. El uso de envases inteligentes permite no solo ofrecer información detallada sobre la historia de manipulación y almacenamiento de los alimentos, sino también mejorar la calidad de los productos y cumplir con las expectativas del consumidor (Mohebi & Marquez, 2015).

Khodaei et al. (2023), mencionan diversos tipos de envases inteligentes y sus aplicaciones específicas en la industria cárnica. En la tabla 2, se enumeran nombres comerciales de productos utilizados frecuentemente. Por otro lado, en la tabla 3 se detallan los indicadores inteligentes aplicados en la industria cárnica, tanto en productos convencionales como no convencionales. Esto demuestra cómo estos sistemas pueden adaptarse para monitorear parámetros críticos de calidad en una amplia gama de productos cárnicos.

Tabla 2 Tipos de envases inteligentes y aplicaciones comerciales para productos cárnicos

Indicador	Nombre Comercial	Sistema
Indicadores de integridad	Timestrip®	Etiqueta indicadora de tiempo
	Novas®	Etiqueta indicadora de tiempo
	Best-by®	Etiqueta indicadora de tiempo
Indicadores de gas	Ageless Eye®	Tableta indicadora de gas
	Tell-Tab I	Tableta indicadora de gas
	O2Sense	Tableta indicadora de gas
Indicador	Nombre Comercial	Sistema
Indicadores de frescura	Fresh Tag®	Indicador colorimétrico
	SensorQ®	Indicador de detección de pH
	Raflatac	Indicador colorimétrico (nanocapas de plata)
	Food Sentinel	Biosensor (código de barras)
	Toxin Guard®	Biosensor (película)

	RipeSense	-
Indicadores de tiempo y temperatura	3 M Monitor Mark®	Éster de ácidos grasos TTI
	Keep-it®	TTI químico
	Fresh-Check®	Reacción de polimerización TTI
	VITSAB®	TTI enzimática
	OnVu®	Reacción fotoquímica TTI
	TopCryo®	ITT microbiológica
	FreshCode®	Etiqueta basada en código de barras TTI
	Tempix®	Etiqueta basada en código de barras TTI
	Cook-Chex	-
Etiquetas de identificación por radiofrecuencia (RFID)	Easy2log®	Etiqueta del sensor TT
	CS8304	Etiqueta del sensor TT
	TempTRIP	Etiqueta del sensor TT
	Intelligent box	Caja con etiqueta de sensor TT integrada
	Intelligent fish box	Caja con etiqueta de sensor TT integrada
	AMS SL13A	Temperatura, ampliable con sensor externo
	CAEN RFID easy2log RT0005ET	Temperatura
	Intelleflex TMT-8500	Temperatura
	SecureRF Lime Tag 2.0 Sensor	Temperatura, ampliable al nivel de pH, humedad relativa y detección de impactos

Tabla 3 Indicadores inteligentes usados en la industria cárnica

Indicador	Función	Referencia
Indicador de frescura	Indicadores colorimétricos de dióxido de carbono.	Saliu & Della Pergola (2018)
	Indicador colorimétrico de alizarina	Ezati et al. (2019)
	Aumentos de TVB-N y aumentos de colonias bacterianas (TACC), indicadores clave de deterioro	Dudnyk et al. (2018)
	Nariz optoelectrónica	Salinas et al. (2014)
	Tecnología FreshCase	Yang et al. (2016)
	Antimicrobiano	Kim et al. (2013)

Indicadores de tiempo y temperatura	Sensor adhesivo a base de rojo de metilo	Kuswandi et al. (2014)
	TTI basado en tirosinasa	Xu et al. (2017)

Las tablas 2 y 3 resaltan que los envases inteligentes integran sensores, indicadores y sistemas de identificación por radiofrecuencia. Además, se observa el uso de colorantes y quimiorreceptores naturales; no obstante, los autores señalan que algunas de estas tecnologías pueden ser costosas. Según Khan et al. (2024) los sensores e indicadores se utilizan comúnmente para monitorear la frescura de los productos cárnicos, empleando bioreceptores diversos, colorantes quimiorreactivos y fluorescentes. La incorporación de pigmentos naturales como antocianinas, curcumina y betalainas en el envasado de carne es una técnica emergente y respetuosa con el medio ambiente, indicando esto un creciente uso de compuestos naturales como indicadores, mostrando un potencial considerable para mejorar la seguridad y la calidad de los alimentos.

Envasado a altas presiones

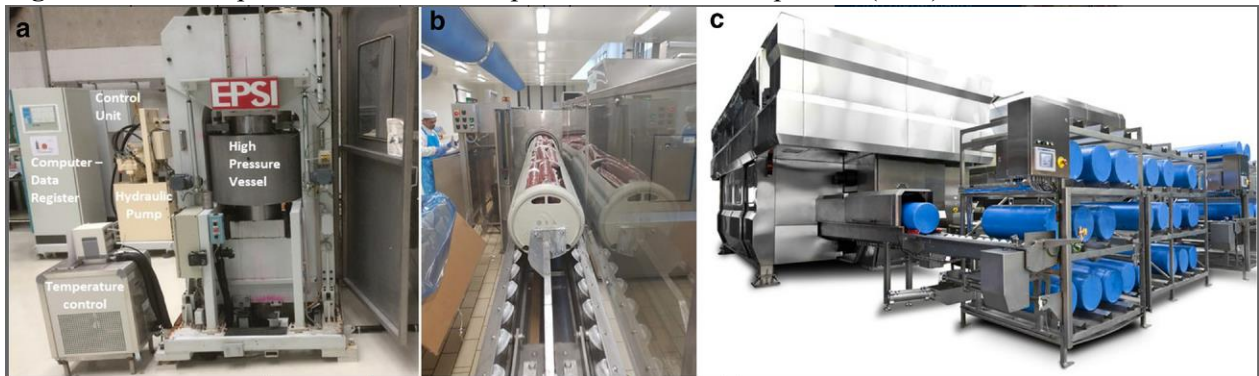
El método de pasteurización en frío mediante altas presiones consiste en introducir los alimentos en un recipiente y someterlos a niveles elevados de presión isostática (300 a 600 MPa), manteniendo el sellado de su envase final (Barbhuiya et al., 2021; Fernández-López et al., 2024). Este proceso resulta en la inactivación de microorganismos vegetativos y ciertas enzimas presentes en los alimentos. Los productos alimenticios se sellan en recipientes flexibles como bolsas o botellas de plástico, y se colocan en una cámara de alta presión que contiene un fluido transmisor de presión, generalmente agua. Mediante bombas de alta presión, se aplican presiones constantes o intermitentes de hasta 700 MPa (100000 psi), típicamente durante 3 a 5 minutos, para eliminar microorganismos vegetativos (Todd, 2014).

En el caso específico de productos cárnicos como jamón y embutidos, se recomienda aplicar presiones de 400 a 600 MPa durante 1 a 5 minutos para asegurar la efectividad del proceso (Aganovic et al., 2021). Esta técnica también ha sido aplicada con éxito a productos no convencionales como hamburguesas vegetales elaboradas con mezclas finas de harinas (Janardhanan et al., 2023), así como a hamburguesas mixtas que combinan carne con soya (Bernasconi et al., 2020). Según Sampedro et al. (2014) aunque las tecnologías no térmicas ofrecen ventajas significativas en términos de calidad del

producto, su implementación debe considerar cuidadosamente los aspectos económicos y ambientales para maximizar los beneficios y minimizar las desventajas.

En la figura 1 Bolumar et al. (2021) ilustran tres unidades de procesamiento de alta presión (HPP), las cuales operan en un rango de 600 a 900 MPa. Por ejemplo, la unidad de 600 MPa se considera adecuada para el procesamiento de productos cárnicos, destacando la versatilidad y efectividad de esta tecnología en la industria alimentaria.

Figura 1 Unidades piloto e industriales de procesamiento de alta presión (HPP)



a: Unidad HPP funciona en un rango de temperaturas de -20 a 80 °C y presiones de hasta 900 MPa.

b: Unidad HPP industrial con producto (salami) cargado en el recipiente a presión. El equipo opera a temperatura ambiente y presiones de hasta 600 MPa.

c: Instalación de Central Hidroeléctrica Industrial (Modelo Hiperbaric 420) con carga/descarga de producto totalmente automatizada. El equipo opera a temperatura ambiente y presiones de hasta 600 MPa.

Existen varias tecnologías emergentes de procesamiento aplicadas a carnes convencionales y no convencionales, tales como el uso de plasma frío (de Medeiros et al., 2019; Jayasena et al., 2023), descarga corona (Jia et al., 2017; Dalvi-Isfahan et al., 2023), descarga de plasma con microondas y ultrasonido (Soltani Firouz et al., 2022). Esta última aplicado en carne de conejo antes de la congelación; sin embargo, su aplicación después de la congelación no se recomienda debido a la pérdida considerable de peso y endurecimiento de la carne (Carrillo-Lopez et al., 2021); así mismo, en carne curada en seco de yak blanca se observó que mejora la calidad aplicando una potencia de 300 W (Bao et al., 2022).

Las tecnologías mencionadas se detallan en la tabla 4, en donde describe el principio de operación de cada una de ellas.

Tabla 4 Tecnologías emergentes usadas en el procesamiento de productos cárnicos

Tecnología emergente	Principio	Referencia
Plasma frio	Consiste en una combinación de especies altamente reactivas, como iones, radicales, electrones, fotones y moléculas excitadas. Se producen mediante descarga eléctrica en gases a baja presión.	Simmons (2012); Mengjin et al. (2021)
Descarga de barrera dieléctrica	Se crea mediante la descarga eléctrica entre dos electrodos separados por una barrera aislante, usando alto voltaje de corriente alterna.	Kim et al. (2016)
Chorro de plasma a presión atmosférica	Es un método de generación de plasma modificado en la que consta de dos electrodos concéntricos por donde fluye el gas dirigido a través de una boquilla.	Misra et al. (2016); Misra et al. (2016b)
Descarga corona	Son descargas eléctricas autosostenidas que ionizan una región reducida alrededor del electrodo de alto voltaje	Liu et al. (2016)
Descarga de plasma con microondas	Es la aplicación electromagnética de microondas en un rango de frecuencia de 2,45 GHz sobre el alimento.	Puligundla & Mok (2019)
Ultrasonido	Es un tratamiento no térmico y se utiliza en el procesamiento de alimentos en un rango de frecuencia entre 20 kHz y 1 MHz.	Al-Hilphy et al. (2020); Soltani Firouz et al. (2022)

La tabla 4 presenta diversas tecnologías aplicables a productos cárnicos convencionales y no convencionales; sin embargo, los parámetros de uso están en continua investigación debido a la variabilidad de la naturaleza de los alimentos. Gómez-López et al. (2022) señalan que, a pesar del desarrollo de tecnologías térmicas y no térmicas en las últimas décadas, aún persiste la incertidumbre sobre los parámetros experimentales necesarios para garantizar la reproducibilidad de los experimentos y facilitar su adopción en la industria alimentaria. Además, se destaca que estas tecnologías pueden ser costosas a gran escala, lo que representa una limitación significativa para su uso.

CONCLUSIONES

Las tecnologías emergentes en el procesamiento y envasado de productos cárnicos, aunque aplicadas con limitaciones a productos cárnicos no tradicionales, representan una oportunidad prometedora para mejorar la conservación, calidad y seguridad de estos alimentos. El envasado activo con antioxidantes y el envasado inteligente con sistemas de monitoreo ofrecen soluciones innovadoras para prolongar la vida útil y garantizar la frescura de los productos cárnicos. Es crucial parametrizar adecuadamente tecnologías como el plasma, chorro de plasma a presión atmosférica, descarga eléctrica corona,

descarga de plasma con microondas y ultrasonido para adaptarlas a las características específicas de estos productos no convencionales. Por tanto, para maximizar el aprovechamiento de estas tecnologías en productos cárnicos no tradicionales, es necesario evaluar la naturaleza del producto y considerar los costos asociados con su implementación, buscando un equilibrio entre la mejora de la calidad y la viabilidad económica en la industria cárnica.

Conflicto de intereses

No existe ningún tipo de interés con los contenidos del artículo científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aganovic, K., Hertel, C., Vogel, R. F., Johne, R., Schlüter, O., Schwarzenbolz, U., Jäger, H., Holzhauser, T., Bergmair, J., Roth, A., Sevenich, R., Bandick, N., Kulling, S. E., Knorr, D., Engel, K. H., & Heinz, V. (2021). Aspects of high hydrostatic pressure food processing: Perspectives on technology and food safety. In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* (4^a ed., Vol. 20, Issue pp. 3225–3266). Blackwell Publishing Inc.

<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12763>

Al-juhaimi, F., Ghafoor, K., Özcan, M. M., Jahurul, M. H. A., Babiker, E. E., Jinap, S., Sahena, F., Sharifudin, M. S., & Zaidul, I. S. M. (2018). Effect of various food processing and handling methods on preservation of natural antioxidants in fruits and vegetables. *Journal of Food Science and Technology*, 55(10), 3872. <https://doi.org/10.1007/S13197-018-3370-0>

Ashfaq, A., Khursheed, N., Fatima, S., Anjum, Z., & Younis, K. (2022). Application of nanotechnology in food packaging: Pros and Cons. *Journal of Agriculture and Food Research*, 7, 100270.

<https://doi.org/10.1016/J.JAFR.2022.100270>

Badar, I. H., Liu, H., Chen, Q., Xia, X., & Kong, B. (2021). Future trends of processed meat products concerning perceived healthiness: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(5), 4739–4778. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12813>

Balasubramanian, B., Liu, W., Pushparaj, K., & Park, S. (2021). The Epic of In Vitro Meat Production—A Fiction into Reality. *Foods*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/FOODS10061395>



- Bao, G., Niu, J., Li, S., Zhang, L., & Luo, Y. (2022). NC-ND license Effects of ultrasound pretreatment on the quality, nutrients and volatile compounds of dry-cured yak meat. *Ultrasonics Sonochemistry*, 82, 1350–4177. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105864>
- Bernasconi, A., Szerman, N., Vaudagna, S. R., & Speroni, F. (2020). High hydrostatic pressure and soybean protein addition to beef patties: Effects on the formation of mixed aggregates and technological parameters. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 66, 102503. <https://doi.org/10.1016/J.IFSET.2020.102503>
- Bolumar, T., Orlie, V., Sikes, A., Aganovic, K., Bak, K. H., Guyon, C., Stübler, A. S., de Lamballerie, M., Hertel, C., & Brüggemann, D. A. (2021). High-pressure processing of meat: Molecular impacts and industrial applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(1), 332–368. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12670>
- Carrillo-Lopez, L. M., Robledo, D., Martínez, V., Huerta-Jimenez, M., Titulaer, M., Alarcon-Rojo, A. D., Chavez-Martinez, A., Luna-Rodriguez, L., & Garcia-Flores, L. R. (2021). Post-mortem ultrasound and freezing of rabbit meat: Effects on the physicochemical quality and weight loss. *Ultrasonics Sonochemistry*, 79, 105766. <https://doi.org/10.1016/J.ULTSONCH.2021.105766>
- Clayton, E. M. R., Specht, E. A., Welch, D. R., & Berke, A. P. (2019). Addressing Global Protein Demand Through Diversification and Innovation: An Introduction to Plant-Based and Clean Meat. *Encyclopedia of Food Chemistry*, 209–217. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21704-6>
- Dalla Rosa, M. (2019). Packaging Sustainability in the Meat Industry. *Sustainable Meat Production and Processing*, 161–179. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814874-7.00009-2>
- Dalvi-Isfahan, M., Havet, M., Hamdami, N., & Le-Bail, A. (2023). Recent advances of high voltage electric field technology and its application in food processing: A review with a focus on corona discharge and static electric field. *Journal of Food Engineering*, 353, 111551. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2023.111551>
- de Medeiros, J. M. S., Soares, K. M. de P., & Moraes, F. P. de. (2019). Potencialidades da tecnologia do plasma na conservação de alimentos: uma revisão. *Brazilian Journal of Food Research*, 10(4), 166. <https://doi.org/10.3895/REBRAPA.V10N4.10654>



- Domínguez, R., Barba, F. J., Gómez, B., Putnik, P., Bursac Kovačević, D., Pateiro, M., Santos, E. M., & Lorenzo, J. M. (2018). Active packaging films with natural antioxidants to be used in meat industry: A review. *Food Research International*, *113*, 93–101.
<https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2018.06.073>
- dos Santos Morais, B. H., de Lima Cardoso, D., da Silva Costa, J., Mayor, P., de Albuquerque, N. I., Chisté, R. C., & de Araújo Guimarães, D. A. (2022). Use of wildlife as an alternative protein source: Collared peccary meat. *Meat Science*, *192*, 108895.
<https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2022.108895>
- dos Santos Rocha, C., Magnani, M., de Paiva Anciens Ramos, G. L., Bezerril, F. F., Freitas, M. Q., Cruz, A. G., & Pimentel, T. C. (2022). Emerging technologies in food processing: impacts on sensory characteristics and consumer perception. *Current Opinion in Food Science*, *47*.
<https://doi.org/10.1016/J.COFS.2022.100892>
- Dudnyk, I., Janeček, E. R., Vaucher-Joset, J., & Stellacci, F. (2018). Edible sensors for meat and seafood freshness. *Sensors and Actuators B: Chemical*, *259*, 1108–1112.
<https://doi.org/10.1016/J.SNB.2017.12.057>
- Ezati, P., Tajik, H., & Moradi, M. (2019). Fabrication and characterization of alizarin colorimetric indicator based on cellulose-chitosan to monitor the freshness of minced beef. *Sensors and Actuators B: Chemical*, *285*, 519–528. <https://doi.org/10.1016/J.SNB.2019.01.089>
- Fang, Z., Zhao, Y., Warner, R. D., & Johnson, S. K. (2017). Active and intelligent packaging in meat industry. *Trends in Food Science & Technology*, *61*, 60–71.
<https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2017.01.002>
- Gabrić, D., Kurek, M., Ščetar, M., Brnčić, M., & Galić, K. (2022). Effect of Non-Thermal Food Processing Techniques on Selected Packaging Materials. *Polymers 2022, Vol. 14, Page 5069*, *14*(23), 5069. <https://doi.org/10.3390/POLYM14235069>
- Gabriel-Ortega, J. (2017). Cómo se genera una investigación científica que luego sea motivo de publicación. *Journal of the Selva Andina Research Society*, *8*(2), 155–156.
http://www.scielo.org.bo/pdf/jsars/v8n2/v8n2_a08.pdf

- Gómez-López, V. M., Pataro, G., Tiwari, B., Gozzi, M., Meireles, M. Á. A., Wang, S., Guamis, B., Pan, Z., Ramaswamy, H., Sastry, S., Kuntz, F., Cullen, P. J., Vidyarthi, S. K., Ling, B., Quevedo, J. M., Strasser, A., Vignali, G., Veggi, P. C., Gervilla, R., ... Morata, A. (2022). Guidelines on reporting treatment conditions for emerging technologies in food processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(21), 5925–5949. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1895058>
- Hassoun, A., Aït-Kaddour, A., Sahar, A., & Cozzolino, D. (2021). Monitoring Thermal Treatments Applied to Meat Using Traditional Methods and Spectroscopic Techniques: A Review of Advances over the Last Decade. *Food and Bioprocess Technology*, 14(2), 195–208. <https://doi.org/10.1007/S11947-020-02510-0>
- Hong, T. K., Shin, D. M., Choi, J., Do, J. T., & Han, S. G. (2021). Current Issues and Technical Advances in Cultured Meat Production: A Review. *Food Science of Animal Resources*, 41(3), 355. <https://doi.org/10.5851/KOSFA.2021.E14>
- Janardhanan, R., Huerta-Leidenz, N., Ibañez, F. C., & Beriain, M. J. (2023). High-pressure processing and sous-vide cooking effects on physicochemical properties of meat-based, plant-based and hybrid patties. *LWT*, 173, 114273. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2022.114273>
- Jayasena, D. D., Kang, T., Wijayasekara, K. N., & Jo, C. (2023). Innovative Application of Cold Plasma Technology in Meat and Its Products. *Food Science of Animal Resources*, 43(6), 1087. <https://doi.org/10.5851/KOSFA.2023.E31>
- Jia, G., Liu, H., Nirasawa, S., & Liu, H. (2017). Effects of high-voltage electrostatic field treatment on the thawing rate and post-thawing quality of frozen rabbit meat. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 41, 348-356. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.04.011>
- Khan, M. K. I., Riaz, S., & Maan, A. A. (2024). Intelligent packaging of meat and meat products. *Intelligent Packaging*, 251–288. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15388-4.00010-9>
- Khodaei, S. M., Gholami-Ahangaran, M., Karimi Sani, I., Esfandiari, Z., & Eghbaljoo, H. (2023). Application of intelligent packaging for meat products: A systematic review. *Veterinary Medicine and Science*, 9(1), 481. <https://doi.org/10.1002/VMS3.1017>



- Kim, E., Choi, D. Y., Kim, H. C., Kim, K., & Lee, S. J. (2013). Calibrations between the variables of microbial TTI response and ground pork qualities. *Meat Science*, 95(2), 362–367. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2013.04.050>
- Kim, K. N., Lee, S. M., Mishra, A., & Yeom, G. Y. (2016). Atmospheric pressure plasmas for surface modification of flexible and printed electronic devices: A review. *Thin Solid Films*, 598, 315–334. <https://doi.org/10.1016/J.TSF.2015.05.035>
- Kola, V., & Carvalho, I. S. (2023). Plant extracts as additives in biodegradable films and coatings in active food packaging. *Food Bioscience*, 54, 102860. <https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2023.102860>
- Kuswandi, B., Jayus, Oktaviana, R., Abdullah, A., & Heng, L. Y. (2014). A Novel On-Package Sticker Sensor Based on Methyl Red for Real-Time Monitoring of Broiler Chicken Cut Freshness. *Packaging Technology and Science*, 27(1), 69–81. <https://doi.org/10.1002/PTS.2016>
- Lee, Y., & Yoon, Y. (2024). Principles and Applications of Non-Thermal Technologies for Meat Decontamination. *Food Science of Animal Resources*, 44(1), 19. <https://doi.org/10.5851/KOSFA.2023.E72>
- Li, H., Sun, D. W., Han, Z., & Yu, X. C. (2017). Effects of low temperature cooking methods and holding times on selected quality attributes of cooked pork longissimus dorsi. *Journal of Food Process Engineering*, 40(6), e12585. <https://doi.org/10.1111/JFPE.12585>
- Li, X. L., Shen, Y., Hu, F., Zhang, X. X., Thakur, K., Rengasamy, K. R. R., Khan, M. R., Busquets, R., & Wei, Z. J. (2023). Fortification of polysaccharide-based packaging films and coatings with essential oils: A review of their preparation and use in meat preservation. *International Journal of Biological Macromolecules*, 242, 124767. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2023.124767>
- Liu, M., Tang, J., Yao, Q., & Miao, Y. (2016). Development processes of positive and negative DC corona under needle-plate electrode in air. *2016 IEEE International Conference on High Voltage Engineering and Application (ICHVE)* (pp. 1-4). <https://doi.org/10.1109/ICHVE.2016.7800827>
- Mengjin, W. U., Lixia, J. I. A., Suling, L. U., Zhigang, Q. I. N., Sainan, W. E. I., & Ruosi, Y. A. N. (2021). Interfacial performance of high-performance fiber-reinforced composites improved by cold plasma treatment: A review. *Surfaces and Interfaces*, 24, 101077.

<https://doi.org/10.1016/J.SURFIN.2021.101077>

Misra, N. N., Pankaj, S. K., Segat, A., & Ishikawa, K. (2016a). Cold plasma interactions with enzymes in foods and model systems. *Trends in Food Science & Technology*, 55, 39–47.

<https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2016.07.001>

Misra, N. N., Pankaj, S. K., Segat, A., & Ishikawa, K. (2016b). Cold plasma interactions with enzymes in foods and model systems. *Trends in Food Science & Technology*, 55, 39–47.

<https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2016.07.001>

Mohebi, E., & Marquez, L. (2015). Intelligent packaging in meat industry: An overview of existing solutions. *Journal of Food Science and Technology*, 52(7), 3947.

<https://doi.org/10.1007/S13197-014-1588-Z>

Moreno, B., Muñoz, M., Cuellar, J., Domancic, S., Villanueva, J., Moreno, B., Muñoz, M., Cuellar, J., Domancic, S., & Villanueva, J. (2018). Revisión Sistemática: definición y nociones básicas. *Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral*, 11(3), 184–186.

<https://doi.org/10.4067/S0719-01072018000300184>

Onyeaka, H., Ghosh, S., Obileke, K., Miri, T., Odeyemi, O. A., Nwaiwu, O., & Tamasiga, P. (2024). Preventing chemical contaminants in food: Challenges and prospects for safe and sustainable food production. *Food Control*, 155, 110040. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2023.110040>

Pateiro, M., Domínguez, R., Bermúdez, R., Muneke, P. E. S., Zhang, W., Gagaoua, M., & Lorenzo, J. M. (2019). Antioxidant active packaging systems to extend the shelf life of sliced cooked ham. *Current Research in Food Science*, 1, 24. <https://doi.org/10.1016/J.CRFS.2019.10.002>

Pavelková, A., & Flimelová, E. (2012). Active packaging system for meat and meat products. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 6(3), 21–27. <https://doi.org/10.5219/205>

Puligundla, P., & Mok, C. (2019). Microwave- and radio-frequency-powered cold plasma applications for food safety and preservation. *Advances in Cold Plasma Applications for Food Safety and Preservation*, 309–329. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814921-8.00011-6>

Qiu, Q. Q., Sun, W. Q., & Connor, J. (2011). Sterilization of Biomaterials of Synthetic and Biological Origin. *Comprehensive Biomaterials*, 4, 127–144. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-055294-1.00248-8>



- Rather, I. A., Koh, W. Y., Paek, W. K., & Lim, J. (2017). The Sources of Chemical Contaminants in Food and Their Health Implications. *Front. Pharmacol*, 8, 830.
<https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00830>
- Rezzani, G. D., Choque, E., Salvay, A. G., Mathieu, F., & Peltzer, M. A. (2022). New Antioxidant Active Packaging Films Based on Yeast Cell Wall and Naphtho- γ -Pyrone Extract. *Polymers* 2022, Vol. 14, Page 2066, 14(10), 2066. <https://doi.org/10.3390/POLYM14102066>
- Rizzolo, A., Bianchi, G., Povolò, M., Migliori, C. A., Contarini, G., Pelizzola, V., & Cattaneo, T. M. P. (2016). Volatile compound composition and antioxidant activity of cooked ham slices packed in propolis-based active packaging. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2016.03.002>
- Rodrigues, A. S., Kubota, E. H., da Silva, C. G., dos Santos Alves, J., Hautrive, T. P., Rodrigues, G. S., & Campagnol, P. C. B. (2020). Banana inflorescences: A cheap raw material with great potential to be used as a natural antioxidant in meat products. *Meat Science*, 161. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2019.107991>
- Salinas, Y., Ros-Lis, J. V., Vivancos, J. L., Martínez-Mañez, R., Marcos, M. D., Aucejo, S., Herranz, N., Lorente, I., & Garcia, E. (2014). A novel colorimetric sensor array for monitoring fresh pork sausages spoilage. *Food Control*, 35(1), 166–176.
<https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2013.06.043>
- Saliu, F., & Della Pergola, R. (2018). Carbon dioxide colorimetric indicators for food packaging application: Applicability of anthocyanin and poly-lysine mixtures. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 258, 1117–1124. <https://doi.org/10.1016/J.SNB.2017.12.007>
- Sampedro, F., McAloon, A., Yee, W., Fan, X., & Geveke, D. J. (2014). Cost Analysis and Environmental Impact of Pulsed Electric Fields and High-Pressure Processing in Comparison with Thermal Pasteurization. *Food and Bioprocess Technology*, 7(7), 1928–1937.
<https://doi.org/10.1007/S11947-014-1298-6/METRICS>
- Santos, L. G., & Martins, V. G. (2024). Multifunctional alginate films blended with polyphenol-rich extract from unconventional edible sources: Bioactive properties, UV-light protection, and food freshness monitoring. *International Journal of Biological Macromolecules*, 262, 130001.
<https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2024.130001>



- Schouteten, J. J., De Steur, H., De Pelsmaecker, S., Lagast, S., Juvinal, J. G., De Bourdeaudhuij, I., Verbeke, W., & Gellynck, X. (2016). Emotional and sensory profiling of insect-, plant- and meat-based burgers under blind, expected and informed conditions. *Food Quality and Preference*, *52*, 27–31. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2016.03.011>
- Siddiqui, S. A., Bahmid, N. A., Karim, I., Mehany, T., Gvozdenko, A. A., Blinov, A. V., Nagdalian, A. A., Arsyad, M., & Lorenzo, J. M. (2022). Cultured meat: Processing, packaging, shelf life, and consumer acceptance. *LWT*, *172*, 114192. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2022.114192>
- Simmons, A. (2012). Future trends for the sterilisation of biomaterials and medical devices. *Sterilisation of Biomaterials and Medical Devices*, 310–320. <https://doi.org/10.1533/9780857096265.310>
- Soltani Firouz, M., Sardari, H., Alikhani Chamgordani, P., & Behjati, M. (2022). Power ultrasound in the meat industry (freezing, cooking and fermentation): Mechanisms, advances and challenges. *Ultrasonics Sonochemistry*, *86*, 106027. <https://doi.org/10.1016/J.ULTSONCH.2022.106027>
- Todd, E. C. D. (2014). Foodborne Diseases: Overview of Emerging Food Technologies. *Encyclopedia of Food Safety*, *1*, 253–261. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-378612-8.00416-9>
- Tornuk, F., Hancer, M., Sagdic, O., & Yetim, H. (2015). LLDPE based food packaging incorporated with nanoclays grafted with bioactive compounds to extend shelf life of some meat products. *LWT*, *64*(2), 540–546. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.06.030>
- Ursachi, C. Ștefan, Perța-Crișan, S., & Munteanu, F. D. (2020). Strategies to Improve Meat Products' Quality. *Foods*, *9*(12). <https://doi.org/10.3390/FOODS9121883>
- Wang, Y., & Jian, C. (2023). Novel plant-based meat alternatives: Implications and opportunities for consumer nutrition and health. *Advances in Food and Nutrition Research*, *106*, 241–274. <https://doi.org/10.1016/BS.AFNR.2023.03.006>
- Wrońska, N., Katir, N., Miłowska, K., Hammi, N., Nowak, M., Kędzierska, M., Anouar, A., Zawadzka, K., Bryszewska, M., Kadib, A. El, & Lisowska, K. (2021). Antimicrobial effect of chitosan films on food spoilage bacteria. *International Journal of Molecular Sciences*, *22*(11). <https://doi.org/10.3390/IJMS22115839/S1>

- Xu, F., Ge, L., Li, Z., Lin, H., & Mao, X. (2017). Development and application of a tyrosinase-based time-temperature indicator (TTI) for determining the quality of turbot sashimi. *Journal of Ocean University of China*, 16(5), 847–854. <https://doi.org/10.1007/S11802-017-3220-0/METRICS>
- Yang, X., Woerner, D. R., Hasty, J. D., McCullough, K. R., Geornaras, I., Sofos, J. N., & Belk, K. E. (2016). An evaluation of the effectiveness of FreshCase technology to extend the storage life of whole muscle beef and ground beef. *Journal of Animal Science*, 94(11), 4911–4920. <https://doi.org/10.2527/JAS.2016-0508>
- Yildirim, S., Röcker, B., Pettersen, M. K., Nilsen-Nygaard, J., Ayhan, Z., Rutkaite, R., Radusin, T., Suminska, P., Marcos, B., & Coma, V. (2018). Active Packaging Applications for Food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(1), 165–199. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12322>
- Zadeike, D., & Degutyte, R. (2023). Recent Advances in Acoustic Technology in Food Processing. *Foods*, 12(18), 3365. <https://doi.org/10.3390/FOODS12183365>