

**Tecnologías emergentes en la transformación de materias primas en la industria
alimentaria**

Gisleine Yoseli Luna Linares

Asesor

Doctora Magda Piedad Valdés Restrepo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
Escuela de Ciencias Básicas Tecnologías e Ingenierías
Ingeniería de Alimentos

2023

Nota de Aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Dedicatoria

A mi hijo quien es la persona que me da el ánimo de querer superarme continuamente y es un motivador con solo mirar sus tiernos ojos y su hermosa sonrisa. A mi esposo Emiliano Vergara quien es mi apoyo, mi compañero eterno de vida, quien me impulsa a continuar incluso a través de la adversidad y ha sido mi brazo derecho en este camino de triunfo. A mis Padres José y Piedad quienes fueron los primeros en brindarme su apoyo, su amor incondicional y su constante voz de aliento.

Gracias y mil gracias por estar “ahí” cada vez que lo he necesitado y he estado a punto de darme por vencida. Gracias por ser mis motores de vida, este logro es para ustedes las personas a quienes más amo en la vida.

Resumen

En la actualidad, la industria alimentaria está experimentando un elevado progreso en el avance de nuevas tecnologías que están revolucionando la manera en que se cultivan, procesan, transportan, distribuyen y consumen los alimentos. Este documento, presenta una revisión bibliográfica de las tecnologías emergentes más empleadas en la transformación de las materias primas dentro de las cuales se puede mencionar: microondas, ultrasonido, ultracongelación, plasma en frío atmosférico (**PFA**), radiaciones ionizantes, altas presiones (**APH**), calentamiento Ohmio (OH), pulsos de campos eléctricos, entre otras. La producción de alimentos busca alcanzar altos niveles de eficacia y excelencia en cuanto a su calidad haciendo uso de estas tecnologías emergentes, lo que a su vez tiene un impacto beneficioso en la salud de los individuos y en el medio ambiente.

Palabras claves: Industria cárnica, Industria láctea, Industria fruver, alimentos.

Abstract

Today, the food industry is experiencing great progress in the advancement of new technologies that are revolutionizing the way food is grown, processed, transported, distributed and consumed. This document presents a bibliographic review of the emerging technologies most used in the transformation of raw materials, among which we can mention: microwaves, ultrasound, ultra-freezing, atmospheric cold plasma (PFA), ionizing radiation, high pressures (APH), Ohm (OH) heating, electric field pulses, among others. Food production seeks to achieve high levels of efficiency and excellence in terms of quality by making use of these emerging technologies, which in turn has a beneficial impact on the health of individuals and the environment.

Keywords: Meat industry, Dairy industry, Fruver industry, food.

Tabla de Contenido

Introducción	9
Planteamiento del Problema	11
Formulación del Problema.....	12
Justificación	13
Objetivos.....	15
Objetivo General.....	15
Objetivos Específicos.....	15
Marco Teórico.....	16
Tecnologías Emergentes más Empleadas en la Transformación de la Materia Prima en la Industria Alimentaria	18
Pulsos Eléctricos de Alto Voltaje	18
Altas Presiones Hidrostáticas (APH).....	18
Luz Pulsada.....	18
Microondas	19
Ultrasonido.....	19
Ultracongelación	20
Radiaciones Ionizantes.....	21
Calentamiento Óhmico	21
Plasma Frío Atmosférico (PFA)	22
Tecnologías Emergentes en la Industria Cárnica, Láctea y Fruver	24
Tecnologías Emergentes más Empleadas en la Industria Cárnica.....	24
Ultrasonidos	24
Pulsos Eléctricos (PEF)	25
Altas Presiones Hidrostáticas (APH).....	25

Plasma Frío Atmosférico (PFA)	26
Ultracongelación	26
Tecnologías Emergentes más Empleadas en la Industria Láctea.....	27
Ultrasonido.....	27
Calentamiento Óhmico	28
Altas Presiones Hidrostáticas (APH).....	28
Pulsos Eléctricos de Alto Voltaje (PEF).....	29
Luz Pulsada.....	30
Tecnologías Emergentes más Empleadas en la Industria Fruver.....	31
Calentamiento Óhmico	31
Ultrasonido.....	31
Altas Presiones Hidrostáticas (APH).....	31
Pulsos Eléctricos de Alto Voltaje (PEF).....	32
Microondas	33
Conclusiones	35
Referencias Bibliográficas	36

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Efecto del Ultrasonido en Carnes y Derivados Cárnicos</i>	24
Tabla 2 <i>Efecto del Ultrasonido en los Procesos de Leches y Derivados</i>	28
Tabla 3 <i>Efecto del ultrasonido en frutas, verduras y tubérculos</i>	31

Introducción

En la sociedad actual, los consumidores están cada vez más preocupados por tener una vida saludable, lo cual ha ocasionado un incremento en la cantidad de productos, se busca que sean mínimamente procesados, que no tengan aditivos químicos, preparados para consumir al instante con altos estándares de calidad. Estos productos también deben tener una apariencia fresca, así como un olor y sabor innato (Pinton *et al.*, 2019). Hasta ahora, se han examinado diversas tecnologías para la conservación de alimentos, las cuales han incluido procesos térmicos como la pasteurización, esterilización, cocción y escaldado, así como el empleo de temperaturas cero o bajo cero como la refrigeración, congelación y liofilización. También se han usado procedimientos químicos como el salado, conservadores químicos, secado, azucarado, ahumado y fermentación. Estas tecnologías en su grupo se conocen como tecnologías tradicionales en la conservación de alimentos.

Además, se encuentran las tecnologías emergentes, que han sido creadas en los últimos años. Algunas de estas tecnologías ya son utilizadas en la industria, mientras que otras son consideradas como opciones futuras. En esta categoría se encuentran microondas, ultrasonido, altas presiones, pulsos de campos eléctricos, radiaciones, bacterioconas, ionizantes, entre muchas otras (Rodiles, J; Zamora, R 2021). No obstante, la eficacia de estos métodos para desactivar microorganismos y enzimas, así como para conservar la excelencia de los alimentos, es influenciada y determinada por diferentes factores internos y externos, específicos de cada tecnología y tipo de alimento, respectivamente (Valdivia, G 2020).

Estas tecnologías están siendo adoptadas y lanzadas al mercado a nivel mundial, especialmente en las industrias de los países con más progreso económico. De esta manera, las tecnologías emergentes han transformado la industria de alimentos, creando innovaciones y produciendo alimentos más saludables y prácticos para los consumidores, al mismo tiempo que reducen el consumo energético y respetan el medio ambiente (Valdivia, G 2020).

Este documento es una revisión bibliográfica de dichas tecnologías en la transformación de materias primas en la industria de alimentos, haciendo un enfoque principal en: la industria cárnica, láctea y la industria de frutas y verduras.

Planteamiento del Problema

Actualmente, en el país, las políticas alimentarias no contribuyen de manera plena a la inocuidad de los alimentos, teniendo en cuenta que el 54% de los colombianos enfrenta inseguridad alimentaria según el reporte situacional de la Seguridad Alimentaria y Nutricional realizada por GIFMM (2020).

Además, los consumidores ahora están buscando alternativas enfocadas en opciones más nutritivas, que les ayuden a encontrar un equilibrio entre salud, satisfacción y placer. Aumentar la duración de vida de los productos, reducir los precios, incrementar la inocuidad de los alimentos, ofrecer una mayor variedad y usar envases más duraderos son unos cuantos factores importantes para ajustarse a esta moderna generación. Debido a esto, la industria alimentaria está poniendo en práctica tácticas que satisfacen estas modernas necesidades de los consumidores, en respuesta a este desafío que surge desde el consumo (Lozano et al., 2019).

Esto ha generado el surgimiento y avance de innovadoras técnicas de conservación que tienen como objetivo eliminar los microorganismos dañinos y maximizar las calidades nutricionales y sensoriales de los alimentos, conocidas como tecnologías emergentes. Las tecnologías emergentes más empleadas son las siguientes: altas presiones hidrostáticas, pulsos eléctricos de alto voltaje, luz pulsada, microondas, ultrasonido, radiaciones ionizantes, ultracongelación, entre otras (Sastry, S. K., & Armstrong, G. S. 2010).

Sin embargo, muchas de estas técnicas aún no se utilizan a nivel industrial debido a su elevado costo o a la falta de garantías de la total seguridad del producto final (Rodiles, J; Zamora, R 2021).

Formulación del Problema

¿Se hace uso de las tecnologías emergentes en la transformación de materias primas en la industria alimentaria?

Justificación

Con el transcurso del tiempo se han observado transformaciones importantes en los patrones de alimentación y en la forma de vida de las personas, alterando así la percepción de "procesamiento" y "conservación" de los alimentos; en la actualidad, estos términos están íntimamente ligados a la innovación, calidad y seguridad alimentaria. De esta forma, estos conceptos se enfocan en asegurar no solo la seguridad alimentaria, además de cumplir con estándares de calidad como presentar una apariencia fresca, los alimentos también ofrecen beneficios nutricionales, funcionales y saludables. Actualmente, la mayor cantidad de los productos de la industria alimentaria se someten a procesos convencionales que pueden resultar en la pérdida de atributos sensoriales y físicos como el sabor, olor, color y textura junto con una disminución en el valor nutricional y en las sustancias saludables presentes en los alimentos, esto ha llevado a replantear y reemplazar los métodos tradicionales de conservación. La finalidad es certificar la salud, el resguardo y el atractivo de los productos alimentarios mediante el uso de tecnologías innovadoras (Valdivia, G 2020).

“En los últimos años se han estudiado y evaluado tecnologías emergentes, se entiende como tecnología emergente procesos alternativos a los tradicionales” (Ortiz, L 2022) donde estas técnicas, utilizadas a diferentes fases de la elaboración de los alimentos y la red de distribución, tienen como objetivo reducir o eliminar el deterioro en los alimentos que se produce con los técnicas de conservación habituales, logrando aumentar su vida útil gracias a un incremento de estabilidad microbiológica, sin generar grandes transformaciones en las características sensoriales o nutricionales del producto (Ghoshal, 2018).

Se ha podido comprobar los efectos positivos en el área de la industria alimentaria por ejemplo, los tratamientos de altas presiones hidrostáticas según investigaciones hechas por Hygreeva et al., (2016) “permiten la disminución en el número de microorganismos de los alimentos sin alterar el sabor o el valor nutritivo”. La tecnología de irradiación aplicada a los

alimentos permite acrecentar la vida útil de los alimentos y la protección al descontaminarlos (Ihsanullah y Rashid, 2017). Al aplicar una estrategia tecnológica que utiliza ultrasonidos, es posible disminuir la adquisición de agua y energía hasta en un 50%, disminuir un 75% la generación de aguas residuales y eliminar completamente los residuos de pescado. Además, esta técnica permite prolongar la vida útil del producto procesado (Morales, M 2018).

Es importante que primero el lector de este documento sepa cuáles son las tecnologías emergentes más empleadas en la industria alimentaria y al continuar su lectura encontrará aún más ejemplos de diferentes áreas (cárnica, láctea y fruver) de esta manera el mismo lector sacará sus conclusiones y determinará la importancia de dichas tecnologías para acrecentar la vida útil de los alimentos y su seguridad. Tal como dice Baden Powell “Nadie puede pasar a través de la vida, más de lo que puede pasar a través de un campo, sin dejar pistas detrás, y esas pistas a menudo pueden ser útiles para los que vienen detrás de ti en la búsqueda de su camino.” por lo que “No te conformes con el qué, sino que logra saber el porqué y el cómo”.

Objetivos

Objetivo General

Identificar las tecnologías emergentes en la industria de alimentos con el propósito de analizar su utilidad en las diferentes áreas de la industria.

Objetivos Específicos

Brindar un conocimiento general de cada tecnología emergente empleada dentro de la industria alimentaria.

Reconocer y destacar las tecnologías emergentes más empleadas en la transformación de las industrias cárnica, láctea y fruver en la actualidad.

Marco Teórico

Según investigaciones recientes, se pronostica que la demanda de alimentos aumentará en un 70% para el año 2050. Por lo tanto, es imprescindible que el sistema de producción y la cadena alimentaria sean sostenibles. Además, las pérdidas de alimentos son igual de significativas ya sea en naciones desarrolladas o en países en vías de desarrollo. Si se logra reducir estas pérdidas, se podrá impulsar el desarrollo económico local con valor agregado. Afortunadamente, el uso de tecnologías emergentes permite no solo afianzar la seguridad alimentaria y prolongar su vida útil, sino también mejorar o maximizar los procesos en la industria alimentaria (Morales, M 2018).

Cada nueva tecnología emergente busca alcanzar metas específicas en cuanto a las propiedades de los alimentos luego de su tratamiento y durante su periodo de almacenamiento, siendo su efectividad regulada por las medidas de seguridad pertinentes. En un futuro cercano, técnicas de conservación de alimentos podrían reemplazar en cierta medida las técnicas térmicas convencionales. Ortiz, L (2022)

Existen diferentes opiniones en cuanto al uso de tecnologías emergentes en alimentos. Valdivia, G (2020) expresa que se ha observado que las tecnologías térmicas novedosas han logrado resultados sobresalientes en cuanto a la eliminación de microorganismos., según Rodiles, J & Zamora, R. (2021) las tecnologías emergentes son la vía para conservar alimentos en el futuro, en gran parte debido a que no alteran el sabor original de los alimentos; Conejo, A (2019) dice que las tecnologías en ascenso desempeñan un papel vital y ofrecen numerosos beneficios tanto para aquellos que producen como para quienes consumen.

Así como hay opiniones positivas también existen las que van en contra o presentan preocupaciones al hacer uso de estas tecnologías como lo es el caso de Priyadarshini, *et al.*, (2018) donde expresa que puede existir un rechazo por parte de los consumidores debido a

factores como alteraciones en las características sensoriales de los alimentos, falta de familiaridad, preocupaciones sobre aspectos de salud, seguridad, éticos, ambientales y aumento del precio del producto. Según Rocha *et al.*, (2022) los productos alimenticios procesados por tecnologías emergentes se consideran no familiares e inaceptables en el primer contacto, ya que no están integrados en una dieta ordinaria. Este obstáculo es una prueba para la industria alimentaria durante su desarrollo.

Las tecnologías emergentes dentro de la industria alimentaria están transformando el procedimiento de producción, reparto y consumo de los alimentos. Estas tecnologías permiten optimizar la excelencia y confiabilidad de los productos alimentarios, tal como reducir los costes y minimizar el impacto ambiental de la industria.

Tecnologías Emergentes más Empleadas en la Transformación de la Materia Prima en la Industria Alimentaria

Pulsos Eléctricos de Alto Voltaje

El método de procesamiento novedoso involucra someter periódicamente a los alimentos a campos eléctricos de voltajes elevados (0,5-30 kV/cm) de brevísima duración (inferior a una millonésima de segundo), los cuales son aplicados mediante una disposición con electrodos a ambos lados del producto. El proceso terapéutico utiliza la electroporación para crear aberturas en las membranas celulares de los microorganismos y los alimentos, lo que desactiva los primeros sin necesidad de altas temperaturas. Este método prolonga el tiempo de conservación del alimento y garantiza su salubridad, al mismo tiempo que conserva sus propiedades nutritivas y sensoriales intactas, ya que no hay aplicaciones térmicas dañinas involucradas (Circe, 2018).

Altas Presiones Hidrostáticas (APH)

La presión se aplica uniformemente y de manera instantánea, lo que minimiza la variación de la temperatura al incrementar la presión. Esto permite que la temperatura del alimento no varíe significativamente al aumentar la presión, lo que evita la deformación o el calentamiento del alimento y mantiene sus características sensoriales intactas. La práctica de altas presiones hidrostáticas implica el empleo de presiones intensas, que pueden variar entre 100 y 600 MPa o incluso más altas, a través de un líquido acuoso como el agua, en un sistema cerrado (Ríos Corripio, Gabriela, et al., 2020).

Luz Pulsada

La técnica de los pulsos de luz es un proceso que utiliza los rayos de luz de alta energía para minorar la presencia de microorganismos en alimentos o en las superficies donde se manipulan alimentos (Puértolas, 2014). La aplicación de pulsos lumínicos se refiere a la utilización de luz intensa en un rango de espectro comprendido entre los 180 y los 1100

nanómetros, que abarca desde el ultravioleta hasta el infrarrojo cercano. Esta técnica se utiliza para eliminar las bacterias y otros organismos microscópicos que se encuentran en la superficie de los alimentos o materia (Barbosa-Cánovas et al., Citation1998; Elmnasser et al., Citation2007)

En la indagación hecha por Ramos-Villarroel, Martín-Belloso y Soliva-Fortuny en 2011, se encontraron reducciones significativas en la cantidad de bacterias de *Listeria innocua* (2,61 y 2,97 log UFC/g) y *E. coli* (2,90 y 3,33 log UFC/g) después de aplicar tratamientos de 6 y 12 J/cm² en aguacate recién tajado. Cuanto mayor fue la intensidad del tratamiento, mayor fue la inactivación de las poblaciones de *E. coli* y *Listeria innocua*.

Microondas

El calentamiento de alimentos por microondas implica utilizar ondas electromagnéticas de ciertas frecuencias para crear calor directamente en el alimento. La diferencia entre los métodos tradicionales de calentamiento y el uso de microondas radica en que las microondas generan calor desde el interior de los alimentos y lo distribuyen de manera uniforme hacia el exterior. En lugar de aplicar calor desde fuera hacia dentro, las microondas generan vibración en las moléculas de agua que se encuentran en los alimentos lo que resulta en un calentamiento simultáneo de todas las partes del alimento. Este proceso de calentamiento es más rápido que las técnicas tradicionales de pasteurización y tiene la ventaja de conservar moléculas delicadas al calor, como sabores, aromas y vitaminas (Rodiles, J; Zamora, R. 2021)

Ultrasonido

El empleo de ondas ultrasónicas para el estudio y transformación de alimentos se ha convertido en una tecnología emergente que utiliza frecuencias elevadas e inaudibles al oído humano. Estas ondas, con una frecuencia de alrededor de 20KHz, son muy eficaces en la tarea de analizar y alterar los alimentos (Awad et al.2012; Natarajan, 2020).

El aspecto más crucial reside en la suma de energía producida por el campo de sonido para aprovechar la tecnología de ultrasonido en la industria alimentaria. Esta característica se expresa en términos de potencia (W), densidad de energía del sonido (Ws/m³) o intensidad (W/m²). El ultrasonido se clasifica comúnmente en el empleo de elevada o poca energía y/o potencia, se describe utilizando sinónimos como elevada frecuencia y poca amplitud, o poca frecuencia y elevada amplitud. Concretamente la reducción de las energías de ultrasonido se ubican dentro del rango de intensidades inferiores a 1 W/cm² y frecuencias que superan los 100 KHz, mientras que las elevadas energías generalmente se toman mayores a 1 W/cm² con frecuencias que se encuentran entre los 18 - 100 KHz (Villamiel and de Jong, 2000).

Ultracongelación

La ultracongelación se refiere al momento en que el centro térmico del alimento alcanza los -18°C, lo que exige que este sea conservado a una temperatura igual o menor. La transformación del estado del agua en los alimentos de líquido a sólido durante la congelación, ocasiona cambios notables en varias características de los alimentos, tales como su densidad, capacidad para conducir calor, contenido de energía, capacidad para transmitir calor, energía térmica almacenada y capacidad para almacenar calor. Estas características están influenciadas por diferentes factores, como la constitución del alimento, el contenido de agua, la temperatura y los componentes específicos presentes en el alimento en cuestión (García *et al.*, 2017).

Una investigación llevada a cabo por Quintero Vásquez y Bonilla Garzón, (2018) donde hicieron uso de la ultracongelación en la granadilla como principal método de conservación lograron garantizar los criterios de calidad requeridos para exportar la granadilla en forma de pulpa como materia prima.

Radiaciones Ionizantes

La interacción de alimentos con energía radiante de alta intensidad a través de la utilización de rayos gamma, rayos X o electrones acelerados, que elimina los electrones externos de átomos y moléculas, transformándolos en iones, es conocida como irradiación de alimentos. Este proceso es considerado como una opción viable para conservar los alimentos y se lleva a cabo en un ambiente resguardado donde los alimentos son expuestos a la fuente de energía durante un corto periodo de tiempo (García, 2023).

Según Suárez, R, (2001). Para lograr una exitosa conservación de alimentos mediante la irradiación, es necesario considerar varios factores, como la dosis de radiación que se emplea, la temperatura en la que se realiza la irradiación y la conservación posterior, niveles de oxígeno presentes o ausentes, el tipo, especie y cantidad de microorganismos presentes, la composición y estado físico del alimento, así como su tipo de envase. De esta forma, se pueden prevenir el deterioro de nutrientes y el cambio en las propiedades organolépticas de los productos. Asimismo, se ha demostrado que la irradiación de alimentos elimina los microorganismos patógenos sin añadir compuestos extraños ni aumentar su temperatura (conocido como Esterilización Fría), manteniendo así la calidad del alimento. Este proceso también ha confirmado que no existe una mejora en la capacidad de los microorganismos para resistir las radiaciones.

Calentamiento Óhmico

El procedimiento del calentamiento óhmico (OH) usa corriente eléctrica para calentar los alimentos en lugar de métodos tradicionales de conservación, y puede utilizarse eficazmente para eliminar microorganismos y llevar a cabo procedimientos como esterilización, escaldado, evaporación, pasteurización, y deshidratación. (Moreno *et al*, 2013). Durante los últimos diez años, la técnica conocida como calentamiento óhmico (OH) ha sido popularizada como una técnica avanzada para la transformación de alimentos. Esta técnica

presenta numerosas ventajas como la generación de calor interno, tiempos de procesamiento rápidos, reducción del sobreprocesamiento y la oportunidad de llevar a cabo un proceso ecológico mediante el desecho del uso de combustibles fósiles y la utilización exclusiva de electricidad (Rodrigues *et al*, 2021)

Los alimentos que son más adecuados para ser sometidos al proceso de calentamiento óhmico son trozos de frutas que se encuentran en salsas y jarabes, así como otros líquidos que son sensibles al calor. Los alimentos que contienen proteínas también son aptos para ser tratados ya que el proceso puede ocasionar coagulación y desnaturalización. Por ejemplo, los huevos pueden ser calentados en cuestión de segundos sin producir efectos negativos en la desnaturalización de la proteína presente en ellos. En caso de jugos, se pueden utilizar para inactivación enzimática sin que se altere su sabor. Además, se pueden aplicar otros procesos como el blanqueado, descongelación, fermentación, pelado, deshidratación y extracción (Olea, 2015).

Plasma Frío Atmosférico (PFA)

Se trata de una novedosa tecnología en el sector alimentario que posee una alta capacidad antimicrobiana para incrementar la protección y alargar la conservación de los productos alimenticios. Se ha evidenciado su efectividad en diversas aplicaciones, entre ellas, la eliminación de microorganismos en los alimentos (Feizollagi *et al.*, 2020).

El uso de la técnica de plasma atmosférico involucra el empleo de unos cientos de vatios de potencia, así como la utilización de aire comprimido o gas, en ocasiones una combinación de gases, sujetándose a la especie de gas reactivo deseado. El PFA logra una efectiva producción de moléculas bactericidas con un mínimo ascenso de la temperatura del producto de menos de 5 °C. Esta tecnología ofrece diversas ventajas en relación con los métodos de seguridad alimentaria que ya existen, tales como: 1) se trata de un proceso seco; 2) se adapta fácilmente al ámbito de manufacturación de los alimentos; 3) precisa de muy

baja energía; 4) las especies de gas reactivo regresan a su estado original en cuestión de minutos u horas después del tratamiento y 5) los tiempos de tratamiento son cortos (Sunil *et al.*, 2018).

Tecnologías Emergentes en la Industria Cárnica, Láctea y Fruver

Tecnologías Emergentes más Empleadas en la Industria Cárnica

Ultrasonidos

El uso del ultrasonido en la carne ha arrojado resultados positivos en diversos procesos como la transferencia de componentes, el ablandamiento de la carne y la eliminación de microorganismos. Asimismo, se emplea como alternativa a los métodos tradicionales de maduración de la carne para mejorar su calidad. La combinación del ultrasonido con agentes desinfectantes ha demostrado ser eficaz en la disminución de los microorganismos presentes en los alimentos (Aларcon-Rojo *et al.*, 2019) Sin embargo, a pesar de las ventajas que tiene el uso de ultrasonido en las carnes, también se han reportado efectos negativos por ejemplo; según Pinton *et al* (2019) Se ha observado que al utilizar ultrasonidos de alta intensidad (UAI) en la carne, se produce una reducción de hasta el 50% de los fosfatos requeridos para crear emulsiones de carne y la investigación realizada por Castillo (2016) Se evidencia que la utilización de ultrasonido de elevada intensidad favorece la secreción de jugos de la carne y la deshidratación de la misma.

Tabla 1

Efecto del Ultrasonido en Carnes y Derivados Cárnicos

Productos emulsificados (salchichas)	Emulsificación	Mejora la emulsificación entre proteína y grasa
Carnes en canal bovino y bufalo	Maduración	Dispersa las emulsiones
	Emulsificación	
	Corte	Mejora la calidad del corte

Fuente. Delgado, J (2011)

Pulsos Eléctricos (PEF)

La utilización de pulsos eléctricos en la carne ha sido asociada con una mejoría en la conservación del color, un aumento en la suavidad y madurez. En particular, en la carne de res el uso de pulsos eléctricos de alta intensidad (10 kV, 90 Hz y 20 μ s) podría hacer más tierna la carne debido a un posible efecto de aceleración de la disgregación de proteínas en combinación con el efecto físico de dichos pulsos (Almanza *et al*, 2021).

Gomes *et al* (2019) menciona que una revisión fue llevada a cabo para proporcionar una panorámica actualizada sobre el uso del PEF en la carne y el pescado. Los resultados de la revisión sugieren que el tratamiento con PEF tiene la capacidad de mejorar diversos procesos como la conservación, el ablandamiento y el envejecimiento de los alimentos. Adicionalmente, el procedimiento con PEF podría ser un plan potencialmente eficaz para mejorar las características de contención de agua de los productos pesqueros y para secar el pescado. Por último, el uso del PEF en alimentos de carne y pescado puede ser un medio eficaz para valorizar subproductos, ya que puede aumentar la sustracción de compuestos de un elevado valor agregado.

Altas Presiones Hidrostáticas (APH)

La aplicación de APH en los alimentos genera efectos beneficiosos, ya que provoca cambios en los componentes bacterianos, como la inactivación de enzimas, la membrana, y alteraciones en la interacción sustrato-enzima, así como en los carbohidratos y en las grasas. Esto permite mantener las cualidades nutricionales, compuestos que contribuyen al sabor - aroma y vitaminas generando mínimas modificaciones en las características sensoriales de los productos cárnicos. Las APH han demostrado ser exitosas en la conservación de diferentes alimentos, como cerdo, pollo, surimi, salmón y productos cárnicos. En este proceso, se mejora la actividad proteolítica, las propiedades de la textura, el sabor y el aroma (Giménez *et al.*, 2015)

Para procesar productos cárnicos, se suele aplicar una presión que oscila entre los 300 y 600 MPa, en plazos cortos de tiempo que oscilan desde un minuto hasta 20 minutos. Estos tratamientos son eficaces para eliminar una variedad de microorganismos, tales como *Pseudomonas aeruginosa*, *E. coli*, *Yersinia enterocolitica*, *Campylobacter jejuni* y *S. typhimurium*. Sin embargo, la carne pierde su color normal cuando se aplica una presión que excede los 300 MPa, debido a la desnaturación de la mioglobina y la consecuente oxidación del hierro presente en el grupo hemo (Giménez et al., 2015). Es necesario aplicar una mezcla de presiones de 530 MPa y un tratamiento térmico superior a los 70 °C con APH para lograr una reducción de 12D de *Clostridium botulinum* (Almanza et al., 2021).

Plasma Frío Atmosférico (PFA)

Lee et al. (2018) realizaron una investigación sobre la aplicación del tratamiento de plasma a presión atmosférica como método de curado para el jamón triturado enlatado. Los resultados del estudio indicaron que es posible curar el jamón molido enlatado utilizando plasma a presión atmosférica, prescindiendo de la necesidad de añadir nitritos. Así mismo, Yong et al. (2017) después de investigar el uso del PFA como reemplazo del nitrito de sodio, se llegó a la conclusión de que se puede emplear el PFA para producir cecina de cerdo con mayor seguridad y sin la necesidad de agregar nitrito.

Ultracongelación

La ultracongelación ha sido una técnica efectiva en la conservación de carne y productos cárnicos, lo cual permite mantener su calidad al descongelarlos y prolongar su vida útil. En la industria pesquera, esta técnica se ha aplicado en productos de valor añadido, elevando la calidad del producto y su precio, y se ha utilizado con éxito en la producción de mitades de langosta blanca en la planta langostera de La Coloma para el mercado japonés desde hace varios años (Hernández, L 2009).

Tecnologías Emergentes más Empleadas en la Industria Láctea

Ultrasonido

La continuidad térmica de soluciones y concentrados de proteína puede ser mejorada a través del pretratamiento con ultrasonido en el suero (Prabhuzantye *et. al.*, 2019). Una investigación realizada por Gamlath *et. al.*, (2020) ha demostrado que la utilización de agregados de proteína de suero con tamaño suficientemente grande y la aplicación de ultrasonidos en las corrientes de proteína de suero, pueden prevenir la descomposición de la gelificación del cuajo debido a la presencia de la proteína de suero en su forma natural en leches de queso que contienen una alta cantidad de proteína de suero y una concentración consistente de caseína.

Albores (2017) después de investigar la leche bovina, se llegó a la conclusión de que la aplicación de ultrasonido mediante sonda estimuló el desarrollo de *Lactococcus lactis subsp. lactis* en todos los ecosistemas de leche. Sin embargo, el mayor crecimiento se observó en condiciones de leche parcialmente descremada y una amplitud del 90% durante un minuto. La utilización de ultrasonido en el procesamiento de leches y productos derivados se encuentra complementada con técnicas de calor modernas con el fin de disminuir la presencia de microorganismos que puedan afectar las propiedades del producto y representar una amenaza para la salud de las personas.

El uso del ultrasonido como una técnica no invasiva puede tener beneficios en la mejora de los procesos, la digestibilidad y las propiedades nutricionales que, al interactuar con las cadenas de aminoácidos y los procesos de homogenización, tal como se puede apreciar en la información suministrada en la tabla siguiente:

Tabla 2*Efecto del Ultrasonido en los Procesos de Leches y Derivados*

Producto	Operación/Proceso	Efecto del ultrasonido
Leche		Inactivación de enzimas como la coagulasa positiva.
	Pasteurización	Rompiendo de los glóbulos grasos aumentando la homogenización.
	Homogenización	Aumenta la digestibilidad de la grasa láctica.
Queso	Salado	A frecuencias de 20KHz aumenta la penetración de la salmuera.
	Emulsificación	En procesos de atrapamiento de la grasa por el caseinato se obtienen mejora en la emulsificación.
Sorbetes	Homogenización	Intensidades entre 15KHz mejoran las características de viscosidad.
Productos evaporados	Antiespumante	El rendimiento de leches evaporadas y condensadas dulces
Yogur y Kumis	Pasteurización	Mejora las características de viscosidad.

Fuente. Delgado, J (2011)

Calentamiento Óhmico

Un tratamiento de este tipo previene el sobrecalentamiento, lo cual disminuye el daño a los componentes y reduce la acumulación de residuos, lo cual es especialmente importante en alimentos que contienen altos niveles de sales y proteínas como la leche Villamiel (2006).

Altas Presiones Hidrostáticas (APH)

En una revisión realizada por Téllez *et al.*, (2001) nos dice que la aplicación de la presión alta (de 200 a 300 MPa) evita que las bacterias lácticas se reproduzcan, lo que a su

vez previene el aumento de acidez en el yogur. Las presiones elevadas retrasan la fermentación, lo que permite que la leche se conserve durante un período más largo. Por ejemplo, si se somete la leche a una presión de 70 MPa, esta no se agria durante 12 días, mientras que aplicar una presión de 1371 MPa en el transcurso de una hora retrasa la descomposición de la leche, permitiendo que se consuma durante un período adicional de 4 días.

Utilizando las APH se puede lograr una reducción en la carga microbiológica que es equivalente a la obtenida mediante la pasteurización convencional a 72 °C en un tiempo de 15 segundos. Esto produce múltiples beneficios en la industria del queso, ya que permite la utilización de la leche cruda para la producción de quesos frescos, evitando la necesidad de pasteurizar la leche y perder enzimas importantes para la elaboración de queso. Asimismo, la aplicación de APH en la cuajada fresca de queso puede acelerar su proceso de maduración, creando una microestructura similar a la del queso maduro (Fernández, M 2020).

Pulsos Eléctricos de Alto Voltaje (PEF)

En una investigación realizada por Carrillo, D (2010), se realizaron pruebas utilizando muestras de leche cruda completa, donde se variaron tres niveles de voltaje (8, 10, 12[kV]) y pulsación eléctrica (250, 400, 500n; ancho de pulso 1ms). Estas condiciones ocasionaron una reducción parcial en la carga microbiana inicial de la leche ($N_0=5.0106$ ufc/ml a $N=1,4104$ ufc/ml), obteniendo una disminución de dos logaritmos. Además, las muestras tratadas con pulsos eléctricos no experimentaron un incremento en la temperatura y se sometieron a un análisis sensorial, en el cual los catadores no identificaron cambios significativos en las características organolépticas del producto en cuestión.

De acuerdo con investigaciones efectuadas, se comprobó que al inocular yogur con *S. cerevisiae* a una temperatura de 45°C, su tiempo de almacenamiento podría extenderse hasta un lapso de diez días cuando se guardaba a una temperatura de 4°C. Asimismo, si se elevaba

la temperatura a 55°C se lograba prolongar la vida útil del yogur hasta un máximo de un mes en condiciones de almacenamiento a 4°C (Cajiao et al., 2019).

Luz Pulsada

Un grupo de científicos de la Universidad de Granada y el centro tecnológico Azti-Tecnalia han ideado una proteína láctea que el cuerpo humano puede digerir con mayor facilidad y que potencialmente reduce la posibilidad de reacciones alérgicas a la leche mientras mantiene sus propiedades. La proteína láctea en cuestión es la Beta-lactoglobulina, que se encuentra en el suero lácteo y es responsable de cerca del 10% de las alergias relacionadas con los productos lácteos. A través de la utilización de luz pulsada, los investigadores han logrado alterar la proteína para que resulte mucho más digerible (Castillo, T et al., 2014).

En el año 2021, en la revista Food and Bioprocess Technology se presentó un estudio respecto a la utilización de luz pulsada para la desinfección de queso en lonchas. Se evaluaron dos tipos de quesos con características distintas (Gouda y Manchego) para su desinfección de la *Listeria sp* en presentaciones listas para el consumo. Además, se investigó la calidad sensorial y el perfil volátil. El análisis demostró que las lonchas de queso recibieron fluencias que se encontraban entre 0.9 y 8.4 J/cm² con esto se pudo observar que el tratamiento con luz pulsada fue menos efectivo en el Queso Manchego en comparación con el Gouda; se logró obtener 3 log ufc/cm² gracias a 0.9 J/cm².

A pesar de ello y de ser usado el tratamiento, no se miraron cambios en la percepción sensorial. En el caso del Queso Manchego, la máxima inactivación obtenida fue inferior a 1 log ufc/cm². En ambos tipos de queso se evidenciaron grandes diferencias en cuanto a su olor y sabor inmediatamente después del tratamiento con una fluencia mayor o igual a 4.2 J/cm² debido al desarrollo de notas de azufre. El análisis confirmó un aumento en la concentración de compuestos de azufre volátiles

Tecnologías Emergentes más Empleadas en la Industria Fruver

Calentamiento Óhmico

Un informe de Villamiel (2006) encontró que tanto la pasteurización convencional como la óhmica tuvieron un efecto microbiológico similar en el zumo de naranja almacenado a 4°C, pero el zumo tratado con el método óhmico tuvo una mejor calidad organoléptica.

El calentamiento óhmico se presenta como una opción factible para el tratamiento de alimentos que contienen partículas, como la sopa o los productos enlatados a base de frutas y vegetales.

Ultrasonido

“El ultrasonido ha sido aplicado a frutas, verduras y a algunos tubérculos, teniendo resultados para la industrialización del ultrasonido en este campo” (Delgado, J 2011).

Tabla 3

Efecto del ultrasonido en frutas, verduras y tubérculos

Producto	Operación/Proceso	Efecto del ultrasonido
Papa	Pos cosecha	Inactiva las enzimas polifenoloxidasas evitando el pardeamiento enzimático.
	Extracción	Aumenta la extracción de almidón de papa en un 30%
Mora, fresa y tomate	Inactivación enzimática	Inactivación en un 90% de las enzimas

Fuente. (Delgado, J 2011)

Altas Presiones Hidrostáticas (APH)

Téllez et al. (2001) encontraron en su revisión que la aplicación de alta presión (APH) afecta las propiedades organolépticas de los alimentos, mejorándolas en la gran parte de los casos. El tratamiento con APH en el zumo de pomelo elimina su sabor amargo atribuido al

limoneno, en contraste con los procesos térmicos convencionales. Los jugos de cítricos adicionales que han sido tratados con APH tienen un sabor fresco, mantienen su vitamina C y pueden durar hasta 17 meses. También se ha notado que las peras y melocotones tratados con APH se mantienen esterilizados por al menos 5 años, las peras y caqui logran una textura más suave, se vuelven más dulces y transparentes. No obstante, en ciertas frutas como las peras, el tratamiento con APH puede acelerar el oscurecimiento debido al aumento en la actividad de la polifenoloxidasa.

La utilización de APH no tiene efecto negativo en el contenido vitamínico de los vegetales, lo que permite conservar su valor nutricional, algo que no pasa con los tratamientos térmicos ya que las vitaminas solubles en agua son muy susceptibles a las altas temperaturas. Además, se han llevado a cabo diversas investigaciones para evaluar la resistencia de los compuestos fenólicos en purés y zumos de frutas y verduras tratados con APH, encontrando una disminución mínima. Por otro lado, en el caso de las leguminosas, el tratamiento de alta presión permite una mayor absorción de agua en un periodo de tiempo menor, disminuyendo el tiempo de preparación y cocción de estos alimentos (Fernández, M 2020).

Pulsos Eléctricos de Alto Voltaje (PEF)

La aplicación de voltaje tiene la capacidad de generar un campo eléctrico que ocasiona un fenómeno llamado electroporación. En el ámbito alimentario, este procedimiento puede emplearse para diversas finalidades. Por un lado, al incrementar la permeabilidad de la membrana citoplásmica de los microorganismos presentes en los alimentos líquidos termosensibles tal como los zumos de frutas, es posible inactivarlos mediante técnicas de PEF que pasteurizan los productos a temperaturas más bajas que las requeridas por la pasteurización térmica. Asimismo, la electroporación puede aumentar la permeabilidad de las células de tejidos vegetales, lo que resulta beneficioso para la extracción de componentes

intracelulares relevantes, mejorando el rendimiento del proceso y reduciendo el tiempo requerido para la extracción. Finalmente, la electroporación también afecta la consistencia de alimentos de origen vegetal al facilitar la tarea de pelar y cortar con mayor facilidad frutas y verduras (Raso, J; Martín, E 2017).

Un ejemplo concreto de cómo actúan los PEF lo podemos ver en una investigación llevada a cabo por Bombón, L (2012), en la cual se elaboró néctar de fresa aplicando este tipo de tratamiento. Se descubrió que la mejor configuración de parámetros consiste en utilizar una frecuencia de 250 Hz con una duración de pulso de 999 μ s, aplicando los pulsos eléctricos durante un período total de 45 minutos. Además, se encontraron niveles óptimos de sólidos solubles (14,07°Brix), acidez (0,30%), pH (3,35), conductividad eléctrica (971,33 μ s/cm) y azúcares reductores (23,59 g/100ml). Aunque se realizaron pruebas sensoriales, como la evaluación del color, olor, sabor y aceptabilidad, se observó que estos atributos se mantuvieron muy similares a los de la muestra de referencia, sin cambios significativos.

En relación al análisis microbiológico del néctar de fresa, se pudo observar que el tratamiento T9 (250 Hz y 45 minutos) presentaba una disminución significativa en la cantidad de microorganismos, registrando únicamente 2 unidades formadoras de colonias por mililitro (UFC/ml) de bacterias, 12 UFC/ml de mohos-levaduras y 0 UFC/ml de coliformes totales. Por lo tanto, se concluye que a medida que se incrementa tanto la frecuencia como el tiempo del tratamiento PEF, se reduce considerablemente la carga microbiana del producto final.

Microondas

Gamboa et al., (2016) concluyeron en una revisión que el uso de microondas para tratar las mermeladas de pomelo producía una mejora en la consistencia comparado con el tratamiento convencional con calor. Para ello se aplicaron temperaturas de entre 90-105°C, durante 15 min, y potencias de 900-1000W. Se encontró que emplear microondas durante la

preparación de mermeladas generó una mayor estabilidad en el producto final. Por este motivo, se llevó a cabo una investigación para analizar la posibilidad de extraer pectinas utilizando ultrasonidos, microondas y el método convencional de calentamiento en agua caliente. Los resultados demostraron que al pasar dos minutos de tratamiento con microondas, se obtuvieron niveles de extracción de pectinas comparables a los obtenidos después de 90 minutos de tratamiento convencional con calor.

La frecuencia del campo electromagnético tiene una influencia en las características dieléctricas de las frutas y verduras (Schiffmann, et al., 2006).

Conclusiones

La industria alimentaria está adoptando cada vez más tecnologías emergentes para incrementar la calidad y la inocuidad de los alimentos, al mismo tiempo que buscan incrementar la eficiencia y reducir los costos de producción.

Las tecnologías emergentes más empleadas en la industria cárnica son el ultrasonido, pulsos eléctricos de alto voltaje (PEF), altas presiones hidrostáticas (APH), plasma frío atmosférico (PFA) y la ultracongelación; mientras que en la industria láctea tenemos el ultrasonido, calentamiento óhmico (OH), altas presiones hidrostática (APH) y pulsos eléctricos de alto voltaje (PEF) y en la industria fruver las tecnologías emergentes más empleadas son el calentamiento óhmico (OH), ultrasonido, altas presiones hidrostáticas (APH), pulsos eléctricos de alto voltaje (PEF) y microondas.

Estas tecnologías emergentes son altamente efectivas para minimizar la presencia de microorganismos, alargar la vida útil de los alimentos, mejorar el perfil de sabor, textura y nutrición de los alimentos.

El uso de tecnologías emergentes en la industria alimentaria está proporcionando numerosas oportunidades para transformar las materias primas en alimentos y productos de alta calidad. La transición de las materias primas a los productos terminados llevada adelante por estas tecnologías emergentes permitirá perfeccionar la excelencia de los productos, aumentar la rentabilidad y reducir su impacto ambiental. En definitiva, el sector alimentario debe estar preparado para adoptar estas nuevas tecnologías, ya que son el futuro de la industria alimentaria moderna.

Referencias Bibliográficas

- Alarcón-Rojo, A. D., Carrillo-Lopez, L. M., Reyes-Villagrana, R., Huerta-Jiménez, M., & Garcia-Galicia, I. A. (2019). Ultrasound and meat quality: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 55, 369–382. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.02.035>
- Albores, P. A. (2017). Efecto de procesos asistidos con ultrasonido de potencia en leche bovina adicionada con bacterias ácido lácticas sobre el perfil fermentativo, tasa de crecimiento y componentes de la leche. Recuperado de <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/650>
- Awad, T. S., Moharram, H. A., Shaltout, O. E., Asker, D. Y. M. M., & Youssef, M. M. (2012). Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review. *Food Research International*, 48(2), 410-427. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.05.004>
- Barbosa-Cánovas, G. V., Pothakamury, U. R., Palou, E., & Swanson, B. G. (1998). *Nonthermal preservation of foods*. New York: Marcel Dekker.
- Basso Pinton, M., Pereira Correa, L., Facch, M. M. X., Heck, R. T., Leães, Y. S. V., Cichoski, A. J., Lorenzo, J. M., Santos, M. D., Pollonio, M. A. R., & Campagnol, P. C. B. (2019). Ultrasound: A new approach to reduce phosphate content of meat emulsions. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174018309756?via%3Dihub>
- Bombón, L. (2012). Influencia de la aplicación de pulsos eléctricos de alta intensidad (PEAI) sobre la carga microbiológica del néctar de fresa. Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3120/1/S.AL489.pdf>
- Cajiao, A., Becerrea, A., Rey, J., & Carvajal, Y. (2019). PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE UN QUESO UNTABLE DE SOYA SABORIZADO CON

- ALBAHACA. Recuperado de
<https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/27692/1/acbecerrav.pdf>
- Carrillo, D. (2010). Estudio de reducción de carga microbiana inicial de leche cruda entera aplicando pulsos eléctricos de alto voltaje. Recuperado de
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/864>
- Castillo Cruz, T. G. (2016). Efecto del pre-tratamiento con ultrasonido de alta intensidad en carne fresca de cerdo para la elaboración de una emulsión cárnica embutida reducida en fosfatos. Retrieved from
<https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/2442?locale-attribute=en>
- Circe. (2018). Tecnología de pulsos eléctricos para mejorar la conservación de los alimentos. Retrieved from <https://www.fcirce.es/economia-circular-es/tecnologia-de-pulsos-electricos-para-mejorar-la-conservacion-de-los-alimentos>
- Delgado, J. (2011). Aplicación del Ultrasonido en la industria de los Alimentos. Recuperado de
<https://oaji.net/articles/2017/5082-1501180905.pdf>
- Díaz-Almanza, S., Alarcón-Rojo, A. D., & García-Galicia, I. A. (2021). Tecnologías emergentes no térmicas para la conservación de carne fresca y productos cárnicos.
<https://www.americarne.com/nota/529238-tecnologias-emergentes-no-termicas-para-la-conservacion-de-carne-fresca-y-productos-carnicos--5>
- Feizollahi, E., Misra, N. N., & Roopesh, M. S. (2020). Factors influencing the antimicrobial efficacy of Dielectric Barrier Discharge (DBD) Atmospheric Cold Plasma (ACP) in food processing applications. Food Research International, 137, 109413.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109413>
- Fernández, M. (2020). Aplicación de altas presiones hidrostáticas en el desarrollo de un producto panificable con bajo índice glucémico y alta capacidad antioxidante.

- Recuperado de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/42380/TFG-M-N2046.pdf?sequence=1>
- Food and Bioprocess Technology. (2021). Home. Springer.
<https://www.springer.com/journal/11947>
- Gamboa, J., Rodriguez, J., Carvajal, G., & Pilamala, A. (2016). Aplicación de tecnologías emergentes al procesamiento de frutas con elevada calidad nutricional: una revisión. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/96078>
- Gamlath, C. J., Leong, T. S. H., Ashokkumar, M., & Martin, G. J. O. (2020). Incorporating whey protein aggregates produced with heat and ultrasound treatment into rennet gels and model non-fat cheese systems.
- García, G. (2023). Irradiación de alimentos, método alternativo para la conservación de alimentos. Recuperado de <https://thefoodtech.com/seguridad-alimentaria/irradiacion-de-alimentos-metodo-alternativo-para-conservar-los-alimentos/>
- García, R. J., Torres, J. M., Pinto, A. D., Gonzales, J. A., Rengel, J. E., & Pérez, N. A. (2017). Diseño de una estrategia de control difuso aplicada al proceso de ultracongelación de alimentos. Revista Chilena de Ingeniería.
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052017000100070
- Ghoshal, G. (2018). Chapter 2 - Emerging Food Processing Technologies. In A. M. Grumezescu & A. M. Holban (Eds.), Food Processing for Increased Quality and Consumption (pp. 29-65). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811447-6.00002-3>
- GIFMM. (2020). Reporte Situacional Sectorial. ReliefWeb.
<https://reliefweb.int/report/colombia/report-situacional-sectorial-seguridad-alimentaria-y-nutrici-n-septiembre-noviembre>

- Giménez, B., Graiver, N., Califano, A., & Zaritzky, N. (2015). Physicochemical characteristics and quality parameters of a beef product subjected to chemical preservatives and high hydrostatic pressure. *Meat Science*, 100, 179–188. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.10.017>
- Gómez, B., Munekata, P. E. S., Gavahian, M., Barba, F. J., Martí-Quijal, F. J., Bolumar, T., Campagnol, P. C. B., Tomasevic, I., & Lorenzo, J. M. (2019). Application of pulsed electric fields in meat and fish processing industries: An overview. *Food Research International*, 123, 95–105. <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.04.047>.
- Hernández, L. (2009). Efectividad de la ultracongelación para el control de la melanosis Cola de Langosta Argus. Recuperado de <https://www.sica.int/busqueda/busquedaarchivo.aspx?Archivo=odoc65548120012012.pdf>
- Hygreeva, D. & Pandey, M.C. (2016). Novel approaches in improving the quality and safety aspects of processed meat products through high pressure processing technology. *Trends in Food Science & Technology*, 54, 175-185.
- Ihsanullah, I., & Rashid, A. (2017). Current activities in food irradiation as a sanitary and phytosanitary treatment in the Asia and the Pacific Region and a comparison with advanced countries. *Food Control*, 72, 345-359. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.05.022>
- Lee, J., Joa, K., Lim, Y., Jeon, H. J., Choe, J. H., Joe, C., & Jung, S. (2018). The use of atmospheric pressure plasma as a curing process for canned ground ham. <https://www-sciencedirect-com.translate.google.com/science/article/abs/pii/S030881461731302X?xtrsl=en&xtrtl=es&xtrhl=es-419&xtrpto=sc>

- Lozano, L., Aponte, N., Lozano, M., Murcia, E., & Diaz, A. (2019). Diplomado de profundización en diseño de nuevos productos alimenticios: Propuesta de una metodología para el diseño de un nuevo producto alimentario. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/27693/1/eymurciaf.pdf>
- Maloney, N., & Harrison, M. (2016). Advanced heating technologies for food processing. In Leadley, C. (Eds.), *Innovation and future trends in food manufacturing and supply chain technologies*. Woodhead Publishing, England.
- Morales, M. (2018). Las tecnologías emergentes y su repercusión en la seguridad alimentaria. Asociación Científica Valenciana de Reproducción y Medicina. <https://acvrm.es/wp-content/downloads/Discurso%20Belen.pdf>
- Moreno, J., Simpson, R., Pizarro, N., Pavez, C., Dorvil, F., Petzold, G., & Bugueño, G. (2013). Influence of ohmic heating/osmotic dehydration treatments on polyphenoloxidase inactivation, physical properties and microbial stability of apples (cv. Granny Smith). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. <https://www.sciencedirect.com.translate.google.com/science/article/abs/pii/S1466856413000969?xtrsl=en&xtrtl=es&xtrhl=es-419&xtrpto=sc>
- Natarajan, S., & Ponnusamy, V. (2020). A review on the applications of ultrasound in food processing. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.516>
- Olea Bravo, J. A. (2015). Efecto del Calentamiento Óhmico sobre el Contenido de Metales (Ca, Fe y Zn) y el Recuento Bacteriano en Navajuelas (*Tagelus dombeii*). Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2015/fao.45e/doc/fao.45e.pdf>
- Pinton, M. B., Correa, L. P., Facchi, M. M. X., Heck, R. T., Leães, Y. S. V., Cichoski, A. J., ... Campagnol, P. C. B. (2019). Ultrasound: A new approach to reduce phosphate content of meat emulsions. *Food Chemistry*, 279, 197-205. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.023>

- Prabhuzantye, T., Khaire, R. A., & Gogate, P. R. (2019). Enhancing the recovery of whey proteins based on application of ultrasound in ultrafiltration and spray drying. *Ultrasonics Sonochemistry*. <https://www-sciencedirect-com.translate.goog/science/article/abs/pii/S135041771930080X?xtrsl=en&xtrtl=es&xtrhl=es-419&xtrpto=sc>
- Priyadarshini, A., Rajauria, G., O'Donnell, C., & Tiwari, B. K. (2018). Emerging Food Processing Technologies and Factors Impacting their Industrial Adoption. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(11), 1825-1843. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1483890>
- Puértolas, L. (2014). Los pulsos de luz en alimentos. Tecnología antimicrobiana. Recuperado de <http://www.diariodeciencias.com.ar/los-pulsos-de-luz-en-alimentos-tecnologia-antimicrobiana/>
- Quintero Vásquez, S. T., & Bonilla Garzón, M. A. (2018). La ultra congelación como método de preservación y conservación de la granadilla (*Passiflora ligularis juss*). *Revista Tecnología y Productividad*, 4(4), 195–204. <https://doi.org/10.23850/24632465.2343>
- Ramos-Villaruel, A. Y., Martín-Belloso, O., & Soliva-Fortuny, R. (2011). Using anti-browning agents to enhance quality and safety of fresh-cut Avocado treated with intense light pulses. *Journal of Food Science*, 76(S1), S528–S534. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02410.x>
- Raso, J. & Martín, E. (2017). Aplicaciones de los pulsos eléctricos de alto voltaje para el procesado y conservación de alimentos. Recuperado de <https://core.ac.uk/display/289995931>
- Ríos Corripio, G., Welti Chanes, J., Rodríguez Martínez, V., & Guerrero Beltrán, J. Á. (2020). Influencia del procesamiento a alta presión hidrostática en las características

- fisicoquímicas de una bebida fermentada de granada. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1466856419302498>
- Rocha, C. S., Magnani, M., Ramos, G. L. d. P. A., 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*, 41, 71-77. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.11.004>
- Rodiles, J., & Zamora, R. (2021). Tecnologías emergentes en la conservación de los alimentos. <https://tecnoagro.com.mx/no.-146/tecnologias-emergentes-en-la-conservacion-de-los-alimentos>
- Rodiles, J., & Zamora, R. (2021). Tecnologías emergentes en la conservación de alimentos. *Tecnoagro*, (146), <https://tecnoagro.com.mx/no.-146/tecnologias-emergentes-en-la-conservacion-de-los-alimentos>
- Rodrigues, R. M., Vicente, A. A., Teixeira, A. J., & Pereira, R. N. (2021). Chapter 7 - Ohmic Heating—An Emergent Technology in Innovative Food Processing, Sustainable Production Technology in Food. <https://www-sciencedirect-com.translate.goog/science/article/abs/pii/B9780128212332000101?xtrsl=en&xtrtl=es&xtrhl=es-419&xtrpto=sc>
- Sastry, S. K., & Armstrong, G. S. (2010). *Emerging technologies for food processing*. Elsevier.
- Suárez, R. (2001). Conservación de alimentos por irradiación. *Invenio*, 4(6),85-124.
Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87740608>
- Sunil, E., Chaudhary, V., Chandra, S., & Kumar, V. (2018). Non-thermal techniques: Application in food industries. *Phytojournal*, 7(5). <https://www-phytojournal-com.translate.goog/archives/2018.v7.i5.5761/ldquonon-thermal-techniques-application-in-food-industriesrdquo-a-review?xtrsl=en&xtrtl=es&xtrhl=es-419&xtrpto=sc>

- Téllez Luis, S. J., Ramírez, J. A., Pérez Lamela, C., Vázquez, M., & Simal Gándara, J. (2001). Aplicación de la alta presión hidrostática en la conservación de los alimentos. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 3(2), 66-80. <https://www.redalyc.org/pdf/724/72430101.pdf>
- Teresa del Castillo-Santaella, E., Sanmartín-Sierra, E., Cabrerizo-Vílchez, M., Arbolea, J., & Maldonado-Valderrama, J. (2014). Improved digestibility of β -lactoglobulin by pulsed light processing: dilatational and shear study. *Soft Matter*, 10(46), 9241-9250. <https://doi.org/10.1039/C4SM01667J>
- Valdivia, G. (2020). Tecnologías emergentes y su aplicación en alimentos. Suplemento Campus. Recuperado de <https://suplementocampus.com/tecnologias-emergentes-y-su-aplicacion-en-alimentos/>
- Villamiel, M. (2006). El calentamiento óhmico para la conservación de alimentos. *Consumer*. Recuperado de <https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/el-calentamiento-ohmico-para-la-conservacion-de-alimentos.html>
- Villamiel, M., & de Jong, P. (2000). Inactivation of *Pseudomonas fluorescens* and *Streptococcus thermophilus* in trypticase soy broth and total bacteria in milk by continuous flow ultrasonic treatment and conventional heating. *Journal of Food Engineering*, 43(4), 187-193. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877400000595>
- Yong, H. I., Lee, S. H., Kim, S. Y., Park, S., Park, J., Choe, W., & Jo, C. (2017). Color development, physiochemical properties, and microbiological safety of pork jerky processed with atmospheric pressure plasma. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 41, 215-220. <https://www-sciencedirect-com.translate.google.com/science/article/abs/pii/S146685641730841X?xtrsl=en&xtrtl=es&xtrhl=es-419&xtrpto=sc>