



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
Unidad Xochimilco

INFORME FINAL DEL SERVICIO SOCIAL

ALUMNA:

Castillo Hernández Tania Lizbet 2163064973

LUGAR DE REALIZACIÓN:

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad
Xochimilco

Fecha de Inicio: 11 Mayo 2021

Fecha de Término: 11 de Noviembre 2021

División de Ciencias Biológicas y de la Salud

Licenciatura en Nutrición Humana

PROYECTO: INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN
LOS MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DE
ALIMENTOS

Asesor:

María de Lourdes Ramírez Vega 35275

Profesora de la Lic. en Nutrición Humana



OBJETIVOS

Objetivo General

- Analizar las innovaciones tecnológicas más recientes en la conservación de alimentos.

Objetivos Específicos

- Conocer los fundamentos de las innovaciones tecnológicas en la conservación de alimentos.
- Comparar las innovaciones tecnológicas con los métodos de conservación tradicionales en cuanto a seguridad alimentaria, cambios físicos, organolépticos, composición y calidad de los alimentos.

METODOLOGÍA

El presente proyecto de investigación tuvo un diseño documental cualitativo, descriptivo de los datos recabados de distintos artículos, guías, manuales e investigaciones en donde se analizó y sintetizó la información acerca de distintos métodos, tecnologías e innovaciones de la conservación de alimentos.

ACTIVIDADES REALIZADAS

Se realizó la búsqueda y revisión de bibliografía que comprendiera los datos suficientes sobre los temas relacionados a innovación en conservación de alimentos, se realizó el análisis de la información recabada para poder hacer un análisis corto de cada una de las tecnologías mencionadas en el marco teórico para posteriormente realizar una tabla de comparación de las técnicas tradicionales de conservación de alimentos con las tecnologías emergentes.

OBJETIVOS Y METAS ALCANZADOS

Logramos conocer los fundamentos de las tecnologías tanto tradicionales como las innovadoras, de esta forma logramos comprender su funcionamiento, las ventajas y las limitantes de estas nuevas tecnologías.

Con lo anterior pudimos recopilar de manera sintetizada información importante para la creación de una tabla comparativa de métodos de conservación y de esta forma comprender las diferencias más significativas de tecnologías tradicionales con las innovadoras.

INTRODUCCIÓN

Según el Artículo 2 del Reglamento Sanitario de los Alimentos (RSA) D.s.977 (2013) se denomina alimento a cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas para el consumo humano, incluyendo bebidas y todos los ingredientes y aditivos de dichas sustancias. Los alimentos son esenciales para el ser humano, para el desarrollo, crecimiento, construcción de tejidos, formación de hormonas, enzimas, neurotransmisores que son necesarios para los procesos metabólicos y funciones vitales (Salvatierra 2019).

Dada la importancia de los alimentos es que se han creado métodos que ayuden a que estos puedan brindar más cualidades por más tiempo, todos los alimentos que tenemos provienen de plantas o animales y su origen biológico es lo que causa transformaciones que llevan hasta su deterioro, estas transformaciones incluyen reacciones químicas y físicas, pero además ellos sufren procesos producidos por los microorganismos que abundan en el suelo, agua y aire (Salvatierra 2019).

Los métodos de conservación son tan viejos como nuestra civilización y se han modificado conforme la tecnología avanza, pero los objetivos que se buscan con estas técnicas son prolongar la vida útil de los alimentos, retrasar las alteraciones estructurales, disminuir los microorganismos causantes de deterioro para así poder obtener otros beneficios de los alimentos como aumentar la digestibilidad y otras características organolépticas además de poder elaborar nuevos alimentos (Salvatierra 2019).

Clasificación de alimentos

Tabla 1. Clasificación de alimentos

ORIGEN	Animal, vegetal, mineral
COMPOSICIÓN	Glucídica, proteica, lipídica
FUNCIÓN NUTRITIVA	Energética, plástica, reguladora
VIDA ÚTIL	Perecederos, semi perecederos, no perecederos
GAMA	I Gama alimentos frescos II Gama conservas y semiconservas III Gama congelados y ultracongelados IV Gama productos frescos mínimamente procesados V Gama los productos elaborados, cocidos y envasados

(Salvatierra 2019)

MARCO TEÓRICO

Factores que favorecen la alteración de los alimentos

Existen diversos factores que juegan un papel importante en la alteración de los alimentos, siendo uno de los principales la temperatura ya que conforme aumenta la velocidad de reacciones químicas del tejido aumentan, así como el crecimiento bacteriano. La humedad también es un factor relevante en la proliferación de bacterias y moho ya que junto con la temperatura crean un ambiente apropiado para el crecimiento de estos. El oxígeno al estar en contacto con los alimentos produce reacciones de oxidación en los productos como el enranciamiento de las grasas, la pérdida de vitaminas y el oscurecimiento de las carnes. La luz altera las características organolépticas de alimentos sensibles a esta y por último el tiempo es un potenciador de las anteriores variables para la alteración de los alimentos (Salvatierra 2019).

Los tipos de alteraciones de un alimento pueden ser físicas, asociadas a cambios en la estructura del alimento como golpes, machucones o quemaduras por frío o calor, las químicas como las alteraciones de los lípidos, oxidación e hidrólisis de carbohidratos como el pardeamiento enzimático, proteico como la desnaturalización y de vitaminas y minerales por la temperatura y el contacto con oxígeno y por último las biológicas las cuales ocurren por la presencia de organismos como roedores, insectos, hongos y otros microorganismos que se interactúan con el alimento (Salvatierra 2019).

Por otro lado, también existen dos formas como un alimento puede contaminarse la contaminación inicial, cuando un alimento presenta un contaminante desde su producción o recolección y otro es por contaminación cruzada en donde el mal manejo en el transporte, manipulación, almacenamiento o producción del producto es contaminado (Salvatierra 2019).

Métodos tradicionales

Hace aproximadamente veinte mil años se descubrió la conservación de alimentos, este hallazgo ha sido uno de los más relevantes en la evolución del hombre ya que esto permitió guardar los alimentos para más tiempo y que su alimentación no estuviera sujeto a la disponibilidad inmediata de lo recolectado, dentro de los principales métodos de conservación se encuentra el curado, el salado, secado y ahumado (Valenzuela y Valenzuela, 2015).

Con los años estos métodos de conservación continúan vigentes. El salado, ahumado y la desecación se aplican principalmente a carnes y pescados con la finalidad de reducir su contenido de agua la cual es la principal razón de su deterioro ya que puede ser un medio de crecimiento microbiano. Eliminar el agua por medio del secado protege y preserva mejor a los alimentos, así como el ahumado que mediante la desecación al calor del humo se afecta al aroma, color, textura y se obtienen ventajas de sabor además de tener un efecto antiséptico, la desecación al natural, con aire y luz del sol modifica la consistencia y aspecto de los alimentos (Piqueras, 2016).

Otro método tradicional que sigue vigente es la adición de azúcar o especias, para la conservación de los alimentos con la adición de azúcar es necesario que exista una proporción mayor a la del alimento a conservar ya que el azúcar actúa por osmosis absorbiendo la humedad inhibiendo así el crecimiento de bacterias patógenas, se utiliza principalmente en frutas y ayuda a preservarlos por más tiempo, pero es necesario aplicar otros métodos para evitar que microorganismos ataquen estos alimentos; lo mismo sucede con el adobo en donde se adicionan especias y condimentos, pero se requiere usar otros métodos como refrigeración para preservar mejor el producto (Piqueras, 2016).

Los métodos tradicionales han sido un punto de partida importante para la evolución e innovación en la conservación, buscando desde sus inicios un mismo fin, la seguridad alimentaria y la conservación de las propiedades organolépticas de los alimentos. De esta forma se han implementado métodos físicos y químicos que han complementado y mejorado los métodos ya utilizados.

El calor es parte fundamental en los procesos térmicos necesarios para destruir los microorganismos, variando la intensidad y el tiempo según el tipo de microorganismos de que se trate: bacterias, levaduras, mohos o virus, además del estado y las condiciones ambientales en las que el producto se encuentre. La pasteurización y ebullición son procesos en los que los alimentos son sometidos a temperaturas cercanas a los 80 y 100°C respectivamente, con ellos se consigue la destrucción de los microorganismos, sin embargo, es necesario de otro soporte conservador como la refrigeración, no lesiona los nutrientes, con lo cual queda

higienizado y no pierde ninguna de sus propiedades. Por otro lado, también es posible aplicar calor por encima de los 100°C, eliminando todo tipo de microorganismos pero con una destrucción de vitaminas hidrosolubles importante y si al alimento al que se le aplica el tratamiento contiene algún azúcar reductor y proteínas, se produce una interrelación en una parte más o menos importante de estos dos nutrientes impidiendo su aprovechamiento, sin embargo, con un sistema esterilizador como la ultra pasteurización, el cual se lleva a cabo llevando un producto líquido homogéneo a temperaturas de 140 a 150°C por unos segundos se reduce la carga microbiana y tiene una pérdida nutritiva sensiblemente inferior a la del sistema anterior. Para garantizar la efectividad de dichos procesos es necesario almacenar los alimentos en lugares frescos y protegidos de la luz (Piqueras, 2016).

Actualmente los métodos más efectivos, de mayor facilidad en su aplicación y los que mantienen en mejores condiciones la características nutricionales y organolépticas a los alimentos es el empleo de bajas temperaturas. Estos métodos de conservación se utilizan para retardar las reacciones químicas como la oxidación de grasas y carbohidratos, desnaturalización de proteínas, producción de etileno, oxidación de vitaminas que se pueden producir en el alimento, enlentecer la acción enzimática y retrasar o inhibir el crecimiento y actividad de los microorganismos existentes en el alimento por medio de la refrigeración y la congelación manteniendo temperaturas de los 6-0°C y hasta de -30°C respectivamente (Piqueras, 2016).

El frío provoca menos alteraciones organolépticas y deficiencias nutricionales en el producto; ni glúcidos, ni lípidos, ni minerales se modifican o alteran. Las proteínas pueden llegar a desnaturalizarse parcialmente si la descongelación es excesivamente lenta, y alguna vitamina podría perderse por medio de lixiviación cuando técnica ha sido deficiente (Piqueras, 2016).

Además del frío y el calor, las radiaciones como la luz ultravioleta, los rayos X, los rayos gamma y las microondas son utilizados para la conservación pues son considerados agentes bactericidas previniendo oxidaciones y cambios de color en los alimentos, sin embargo, la rapidez con que producen calor en este último proceso se ha derivado su aplicación como sistema de cocción más que como sistema de conservación (Piqueras, 2016).

Métodos químicos

Además de los métodos tradicionales y los físicos, existen algunas sustancias químicas que se pueden utilizar como aditivos alimentarios y dentro de estos encontramos algunos con propiedades conservadoras, como el ácido acético, ácido propiónico, ácido benzoico, ácido salicílico, nitrato, nitrito sódico y anhídrido sulfuroso que evitan la proliferación microbiana

Los antioxidantes tienen la capacidad de inactivar los compuestos iniciales o intermedio de las reacciones oxidativas y dependiendo de su origen se pueden clasificar en naturales como el ácido ascórbico (vitamina C), ácido cítrico, tocoferoles (vitamina E) y en sintéticos como son el galato de propilo, BHA (butilhidroxianisol) y BHT (butilhidroxitoluol) (Piqueras, 2016).

Tratamientos desinfectantes en productos mínimamente procesados

Para los alimentos frescos recién cortados se han utilizado métodos químicos en forma de soluciones acuosas para la desinfección de los productos que no altera las propiedades químicas y físicas de los alimentos y garantiza la eliminación de los microorganismos patógenos, estas soluciones pueden tener ácido láctico, hipoclorito de sodio, clorito de sodio, dióxido de cloro estabilizado, ácido peroxiacético, peróxido de hidrógeno y de ozono. Sin embargo, se ha observado que el uso de cloro y sus derivados para desinfección actúan mediante mecanismos de oxidación que destruye la pared celular de microorganismos pero a su vez pueden producirse vapores o subproductos nocivos en los alimentos (Sánchez-Moreno, 2015).

Tecnologías no térmicas

Ultrasonido

El sonido es una oscilación de partículas (átomos y moléculas) en un medio elástico que actúa desplazando las partículas por vibración en forma de ondas y esto lleva a una variación local de presión. El ultrasonido son ondas mecánicas que requieren un medio elástico para propagarse, estas ondas se clasifican por frecuencias de alta intensidad ($10 - 1000 \text{ W cm}^{-2}$ y $<0.1 \text{ MHz}$) se utilizan para medir propiedades del medio en el que se propaga sin modificarlo, las frecuencias de baja intensidad ($<1 \text{ W cm}^{-2}$ y $0.1-20 \text{ MHz}$) si provocan cambios físicos y químicos en el medio en donde se apliquen, las que son audibles por el oído humano 16 Hz a 20 kHz y las inaudibles para el oído humano que van de 20 kHz a 10 kHz (Parzanese M, 2021, Gallo M., et. Al. 2018).

La forma de propagación del ultrasonido es por transferencia de energía y no de partículas las cuales oscilan alrededor de su posición de equilibrio. La oscilación se propaga en el medio en ondas con direcciones longitudinales y transversales, las ondas transversales tienen un movimiento perpendicular y se mueven solo en medios sólidos a diferencia de las ondas longitudinales las cuales se mueven paralelas a la dirección de propagación y lo hacen en cualquier medio, estas ondas

provocan variaciones en la presión, en los líquidos tiene como resultado la creación de burbujas de vapor o cavidades en donde se acumula la energía hasta implosionar y colapsar, por lo que la presión aumenta significativamente aumentando a su vez su temperatura por lo que debe tenerse cuidado de la frecuencia en la que se usa, a esto se le llama fenómeno de cavitación (Parzanese M, 2021, Gallo M., et. Al. 2018).

La aplicación del ultrasonido en exposiciones prolongadas a alta intensidad, se ha observado que puede inhibir la acción de enzimas como la peroxidasa y la pepsina, por la desnaturalización de proteínas que tiene como resultado el fenómeno de cavitación, además el ultrasonido reduce la carga microbiana de los alimentos, esto gracias a que la cavitación generada afecta la membrana celular, la formación de burbujas producen choques micro mecánicos de forma continua que rompen y destruyen los componentes estructurales y funciones de la célula y consigo los mecanismos de la célula para mantener el equilibrio de su metabolismo hasta el punto de muerte celular. El ultrasonido en la industria alimentaria se emplea para la limpieza de equipos, homogeneización, inhibición de enzimas y microorganismos, esterilización, transferencia de calor y masa, emulsificación, dispersión, formación de aerosoles, extracción (por ejemplo, de proteínas), cristalización, desgasificación, filtración, secado, tenderización de la carne, disrupción celular y estimulación de células vivas, sellado ultrasónico, detección de fugas en latas y botellas y procesamiento de miel (Parzanese M, 2021).

Las ventajas de la utilización del ultrasonido en la conservación de alimentos son que las frecuencias altas y bajas no son destructivas ni invasivas por lo que no se alteran las características organolépticas de este pero si inhibe y disminuye microorganismos que llegan a ser resistentes a procesos de calor como la pasteurización además de ser un proceso rápido , como desventaja puede ser costoso el proceso en comparación con los métodos tradicionales ya que no hay mucha demanda de este y no hay tanto equipo creado para este propósito y puede que en algunos alimentos no funcione correctamente (Parzanese M, 2021).

Plasma frío

El plasma es un estado de gas ionizado con carga neutra, conocido también como el cuarto estado de la materia compuesto por iones, electrones libres, átomos y moléculas, se produce por inducción de energía en la mezcla de gases en donde se ioniza el gas y se forman componentes activos como radicales libres, partículas cargadas y radiación ultravioleta (Bagheri. H. 2020 y Pankaj. S. 2018).

El plasma se clasifica según el equilibrio térmico, plasma térmico y de baja temperatura y de acuerdo con las condiciones de presión, plasma de presión,

presión atmosférica y de baja presión. Se puede generar plasma frío utilizando cualquier tipo de energía que ionice gases como la radiación eléctrica, térmica, óptica (luz ultravioleta), radiación gamma, radiación magnética de rayos X, microondas, radiofrecuencia, corriente continua y corriente alterna (Bagheri. H. 2020 y Pankaj. S. 2018).

Entre las características del plasma frío en la industria alimentaria se encuentra la descontaminación de alimentos, inactivación de microorganismos como *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus* y *Listeria monocytogenes*, extensión de la vida útil de los alimentos, inactivación enzimática endógena en productos recién cortados, eliminación de toxinas, tratamiento de aguas residuales y modificación de envasado de alimentos (Bagheri. H. 2020 y Pankaj. S. 2018).

La aplicación del plasma frío en productos de IV Gama (hortalizas y frutas frescas limpias, troceadas y envasadas para consumo) tiene un gran resultado en descontaminación, pero se ha visto que, si puede llegar a modificar su apariencia, textura, sabor y valor nutricional ya que el plasma puede reaccionar con casi todos los componentes de los alimentos como los carbohidratos, vitaminas y otros como el pH y la tasa de respiración (Bagheri. H. 2020 y Pankaj. S. 2018).

El ritmo respiratorio es un factor muy importante para mantener la calidad de los productos, cuando un producto se corta la frecuencia respiratoria aumenta por el estado energizado de los tejidos vivos y ésta va a variar dependiendo el grado del corte que se le realice al producto (picado, troceado, rayado, etc.) y la temperatura a la que se mantenga el producto. La frecuencia respiratoria en productos frescos cortados puede variar entre 1.2 y 7.0 mg CO₂·Kg⁻¹ h⁻¹. La tasa de respiración es un indicador de la vida útil de los productos, cuando ésta aumenta, la vida útil del producto disminuye (Bagheri. H. 2020 y Pankaj. S. 2018).

El tratamiento con plasma frío aumenta la respiración celular del producto por lo que es similar al proceso de maduración, por lo que las reacciones anabólicas y procesos metabólicos que llevan a la oxidación de moléculas orgánicas como el almidón, azúcar y ácidos orgánicos son mínimos (Bagheri. H. 2020 y Pankaj. S. 2018).

En cuanto a la firmeza de los productos, se prefiere consumir alimentos que tengan una textura firme ya que es un indicador de calidad, los productos frescos; con el almacenamiento esta experimenta un ablandamiento y en productos recién cortados la falta de firmeza se considera un signo de deterioro, el uso de plasma frío en algunos productos conducen al aumento de firmeza de productos como manzanas recién cortadas, melón, kiwi y hongos, lo que lo hace una innovación útil para aumentar la vida útil y la calidad de ciertos alimentos (Bagheri. H. 2020 y Pankaj. S. 2018).

El color es otro parámetro de calidad de los alimentos y el principal ya que es lo que se puede notar de a primera instancia, el color juega un papel crucial en la selección de alimentos y es uno de los parámetros más importantes para el consumidor y afecta la decisión de compra del producto, el tratamiento con plasma frío provoca producción de etileno que afectan el color de los productos, la oxidación de compuestos fenólicos catalizados por la polifenol oxidasa seguida de la formación de pigmentos teniendo como resultado el oscurecimiento y decoloración de los productos (Bagheri. H. 2020 y Pankaj. S. 2018).

En los productos recién cortados tienden a disminuir su acidez con el paso del tiempo por la oxidación de ácido orgánico que ocurre en la maduración de las frutas y con esto se espera un aumento en el pH durante el almacenamiento y esto puede llevar a cambios drásticos en el sabor, olor, textura y vida útil de los productos procesados. Los cambios de pH y acidez tras el tratamiento con plasma se atribuyen principalmente a la interacción de los gases reactivos del plasma con la humedad presente en los productos recién cortados, aunque estos cambios no parecen ser significativos después del tratamiento en algunos productos como; tomates Cherry, arándanos, mandarinas y melón (Bagheri. H. 2020 y Pankaj. S. 2018).

Por otro lado, tenemos que contemplar la calidad nutricional de los alimentos que se someten a cualquier procesamiento, los productos recién cortados tienden a disminuir sus propiedades nutricionales, un ejemplo de ello son la pérdida de vitaminas como la riboflavina, piridoxina, biotina, tiamina, vitaminas A, C y E que son relativamente lábiles, la degradación de las vitaminas se puede atribuir a la reacción con el ozono y otras especies de plasma oxidantes durante el procesamiento, se ha visto que el tratamiento con plasma frío reduce la cantidad de estas vitaminas en productos recién cortados. En cuanto a la actividad antioxidante el plasma frío varía en los cambios dependiendo del alimento que se somete a este, se ha visto que varía el contenido de polifenoles y flavonoides, en algunos casos los contenidos fenólicos aumentan, en otros casos disminuye y en otros casos no se encuentran variaciones significativas (Bagheri. H. 2020 y Pankaj. S. 2018)

Pulsos eléctricos

Los pulsos eléctricos también conocidos como PEF (por sus siglas en inglés Pulsed Electric Fields) son considerados una tecnología emergente para el procesamiento de alimentos en la cual se coloca un alimento fluido o semifluido (inmerso en un medio conductor como el agua) entre dos electrodos por periodos cortos de tiempo (de 1 a 100 microsegundos) aplicando un total de entre 1 a 100 pulsos de alto voltaje, generalmente de 10 a 80 kV/cm obteniendo una inactivación microbiológica y enzimática, manteniendo las características de color, sabor, textura y valor nutricional de los alimentos frescos, y alargando su vida útil (Oblitas, 2017, Sánchez-Moreno C., et al. 2015).

Cuando se aplica un campo eléctrico externo a la célula, induce un potencial eléctrico sobre la membrana celular provocando cambios en las propiedades eléctricas, producto de una acumulación de cargas en ambos lados de su superficie. Cuando el potencial transmembrana inducido excede un valor crítico de aproximadamente 1 voltio, las cargas generadas se atraen ocasionando la compresión de la membrana, reduciendo su grosor y provocando la formación de poros dando como resultado la muerte celular (Oblitas, 2017).

Este fenómeno es conocido como “rompimiento eléctrico” (electrical breakdown) y este puede ser reversible o irreversible dependiendo de la intensidad y duración del tratamiento eléctrico. Este proceso puede ser realizado a temperatura ambiente, combinados con tratamientos térmicos suaves (<60°C) o a temperaturas de refrigeración (Oblitas, 2017).

El sistema PEF está compuesto por: una fuente de alto voltaje, un banco de capacitores, un interruptor de alto voltaje y una cámara de tratamiento. El sistema básicamente funciona suministrando energía por la fuente de alto voltaje de corriente directa la cual es almacenada en un banco de capacitores. La energía recolectada por los capacitores es descargada en forma de pulsos de corta duración, hacia la cámara de tratamiento por medio de un interruptor, y así generar el campo eléctrico que se requiere para el tratamiento de los alimentos (Oblitas, 2017).

La cámara de tratamiento es uno de los componentes más importantes y complicados del sistema. Esta consiste en dos electrodos soportados por un material aislante que también forma un contenedor para el alimento que va a ser tratado. El procesamiento de alimentos por medio de la tecnología PEF se puede realizar en cámaras estáticas o continuas, siendo estas últimas más recomendables, ya que son más económicas y eficientes (Oblitas, 2017).

La aplicación de PEF en alimentos sólidos con el fin de reducir o eliminar la carga microbiológica es prácticamente inexistente debido a la dificultad que tiene el diseño de las cámaras de tratamiento para trabajar en estas condiciones. Las principales aplicaciones de los pulsos eléctricos en alimentos sólidos se realizan en condiciones de bajo voltaje o baja intensidad (0,7-3 kV / cm). Así, los pulsos eléctricos de bajo voltaje se han utilizado en vegetales enteros como pretratamiento para mejorar procesos de extracción (jugo de frutas, compuestos bioactivos, aceite de oliva), deshidratación osmótica (pimientos) o secado (zanahoria, papa, pimiento). Por otro lado, los alimentos líquidos son considerados conductores eléctricos lo cual facilita la aplicación de PEF ya que contienen grandes concentraciones de iones, los cuales son portadores de cargas eléctricas de esta forma es necesario que el tiempo entre los pulsos sea mucho más largo que la duración del pulso aplicado para generar campos eléctricos pulsados de alta intensidad dentro del alimento y evitar que una gran cantidad de corriente fluya a través de este (Oblitas, 2017, Sánchez-Moreno C., et al. 2015).

Su importancia en la conservación de alimentos se centra en la eficacia que tiene para la inactivación de microorganismos la cual no sólo depende de los parámetros

del tratamiento (intensidad, forma, número de pulsos, temperatura, tipo de cámara de tratamiento, etc.) sino también de las características intrínsecas del microorganismo o enzima y de las características físicas y químicas del alimento. Para incrementar el efecto antimicrobiano es necesario que los alimentos líquidos o semilíquidos presenten una baja conductividad eléctrica, un tamaño de partícula pequeño (< 20 mm), y que no formen burbujas de aire (Oblitas, 2017, Sánchez-Moreno C., et al. 2015).

Además de utilizar dicha tecnología en la conservación de alimentos, los pulsos eléctricos también pueden ser implementados como un pretratamiento para la deshidratación ya que esta mejora la transferencia de masa debido a un incremento en la permeabilidad de las células (Cerón-Carrillo et al. 2010).

Recubrimientos y películas comestibles con antimicrobianos naturales

Un recubrimiento comestible (RC) se define como el revestimiento de un producto vegetal con una o varias capas finas de material polimérico natural y comestible, mientras que una película comestible (PC) es también una capa (o varias) fina de material polimérico comestible pero que es primero preformada y después colocada sobre el alimento o entre componentes del mismo, por tanto, la principal diferencia entre estos es que los RC son aplicados de forma líquida por inmersión o pulverización formándose la película sobre el alimento, mientras que las PC son primero preformadas como láminas sólidas y después colocadas ya formadas sobre el alimento (Ancos *et al.* 2015).

Las películas y recubrimientos comestibles son elaborados a partir de una gran variedad de polisacáridos, proteínas y lípidos solos o en combinaciones que logren aprovechar las ventajas de cada grupo, dichas mezclas también pueden incluir plastificantes y emulsificantes que son utilizados con la finalidad de ayudar a mejorar las propiedades finales de la película o recubrimiento tales como: comestibilidad, dureza, transparencia y buenas propiedades de barreras contra el oxígeno y vapor de agua (Fernández *et al.* 2015).

Los polisacáridos y las proteínas son polímeros que forman redes moleculares cohesionadas las cuales confieren buenas propiedades mecánicas y de barrera a gases (O₂ y CO₂) retardando la respiración y envejecimiento de muchas frutas y hortalizas. Los polisacáridos como: las pectinas de alto y bajo metoxilo, la celulosa, el alginato, el quitosano, la dextrina, el carragenato y la goma arábica entre otros, son los hidrocoloides más utilizados en la industria alimenticia, ya que forman parte de la mayoría de las mezclas que actualmente existen en el mercado. Sin embargo; una desventaja que presentan es que son hidrónicos y, por lo tanto, constituyen una pobre barrera a la pérdida de humedad (Fernández *et al.* 2015).

Los lípidos se caracterizan por ser hidrofóbicos y no poliméricos, presentan excelentes propiedades de barrera frente a la humedad, no obstante, su falta de cohesividad e integridad estructural hace que presenten malas propiedades mecánicas formando recubrimientos quebradizos; sin embargo, reducen la transpiración, la deshidratación, la abrasión en la manipulación posterior y pueden mejorar el brillo y la apariencia de muchos de los alimentos. Dentro del grupo de lípidos aplicados a recubrimientos y películas comestibles se pueden mencionar las ceras (abejas, candelilla y carnauba), resinas, monoglicéridos, diglicéridos y los ácidos grasos tales como el ácido esteárico, palmítico, láurico y oleico, entre otros (Fernández *et al.* 2015).

Otros componentes de gran importancia en la elaboración de PC y RC son los plastificantes y emulsificantes. En el caso particular de los plastificantes (moléculas pequeñas de bajo peso molecular), se adicionan con el objetivo de mejorar la flexibilidad y funcionalidad de los recubrimientos, haciéndolos menos frágiles. Dentro de los agentes plastificantes más utilizados se encuentran: el glicerol, ácidos grasos, sorbitol, aceites, ceras y otros, mientras que, los emulsificantes favorecen la dispersión del lípido en la matriz hidrocoloide y reducen la actividad de agua superficial, además también se emplea la adición de antioxidantes con el fin de mejorar las propiedades y la capacidad de las cubiertas (Fernández *et al.* 2015).

En las películas y recubrimientos comestibles se pueden incorporar aditivos con distintas funciones como sustancias para mantener la textura, antimicrobianos, antioxidantes, nutrientes e ingredientes bioactivos capaces de incrementar el valor nutricional y funcional del alimento (Ancos *et al.* 2015). El mecanismo por el cual los recubrimientos conservan la calidad de frutas y vegetales es debido a que crean una barrera física a los gases, permitiendo modificar la atmósfera interna de la fruta y de esta manera retardar la maduración y senescencia (envejecimiento celular) del producto (Fernández *et al.* 2015).

El uso de películas y recubrimientos comestibles es considerado como una tecnología respetuosa con el medio ambiente ya que se reduce la utilización del envasado tradicional con films plásticos, obteniendo estos de recursos naturales o extraídos a partir de los subproductos de las industrias alimentarias, además, estos también pueden ser envases activos pues están siendo utilizados como vehículos para incorporar a los alimentos determinados aditivos de forma más eficaz para incrementar las propiedades nutricionales y saludables del producto. La única condición que deben cumplir para mantener su carácter de película o recubrimiento comestible natural es que estos también deben ser aditivos naturales, aprobados para su uso alimentario por la legislación de cada país (Ancos *et al.* 2015).

Altas Presiones Hidrostáticas

Las altas presiones hidrostáticas son un proceso de conservación el cual consiste en la aplicación de presión a un alimento, se le conoce también como un sistema de pasteurización en frío que se aplica en alimentos después de haber sido envasados, los envases flexibles o al vacío tipo skin responden de mejor manera al tratamiento, esta tecnología no térmica permite la obtención de productos seguros y saludables con una elevada calidad sensorial y organoléptica (Barriga M. 2018).

Para su aplicación se utilizan equipos industriales que tienen una cámara de pasteurización que generalmente tiene un sistema de bombeo constituido por una bomba hidráulica y un sistema multiplicador de presión y algún sistema de control de temperatura, se pueden aplicar distintas presiones dependiendo del alimento a tratar que va entre los 50 y los 1000 MPa. La unidad de APH utiliza agua como fluido pasteurizaste. Generalmente el proceso se lleva a cabo a temperatura ambiente y depende del producto pueden variar los tiempos por los cuales se aplicará el tratamiento (Ruiz P. 2017, Barriga M. 2018).

Algunos de los productos beneficiados por el uso de este tipo de tratamiento de conservación son los productos cárnicos, lácteos, pescados y mariscos, vegetales, jugos y bebidas. En los productos cárnicos se da una desnaturalización causada por la presión, las proteínas son más sensibles a la proteasa sin que su valor biológico se afecte mejorando la digestibilidad, biodisponibilidad y mejora el sabor y aroma de la carne, de igual manera los productos como pescados y tratados con Altas Presiones Hidrostáticas no pierden sus principales parámetros del producto; sabor, aroma, textura, color, etc. productos como ostras, almejas, langostinos, bacalao, merluza y moluscos bivalvos con este tratamiento son bien aceptados por los consumidores (Barriga M. 2018).

El sector lácteo también obtiene beneficios del tratamiento con APH, en los quesos se mejora su maduración además de prolongar su vida útil, su uso en leche y calostro se ha visto la preservación de la funcionalidad de los componentes bioactivos como las inmunoglobulinas, lactoferrinas y vitaminas (Barriga M. 2018).

Los productos vegetales, principalmente aquellos que son mínimamente procesados se benefician con el aumento en su vida útil sin alterar sus cualidades del producto fresco, en alimentos como jugos recién exprimidos ayuda a mantener sus propiedades nutricionales conservando el contenido de vitaminas como la vitamina A (carotenos), vitamina C y vitaminas del grupo B ya que estas no se ven afectadas por la presión del proceso o lo hacen de manera mínima, aunque con el caso de la vitamina C podría verse afectada si el proceso se acompaña de temperaturas de 65°C o más. En jugos tratados por APH en el estudio de Ruiz p en

el 2017 muestra que en comparación con procesos térmicos los jugos cítricos mantienen un sabor fresco sin pérdida de vitamina C con una vida útil de 17 meses, aunque en otras frutas como la pera se produce oscurecimiento rápido después del tratamiento por la actividad de la polifenoxidasas. También en productos “listos para consumir” como los purés, salsas y guacamole se ve el beneficio en la conservación de propiedades nutricionales sin la pérdida o modificación del sabor, textura y color (Ruiz P. 2017, Barriga M. 2018).

Los principales cambios en los componentes de los productos tratados con APH son:

- Agua: disminución del volumen del agua del producto. La disociación iónica se aumenta por la presión y esto lleva a un descenso del pH, la disminución del pH en el alimento tratado puede provocar desnaturalización de proteínas e inactivación microbiana.
- Lípidos: mayor formación de cristales y mayor oxidación de lípidos insaturados, la presión provoca la desnaturalización de proteínas dejando libres iones metálicos que catalizan la oxidación lipídica que a su vez deteriora al alimento manifestándose en cambios negativos de sabor, color, textura del alimento y valor nutritivo.
- Proteínas: desnaturalización de proteínas en las estructuras terciarias y cuaternarias con posibles efectos reversibles dependiendo de la temperatura, pH y otros factores.
- Carbohidratos: formación de geles bajo presión a baja temperatura por la presencia del almidón, por la presión del proceso no se lleva a cabo la reacción de Maillard, por lo que no se produce el desarrollo del sabor y color típicos de la reacción.
- Enzimas: inactivación de enzimas que puede o no ser reversible dependiendo de factores como el tipo de enzima, nivel de presión, temperatura y pH del medio (Pradas B. 2016, Ruiz P. 2017, Barriga M. 2018).

El efecto que tienen las APH en los microorganismos es la inactivación de virus y esporas de bacterias, los microorganismos Gram (-) son los más sensibles a las APH, le siguen las levaduras, mohos y las esporas que son las más resistentes. Las APH provocan una desnaturalización de proteínas además de diversas reacciones bioquímicas, cambios morfológicos y cambios en la membrana celular como el aumento de la permeabilidad y la inhibición de sistemas enzimáticos que terminan por inactivar a los microorganismos, a esto se le conoce como inactivación por presión, la inactivación ocurre a presiones de 300 a 400 MPa a 25°C en un tiempo de 10 minutos (Barriga M. 2018).

Luz ultravioleta- Radiación UV

La creación de luz artificial ha traído innovaciones a la industria alimentaria, el uso de luz como tratamiento de conservación ha beneficiado en la actualidad a todos los consumidores de alimentos mínimamente procesados. La luz UV es radiación electromagnética que tiene una longitud de onda más corta que la luz visible pero más larga que la de los rayos X, el tratamiento con luz UV se enfoca en la descontaminación biológica de virus, bacterias, esporas, mohos y levaduras que pudieran atacar a los alimentos (Millán Villarroel *et al.*, 2015).

La radiación con luz UV se ha utilizado como método de desinfección que a su vez aumenta la vida útil de alimentos sólidos y líquidos, este tratamiento se ha utilizado en la industria alimentaria para desinfección de cintas transportadoras, láminas, tapas de cierre, envases, superficie de frutas, verduras, carnes, pescados, jugos de frutas y verduras, agua y también para el tratamiento de agua utilizada para la producción de alimentos (L. Dominguez, M. Parzanese 2021).

La longitud de las ondas de la radiación UV oscilan entre los 100 y los 400 nm, se clasifica como onda UV corta (UV-C) de entre 200 y 280 nm, onda UV media (UV-B) de 280 y 315 nm y onda larga (UV-A) de 315 y 400 nm. La longitud de onda con más poder germinicida es la corta y más específicamente a 254 nm. También se clasifica en UV-Cercano (380-200nm), UV-Lejano (200-10 nm) y UV-Extremo (31-1 nm), las longitudes de onda con mayor efecto bactericida son las cercanas a 260 nm en donde se va visto el pico de mayor absorción de UV-C (L. Dominguez, M. Parzanese 2021).

Las ondas que se aplicarán a los productos serán en forma de pulsos en lugar de manera constante, esto para prevenir que se alteren de manera drástica las cualidades organolépticas de los productos y el tiempo por el cual se aplique variará de 1 a 5 minutos o más dependiendo del tipo de alimento que se exponga al tratamiento, dentro de los primeros 5 minutos hay una muy baja posibilidad de modificar las características del producto, algunos productos tiempos más largos no afectan sus cualidades organolépticas pero depende específicamente del producto y su composición, en los líquidos transparentes la penetración de la radiación es muy buena por el contrario de líquidos más oscuros que a su vez contengan sólidos es suspensión, los alimentos sólidos solo son afectados de manera superficial por el tratamiento disminuyendo la carga bacteriana de la superficie de estos alimentos, se ha propuesto el uso de luz UV en productos cárnicos antes de su refrigeración para disminuir la carga bacteriana y aumentar su vida útil antes de la refrigeración (Millán Villarroel *et al.*, 2015, L. Domínguez, M. Parzanese 2021).

Así como la densidad del alimento afecta la eficacia del tratamiento, éste también se ve afectado por la distancia a la cual se efectúe el tratamiento, se recomienda que la distancia sea más corta para aumentar el poder de penetración de la radiación, pero esta también variará de 15 cm de distancia hasta 30 cm dependiendo del producto ya que puede modificarse la tasa de maduración favoreciendo la descomposición del alimento.

La luz UV es producida por lámparas de vapor de mercurio las cuales pueden producir luz de baja presión, presión media, baja presión de alta intensidad, presión media de alta intensidad y amalgama, las ventajas de uso de este método es que las lámparas no son de un costo elevado, su mantenimiento y aplicación no es costoso además de que no produce residuos químicos ni radiación, además de una nula o mínima alteración de las cualidades organolépticas y nutricionales de los productos (L. Dominguez, M. Parzanese 2021).

El efecto de la radiación UV sobre los microorganismos se basa modificaciones a nivel del ADN, la radiación provoca cambios fotoquímicos, el mecanismo de acción depende de la absorción de la radiación por el ADN específicamente por los nucleótidos, además los cambios en los electrones fomentan la formación de uniones cruzadas entre la tiamina y la citocina, las cuales son nucleótidos base que pertenecen a la misma cadena provocando la formación de dímeros ciclobutil pirimidina, estos dímeros causan distorsiones en la forma del ADN interfiriendo así en la formación normal de bases y bloqueo de la síntesis de ADN, al quedar afectadas las funciones celulares el microorganismo muere (L. Dominguez, M. Parzanese 2021).

Por otra parte, este proceso puede llegar a revertirse dependiendo de la exposición e intensidad a la que se someta el microorganismo, si esta no es suficiente puede ocurrir el fenómeno de fotoreparación, la cual se lleva a cabo gracias a factores proteínicos que reparan el ADN y posibilitan la reactivación del microorganismo, esto se ha visto en microorganismos expuestos a ondas de 330 nm. Los factores proteínicos estimulan la separación del ácido nucleico por la activación de la enzima fotoliasa que monomeriza a los dímeros y permite continuar con el crecimiento normal de las células, los microorganismos que han tenido foto reparación se vuelven más resistentes al tratamiento, pero puede evitarse la foto reparación manteniendo el producto en un ambiente oscuro (L. Domínguez, M. Parzanese 2021).

Entonces, para lograr la inactivación bacteriana es necesario exponer a la radiación UV al menos 400 Mj/m² (MegaJoules por metro cuadrado) en la superficie de todo el producto tratado. Todos los microorganismos tienen una dosis distinta a la cual la radiación les es letal, para calcularla se utiliza la siguiente fórmula: $D = \frac{(I.t)}{1000}$ en donde D: dosis de irradiación aplicada (kJ/m²) I: intensidad de irradiación bajo el área de emisión de luz UV-C (W/m²) t: tiempo de exposición (s) (Millán Villarroel *et al.*, 2015).

Cada especie de microorganismo tiene una distinta resistencia a la radiación por lo que se han observado los siguientes resultados en un estudio con tratamiento de luz UV en frutas es cual se observa en la tabla 1 mostrada a continuación (Millán Villarroel *et al.*, 2015).

Tabla 1. Inactivación microbiana en frutas enteras con luz ultravioleta

Sustrato tratado	Microorganismo	Inóculo inicial	Tiempo de exposición	Dosis de exposición	Distancia (cm)	Reducción microbiana	Referencia
Fruta entera							
Mora azul	<i>Escherichia coli</i> 0157:H7	10° UFC/mL	1.5 y 10 min	20 mW/cm ²	0,9	5,83 log UFC/g	Kim y Hung (2012)
Fresa	<i>Botrytis cinérea</i>	10° conidios/mL	NI	0,25 – 4,00 km ² /J	25	No reportado	Nigro et al. (2000)
Pera	<i>Escherichia coli</i>	4,5 ±1,2x10 ⁹ UFC/mL	4 min	7,56 kJ/m ²	No reportado	3,70±0,13 log UFC/g	Syamaladevi et al. (2012)
Durazno	<i>Escherichia coli</i>	4,5 ±1,2x10 ⁹ UFC/mL	4 min	7,56 kJ/m ²	No reportado	2,91 ±0,28 log UFC/g	Syamaladevi et al. (2012)
Aguacate	<i>Escherichia coli</i> , <i>Listeria innocua</i> , <i>Salmonella spp</i>	10 ⁷ UFC/mL	30 s	0,5 – 1,0 y 3,0 kJ/m ²	15	1,0 – 3,5 log 5,0 log	Nunes et al. (2011)

UFC: unidades formadoras de colonias.

Mj/m²: es la expresión en unidades de la cantidad de energía solar que recibe una superficie en un determinado periodo de tiempo.

Por estos resultados se ha observado un efecto benéfico en aplicación de frutas enteras y cortadas, el tratamiento con irradiación UV puede aumentar la vida útil de productos como fresas, manzanas y melocotones por su efecto en la reducción de la tasa de respiración retrasando la maduración, activación de las defensas naturales de los productos, la fuga de electrolitos y manteniendo la firmeza y calidad por tiempos más prolongados. Por tanto, la aplicación de luz ultravioleta como método de conservación tiene beneficios en cuanto a calidad y seguridad alimentaria para el consumo de producto tratados con este método (Millán Villarroya et al., 2015).

Calentamiento Óhmico

Calentamiento Óhmico (OH, del inglés Ohmic Heating) también conocido como efecto térmico o efecto Joule, data de principios del siglo XX y su aplicación consiste en hacer pasar una corriente alterna a través del alimento mediante contacto directo con dos electrodos, dando como resultado una generación instantánea de calor (Prósper, 2020, Oblitas, 2017). Esta forma de utilizar la energía eléctrica en

beneficio del procesamiento de alimentos es una de las muchas que están tomando participación en la industria alimentaria, sin embargo, existen diversos factores que pueden afectar el rango de efectividad de dicho proceso (Olea, 2015)

El calentamiento óhmico se destaca de otros tratamientos térmicos ya utilizados porque en este se emplean un par de electrodos que están en contacto directo con los alimentos a través de los cuales pasa la corriente eléctrica, siendo de especial importancia su empleo ya que pueden afectar al proceso provocando pérdidas importantes de calor, además, el campo eléctrico que se genera puede producir corrosión en los electrodos y a su vez la migración de ciertos compuestos a los alimentos que podrían resultar tóxicos para el ser humano. Actualmente el diseño de calentadores óhmicos efectivos depende de la conductividad eléctrica del alimento que se debe tratar y se dispone de datos que apuntan a que el titanio platinizado puede ser el material de electrodo más adecuado para el tratamiento en la industria alimentaria (Prósper, 2020).

Por otro lado, la conductividad eléctrica es la propiedad más crítica que afecta la velocidad del proceso y depende de la composición del alimento (o del medio en el que se encuentra) a calentar. La conductividad eléctrica de cualquier muestra no es constante y aumenta con el aumento de la temperatura del material (Prósper, 2020).

Por otra parte, los sistemas más aplicados que nos permiten registrar la temperatura durante los tratamientos óhmicos son las termorresistencias (Pt100) y los termopares, ambos sistemas se basan en efectos termoeléctricos. Una termorresistencia se basa en el cambio de resistencia eléctrica de un material conocido en función de la temperatura, son elementos muy robustos y muy utilizados en la industria alimentaria, sin embargo, son relativamente caros mientras que, los termopares se basan en un circuito formado por dos conectores de metal diferentes unidos en sus extremos, esta unión genera una diferencia de potencial que es proporcional a la temperatura del punto de unión, son sistemas económicos e intercambiables, que tienen conectores estándar y son capaces de medir un amplio rango de temperaturas (Prósper, 2020).

En cuanto a la celda de calentamiento, se han utilizado diferentes materiales para su construcción. Cuando el calentamiento óhmico se aplica sobre alimentos líquidos o semisólidos, la celda de calentamiento tiene forma de tubo cilíndrico fabricado de distintos materiales como acero inoxidable o teflón (Prósper, 2020)

Un práctico ejemplo de este principio es el calentamiento óhmico de salchicha. Dos electrodos son conectados a una fuente de energía y estos se colocan en cada una de las extremidades del alimento, en el momento en el que este sea comido a la corriente eléctrica sufrirá de un calentamiento uniforme en el interior, hecho importante para evitar pérdidas de calor en el ambiente. La tasa de generación interna de calor que ocurre durante el calentamiento óhmico es determinada por la conductividad eléctrica del material (κ). La siguiente ecuación describe esta dependencia: $Q = \kappa E^2$, donde Q es la tasa de generación interna de calor y E la fuerza del campo eléctrico (Oblitas, 2017).

La efectividad del tratamiento óhmico sobre la inactivación microbiana se debe principalmente, a que se trata de tratamientos de naturaleza térmica que al igual que los tratamientos convencionales este genera la destrucción de componentes y estructuras celulares por acción del calor. No obstante, el tratamiento óhmico también puede generar lesiones subletales en las células o efectos adicionales sobre los microorganismos debido al paso de la corriente eléctrica, llamado electroporación (Prósper, 2020).

Este fenómeno es considerado el principal mecanismo no térmico de destrucción de microorganismos en dicho tratamiento, este conduce a la formación de poros en la membrana y cambios en la permeabilidad celular. Estos daños debilitan a las células y es posible que los microorganismos sean destruidos a una temperatura menor a la convencional. Este hecho podría intensificar los efectos térmicos y aumentar la eficacia del proceso, sin embargo, se considera un efecto difícil de conseguir en las condiciones de campos eléctricos moderados que son utilizados en los tratamientos óhmicos (Prósper, 2020).

Por otro lado, dicho tratamiento puede provocar una inactivación microbiana de tipo químico, es decir, la inactivación de microorganismos causada por la formación de compuestos que actúan como bactericidas. Durante la aplicación del campo eléctrico, se puede dar la formación de oxígeno libre, hidrógeno, cloruros, hidroxilos y radicales hidroperoxil, e iones metálicos los cuales pueden afectar significativamente la viabilidad de los microorganismos. Además, la formación de sustancias tóxicas, como el cloro libre, también podría contribuir a la inactivación microbiana. La concentración de dichas sustancias disminuye, e incluso se anula, después de la aplicación del proceso. Es importante destacar, que el calentamiento óhmico ha demostrado su eficacia en la inactivación tanto de células vegetativas como de esporas (Prósper, 2020).

El tratamiento óhmico tiene ciertas ventajas que se destacan sobre los métodos convencionales de tratamiento térmico. El calor generado instantáneamente de manera uniforme dentro del alimento y la cantidad de calor está directamente relacionado con el gradiente de voltaje que se aplique, de esta forma el proceso se consigue en periodos mucho más cortos, favoreciendo la obtención de mayores rendimientos del proceso, manteniendo mejor las propiedades organolépticas del alimento como el color, textura e incluso el valor nutricional (Prósper, 2020).

Por otro lado, el funcionamiento de estos sistemas permite un encendido y apagado instantáneo de los equipos generando un ahorro energético muy importante ya que no son sistemas con una gran inercia, minimizando así las pérdidas energéticas en comparación con las que se producen en muchos de los procesos convencionales generando un menor impacto medioambiental y económico. Además, los equipos de calentamiento óhmico se caracterizan por tener un bajo costo de mantenimiento (Prósper, 2020).

Ozono

El ozono (O₃) es un compuesto triatómico que se ha utilizado desde hace más de 100 años como agente desinfectante seguro en plantas de tratamiento de agua. Este ha sido propuesto como una alternativa segura al cloro en el proceso del lavado, porque la toxicidad debido a los subproductos de reacción de los compuestos clorados implica un riesgo potencial para la salud y el medio ambiente, además es clasificado como GRAS (generalmente reconocido como seguro) para desinfectar alimentos por la FDA (Food and Drug Administration) (Urbano, 2018).

El ozono tiene una alta reactividad por lo que con poca concentración puede inactivar varias colonias de microorganismos. Para su utilización se debe generar *in situ* a través de equipos generadores a partir de aire u oxígeno. Se puede utilizar tanto en forma gaseosa como acuosa; la forma gaseosa se puede utilizar para controlar la aparición de malos olores y para neutralizar el etileno, el cual retarda la maduración de los productos vegetales. En cambio, la forma acuosa puede utilizarse para la desinfección de equipos y para el lavado de frutas y hortalizas (Urbano, 2018).

El ozono destruye las bacterias por una oxidación progresiva de los componentes celulares. El mecanismo de acción indica la oxidación de la pared celular y la membrana citoplasmática, por lo tanto, la diferencia de sensibilidad al ozono de las bacterias debe estar relacionada con las diferentes estructuras y composición de la pared celular. Si bien es claro que el ozono es efectivo en la inactivación de bacterias, tanto en células vegetativas como esporas, estas últimas presentan resistencia bajo determinadas condiciones de ozonización. Se plantea el orden descendente de resistencia al ozono: protozoos, hongos, bacterias esporuladas, bacterias no esporuladas y virus (Bataller-Venta *et al.*, 2010).

En el tratamiento con ozono gaseoso, es recomendable evaluar la alternativa de aplicación teniendo en cuenta el manejo poscosecha que necesita la fruta u hortaliza. Si el producto al ser cosechado está contaminado por hongos es recomendable aplicar elevadas concentraciones de ozono gaseoso en tiempos cortos, identificada esta alternativa como una fumigación de shock, y mantener después una concentración baja durante el tiempo de conservación requerido antes del consumo. En otros casos, puede aplicarse la ozonización con el empleo de bajas concentraciones de ozono en el ambiente de los locales o cámaras donde se almacenen los productos (Bataller-Venta *et al.*, 2010).

En cámaras frigoríficas, el ozono es aplicado para conservar los alimentos durante el almacenamiento, porque es un desinfectante con baja toxicidad que no deja residuos luego de su utilización, además mantiene la limpieza y desinfección del ambiente, impidiendo la transmisión de olores de un alimento a otro favoreciendo la conservación del producto por un periodo de tiempo mayor (Urbano, 2018).

Si bien los beneficios de este tratamiento son múltiples, hay efectos que no se consideran favorables en cuanto al valor nutricional. Tanto en el tratamiento en fase acuosa como gaseosa se ha observado que existe una disminución en el contenido

de tioles (antioxidantes) según el producto, sin embargo la afectación es menor respecto a otros agentes desinfectantes, como el cloro y el peróxido de hidrógeno, además este efecto depende de la concentración de ozono, del tiempo de exposición, la superficie y el tipo de producto, por ejemplo, si es un vegetal que tiene sus hojas expuestas o un fruto, donde su cáscara actúa como barrera protectora (Bataller-Venta *et al.*, 2010).

Es por esto por lo que se propone que a cada producto se le realice un estudio y evaluación previa, ya que el efecto del ozono en la fisiología y calidad de los productos varía de acuerdo con la composición química que presenten, el tipo de producto, la dosis aplicada, la concentración de ozono y el tiempo de exposición. Una aplicación no adecuada, como por ejemplo un exceso de ozono, puede ocasionar daños en los tejidos del producto con algún deterioro o pérdida de calidad (Bataller-Venta *et al.*, 2010).

Comparación de métodos

En la tabla 2 se muestran de manera resumida las cualidades de cada método, en esta podemos ver la descripción del control microbiológico, los cambios en la calidad organoléptica y nutricional, así como la eficacia de los métodos.

TABLA 2. Comparación de métodos de conservación tradicionales con nuevas tecnologías

MÉTODO DE CONSERVACIÓN	CONTROL MICROBIOLÓGICO	CALIDAD ORGANOLÉPTICA	CALIDAD NUTRICIONAL	EFICACIA DEL MÉTODO
ESCALDADO	El tratamiento permite la destrucción de microorganismos que se encuentran en la superficie de los alimentos, esto gracias a que la temperatura del agua está entre los 60 y 100°C.	Al ser un tratamiento de muy corta duración, los alimentos conservan su color, forma, estructura y sabor además de que se evita la pérdida de agua del producto.	Por el calor se destruyen vitaminas como la vitamina C, folatos, ácido fólico (B9).	El proceso por sí solo es más un tratamiento para pre elaborar alimentos, pero necesita de otro método como la refrigeración o congelación para preservarlos.
PASTEURIZACIÓN	No se eliminan por completo los microorganismos presentes en el alimento sino únicamente los patógenos.	No pierde ninguna de sus propiedades organolépticas	Pérdida de vitamina C, vitaminas del complejo B, vitamina A y D.	Este método necesita de otro soporte conservador, como la refrigeración para garantizar su efectividad.
ESTERILIZACIÓN	Este método destruye microorganismos, incluso sus esporas quedan estériles ya que el tratamiento se lleva a cabo en temperaturas superiores a los 100°C y el tiempo oscila entre los 2 y 3 minutos.	Se pueden perder características organolépticas como la textura por ser sometidos a altas temperaturas.	Este método destruye vitaminas hidrosolubles como la vitamina C, Tiamina, Piridoxina, ácido fólico y B12 y si el alimento al que se le aplica contiene algún azúcar reductor y proteínas, estos nutrientes se interrelacionan, impidiendo su aprovechamiento.	Para garantizar su efectividad es necesario almacenar los alimentos en lugares frescos y protegidos de la luz

AHUMADO	Este método tiene efecto antiséptico, además retrasa e impide la proliferación microbiana y oxidativas en el producto.	El ahumado afecta el aroma, color, textura y sabor de los alimentos por los fenoles presentes en el humo y por el tipo de madera utilizado en el tratamiento.	Dependiendo de la temperatura del proceso este puede no tener afectaciones en su calidad nutricional si no se rebasan los 45°C.	El tratamiento es eficaz ya que ayuda a prolongar la vida útil de los alimentos además de reducir o eliminar la proliferación bacteriana.
DESECACIÓN O DESHIDRATACIÓN	La evaporación del agua de los alimentos evita que se desarrollen microorganismos.	Con la pérdida del agua se modifican las características del producto como el color, sabor y textura.	No hay pérdida de nutrientes si no se exceden los 45°C de temperatura y con la pérdida del agua los nutrientes se concentran en el producto. Dependiendo del método y temperatura que se aplique se podrían perder vitaminas termolábiles como la vitamina A y la vitamina C.	Gracias a la pérdida del agua el tratamiento funciona bien para prolongar la vida útil de los productos.
LIOFILIZACIÓN	Se impide la proliferación de microorganismos ya que se pierde gran porcentaje de agua del producto.	Se afecta la textura del alimento, pero conserva en gran medida su sabor y color.	No afecta al producto ni se pierden sus características nutricionales, solo la cantidad de agua del producto.	Por la pérdida de agua el alimento se conserva de mejor manera retrasando los procesos de maduración con la desactivación de enzimas.
REFRIGERACIÓN	Enlentece la acción enzimática y retrasa el crecimiento y actividad de los microorganismos presentes en el alimento	Es el método conservador que provoca menos alteraciones organolépticas	Ni glúcidos, ni lípidos, ni minerales se modifican en absoluto	El frío es el método más efectivo y de mayor facilidad en su aplicación
CONGELACIÓN ULTRACONGELACIÓN	Retrasa el crecimiento y actividad de los microorganismos presentes en el alimento	Estos productos guardan al descongelarse características mucho más fieles al producto original	Las proteínas pueden desnaturalizarse si la descongelación es excesivamente lenta, así como perder alguna vitamina en dicho proceso.	Es el método que mantiene en mejores condiciones los alimentos, tanto en aspecto como en valor nutritivo.

ANTISÉPTICOS	Estos aditivos alimentarios evitan la proliferación microbiana	No pierde sus propiedades organolépticas	No altera las propiedades nutricionales del producto	Eficaz en la eliminación de microorganismos patógenos
ANTIOXIDANTES	Dichos compuestos tienen la capacidad de inactivar los compuestos iniciales o intermedios de las reacciones oxidativas	No pierde sus propiedades organolépticas	No alteran las propiedades nutricionales del producto	Eficaz en la eliminación de microorganismos patógenos
DESINFECTANTES	Estos productos eliminan los microorganismos patógenos	No alteran las propiedades organolépticas del producto, sin embargo, la utilización de cloro y sus derivados puede favorecer la producción de vapores o subproductos nocivos en los alimentos	No alteran las propiedades nutricionales del producto	Eficaz en la eliminación de microorganismos patógenos
OZONO	Este producto inactiva bacterias en células vegetativas y esporas, estas últimas presentan resistencia bajo determinadas condiciones de ozonización.	Un exceso de ozono puede ocasionar deterioro en las propiedades organolépticas de los alimentos.	Este producto puede provocar una disminución en el contenido de tioles (antioxidantes) en algunos alimentos.	Este producto es clasificado como seguro para la desinfección de los alimentos.
ULTRASONIDO	Este método provoca inhibición bacteriana por el fenómeno de cavitación que provoca desequilibrio en el metabolismo de la célula y daños en su membrana, provocando muerte celular.	No altera las cualidades organolépticas	No afecta la calidad nutricional de los alimentos en los que se utilicen. El proceso se puede desnaturalizar proteínas a una intensidad alta y tiempo prolongado.	El método ha probado ser eficaz en algunos alimentos, algunos otros presentan limitaciones por su composición.

PLASMA FRÍO

El proceso lleva a la inactivación de microorganismos como como *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus* y *Listeria monocytogenes* con la afectación de su ADN y dañando los lípidos de su membrana.

Este método si afecta los aspectos fisicoquímicos, afecta el pH, carbohidratos, vitaminas, antocianinas y la tasa de respiración además de los aspectos organolépticos como el sabor, color y la textura, aunque varia el grado dependiendo del alimento tratado.

Puede haber variaciones en el contenido de polifenoles y flavonoides, se llegan a modificar procesos metabólicos que llevan a la oxidación de moléculas orgánicas como el almidón, azúcar y ácidos orgánicos.

El método resulta eficaz en cuanto a desinfección de productos recién cortados. Por otro lado es un proceso que debe ser realizado bajo condiciones controladas ya que la presencia de humedad puede afectar el efecto del plasma disminuyendo su efectividad.

ALTAS PRESIONES HIDROSTÁTICAS

El método lleva a la inactivación de virus y esporas de bacterias, como los microorganismos Gram (-), levaduras, mohos, esporas. Las APH provocan desnaturalización de proteínas, cambios en la membrana celular, aumento de la permeabilidad, inhibición de sistemas enzimáticos que terminan por inactivar a los microorganismos.

La aplicación de este método no causa modificación negativa en la cualidad organoléptica de los alimentos, su aplicación en algunos productos como los cárnicos, mejora su textura y sabor además de mejorar la biodisponibilidad de proteínas y en el caso de los lácteos mejora la maduración y sabor de los quesos

El tratamiento con APH llega a modificar el contenido de agua, de lípidos insaturados además de inactivar algunos procesos enzimáticos y desnaturalizar algunas proteínas, pero puede en algunos casos revertirse dependiendo de las condiciones de la aplicación.

El método resulta eficaz tanto en alimentos mínimamente procesados como en alimentos listos para consumir.

PULSOS ELÉCTRICOS

Esta tecnología emergente lleva a la inactivación microbiológica y enzimática.

Los pulsos eléctricos aplicados a los alimentos mantienen el color, sabor, textura y valor nutricional, además de alargar la vida útil de los alimentos frescos.

El método mantiene el valor nutricional de los alimentos frescos y alarga su vida útil.

La aplicación de PEF se centra en la eficacia que tiene para la inactivación de microorganismos, sin embargo, en alimentos sólidos es prácticamente inexistente, mientras que los alimentos líquidos facilitan su aplicación y efectividad. Además, esta puede ser utilizada como pretratamiento para la deshidratación de alimentos.

RECUBRIMIENTOS/PELÍCULAS COMESTIBLES	<p>Las películas y recubrimientos comestibles crean una barrera física a los gases, permitiendo modificar la atmosfera interna del producto retardando su maduración y favoreciendo la conservación.</p>	<p>Las PC y los RC conservan la calidad y las propiedades organolépticas del producto, así como también retrasan la maduración de frutas y vegetales.</p>	<p>Los RC y las PC pueden incorporar aditivos con el propósito de mantener e incrementar el valor nutricional y funcional del alimento.</p>	<p>El mecanismo por el cual los recubrimientos conservan la calidad de los alimentos es formando una barrera física a los gases, retardando su maduración, además de cumplir la función de ser envases activos, siendo utilizados como vehículos para incorporar aditivos e incrementar las propiedades nutricionales del producto.</p>
LUZ UV/RADIACIÓN UVC	<p>El efecto de la radiación UV sobre los microorganismos se basa modificaciones a nivel del ADN del microorganismo, la radiación Provoca que la síntesis de ARN se lleve de manera errónea haciendo que el proceso de replicación del ADN se detenga y esto lleva a la muerte celular. Afecta a virus, bacterias, esporas, mohos y levaduras.</p>	<p>Las alteraciones de las características organolépticas son muy bajas, dentro de los primeros 5 minutos hay una muy baja posibilidad de modificar las características del producto, en algunos productos tiempos más largos no afectan sus cualidades organolépticas, pero depende específicamente del producto, su composición y densidad.</p>	<p>Hay poca o nula variación de la calidad nutricional de producto y depende del producto y su composición.</p>	<p>El tratamiento resulta eficaz y no se ha distinguido productos con los cuales no se pueda aplicar el tratamiento con luz Ultravioleta.</p>
CALENTAMIENTO ÓHMICO	<p>Este método conduce a la inactivación microbiana a una temperatura menor a la convencional, también puede ser de tipo químico o por el fenómeno de electroporación. Es eficaz tanto en microorganismos como en esporas.</p>	<p>El tratamiento óhmico favorece el mantenimiento del color, textura y valor nutricional de los alimentos.</p>	<p>El método mantiene el valor nutricional de los alimentos frescos y alarga su vida útil.</p>	<p>Es importante tomar en cuenta el diseño de los calentadores óhmicos para garantizar su efectividad al 100% dentro de la industria alimentaria.</p>

DISCUSIÓN

En la descripción realizada de los siete métodos innovadores para la conservación de alimentos (Ultrasonido, luz Ultravioleta, Pulsos eléctricos, APH, calentamiento Óhmico, recubrimientos y películas comestibles, radiación UV) pudimos observar que estos tratamientos son notoriamente distintos a los tradicionales, podemos constatar que tanto los tratamientos tradicionales como los innovadores tienen como objetivo prevenir y retrasar la descomposición de alimentos por mecanismos enzimáticos o por desarrollo microbiano, prevenir las alteraciones por descomposición o plagas.

Los métodos de conservación tradicionales son un punto de partida importante para la evolución e innovación en la conservación ya que desde sus inicios se tiene un mismo propósito: la seguridad alimentaria y la conservación de las propiedades organolépticas y nutricionales en los alimentos. A lo largo de la descripción de estos métodos innovadores hemos podido observar que estos tratamientos son notoriamente distintos a los tradicionales, sin embargo, los principios de estos continúan y han sido parte fundamental en la evolución de la industria alimentaria.

El tratamiento con Ultrasonido se realiza en alimentos como vegetales ya sea enteros o cortados en un medio acuoso, Sánchez-Moreno menciona que para aumentar la efectividad del tratamiento éste se debe de combinar con otros, con calor, presión o ambos, con derivados de cloro o antimicrobianos naturales, de ese modo la inactivación microbiana y enzimática es más eficaz, aun así, la descontaminación solo se da en la superficie de los vegetales. Se encontró que en alimentos como lechuga, espinaca, zanahoria, tomates y zanahorias se redujo el contenido de *E. coli* y *S enteriditis*, además no se modificó el aspecto general, firmeza y color después de 45 min de tratamiento, del mismo modo Parzanese concuerda con que el ultrasonido aplicado en altas y bajas frecuencias no son destructivas ni invasivas por lo que no afecta las características organolépticas, pero a su vez inhibe y disminuye microorganismos.

En el plasma frío se encontró una controversia de sus resultados, el efecto del plasma en las cualidades organolépticas de los productos de acuerdo con lo revisado por Sánchez-Moreno se vio mínimamente afectada, en la aplicación en alimentos con *Salmonella* inoculada en pepino, zanahoria y pera, la inactivación de la salmonella fue del 80 al 90% con mínima afectación en el contenido de vitamina C y agua, así mismo su aplicación en productos como lechuga, fresas y papas para inactivar *salmonella typhimurium* fue muy significativa sin cambios significativos en los parámetros de color después del tratamiento por lo que se validó para su uso a nivel industrial en frutas y hortalizas frescas aunque en el estudio realizado por Bagheri nos dice que el uso del plasma frío en productos frescos si puede afectar notoriamente su apariencia (oscurecimiento o decoloración), textura (pérdida de firmeza), sabor y valor nutricional ya que el plasma reacciona a casi todos los componentes de los alimentos como los carbohidratos, vitaminas y pH.

En cuanto a su capacidad bactericida el plasma frío tiene las especies reactivas que se forman como ozono, superóxido, óxido nítrico, etc. tienen la capacidad de inactivar una gran gama de microorganismos como bacterias, levaduras, mohos, esporas y virus, aunque para esto es necesario llevar el tratamiento en ciertas condiciones y también depende del tipo de gas empleado para generar el plasma. Bagheri H. (2020) menciona en su investigación que el uso de plasma frío para la extensión de la vida útil de los alimentos mínimamente procesados es prometedor por sus cualidades pero no hay datos suficientes para conocer sus efectos sobre los compuestos de los alimentos y cómo afecta la calidad de los productos.

Jimmy Oblitas (2017) menciona la aplicación de los pulsos eléctricos entre las tecnologías emergentes para la preservación de alimentos surgidas recientemente. Menciona que la importancia de este radica no solo en la eficacia que tiene dicho proceso para la inactivación de microorganismos, sino también que puede ser implementada como un pretratamiento para la deshidratación y para mejorar procesos de extracción o secado del producto. Además, concuerda con José Prósper (2020) en el tratamiento por calentamiento óhmico, asegurando que dicha tecnología es eficaz en la inactivación microbiana y enzimática, además de mejorar las características organolépticas del producto en relación con los tratamientos convencionales. Ambos autores afirman que el uso de esta tecnología en la industria alimentaria podría disminuir los efectos térmicos negativos de la pasteurización y otros tratamientos térmicos convencionales.

Begoña Ancos y colaboradores (2015) mencionan que el uso de películas y recubrimientos comestibles también es considerado una tecnología emergente que complementan el resto de las tecnologías alimentarias, pues en dichas películas y recubrimientos se pueden incorporar aditivos para mantener la textura, antimicrobianos, antioxidantes, nutrientes e ingredientes bioactivos capaces de mantener y mejorar las propiedades nutricionales del producto posterior a los tratamientos que se le hayan dado al producto. Además, es una tecnología respetuosa con el medio ambiente ya que en su aplicación se reduce la utilización del envasado tradicional con films plásticos, obteniendo estos de recursos naturales siendo estos envases activos, ya que están siendo utilizados como vehículos para incorporar a los alimentos aditivos de forma más eficaz para incrementar el valor nutricional y funcional del alimento.

Las AHP tienen un efecto inmediato que se aplica de manera uniforme sobre los alimentos tratados sin importar el tamaño o forma de este, en los trabajos de Ruiz P. (2017) y Barriga M. (2018) podemos ver como este proceso inactiva ciertas enzimas y microorganismos prolongando su vida útil. Su ventaja frente a otras tecnologías no térmicas es que altera mínimamente las propiedades nutricionales y organolépticas como pasa con las tecnologías térmicas, por lo que este método consigue seguridad alimentaria conservando la frescura de alimentos mínimamente procesados sin la necesidad de utilizar conservadores químicos además de tener un gran poder germinicida, las APH inactivan virus y esporas de bacterias, en especial las Gram negativas al ser más sensibles a este tratamiento.

Las ventajas de su aplicación en productos cárnicos, mariscos, lácteos y quesos ha mostrado no producir cambios en sus cualidades organolépticas, en cambio en productos como hortalizas mínimamente procesadas se ha observado que afecta su estructura con la ruptura de tejidos vegetales causando pérdida de la firmeza de estos alimentos, por ello en estudios revisados en el trabajo de Sánchez-Moreno nos muestra que la aplicación de APH en distintas hortalizas es necesario combinarlo con otras tecnologías para evitar efectos indeseables aunque es un proceso costoso, así lo menciona Ruiz P. (2016) en su investigación por lo que no es conveniente para la industria.

En el estudio realizado por Sánchez-Moreno se menciona que el tratamiento con luz ultravioleta era empleado principalmente para la higienización del agua y del aire gracias a su poder germinicida la luz UV elimina microorganismos modificando su ADN de manera eficaz a 400 mJ/m², las ventajas que observamos del uso de la luz ultravioleta es su eficacia en la desinfección de sólidos y líquidos, su uso es amplio al poder aplicarlo también en los mecanismos para el procesamiento de los alimentos como en cintas transportadoras y también se puede aplicar en los envases por otro lado, la desventaja con el uso de este método en alimentos mínimamente procesados es el cambio en el color del producto, como lo menciona tal en su investigación, el uso de radiación con lámparas UVC produjo pardeamiento de las lechugas y esto afecta la calidad del producto.

Por otro lado, la aplicación adecuada del ozono es una alternativa de tratamiento importante, no solo en la inactivación de microorganismos, sino también en la postcosecha. Mayra Bataller-Venta y colaboradores (2010) mencionan que la aplicación del ozono tiene perspectivas importantes en la postcosecha de frutas y hortalizas, tanto cuando van a ser consumidas frescas, almacenadas por razones de control del mercado o procesadas en la industria. La aplicación de ozono bajo concentraciones relativamente bajas y tiempos de tratamiento cortos permite la inactivación de microorganismos, garantiza la calidad del producto agrícola e incrementa su resistencia al deterioro. Además, el efecto germicida del ozono es incrementado cuando aumenta la humedad relativa, el tiempo de contacto y la concentración de ozono, de tal manera que recomiendan realizar un estudio y análisis detallado del sistema de gestión del producto para lograr un mayor impacto y factibilidad del tratamiento.

CONCLUSIÓN

Con los avances tecnológicos, la innovación en la conservación de alimentos ha evolucionado. Los estudios para disminuir los efectos negativos de la conservación han dado como fruto la creación de tecnologías no térmicas para lograr este objetivo, con esta investigación podemos concluir que las nuevas tecnologías tienen múltiples beneficios, sin embargo, los mejores métodos de control bacteriano son el calentamiento óhmico, las altas presiones hidrostáticas, pulsos eléctricos, plasma frío y el ozono por su alta capacidad para inactivar microorganismos. Por otro lado, se ha encontrado que los procesos que arrojan mejores resultados en cuanto a la conservación de las cualidades organolépticas son el ultrasonido, los pulsos eléctricos y el calentamiento óhmico. En cuanto a la conservación del valor nutrimental de los alimentos los procesos que arrojan mejores resultados son el calentamiento óhmico, recubrimientos, pulsos eléctricos y el ultrasonido.

Es importante recalcar que aún no se comprende del todo los efectos que provocan estas nuevas tecnologías en las características de los alimentos ya que como se observó en la investigación, la variación de resultados es amplia dependiendo el tiempo de aplicación de cada método y de la potencia con la cual se aplique por lo que es necesario realizar más investigaciones.

Teniendo en cuenta la información disponible sería apropiado considerar la combinación de tecnologías no térmicas con las tradicionales como la desinfección para obtener un mejor resultado, así se podría obtener lo mejor de ambas prolongando la vida útil de los alimentos conservando sus cualidades organolépticas y nutricionales.

PROPUESTAS

Las tecnologías de conservación de alimentos se encuentran en constante cambio y evolución, sin embargo, hay información fundamental de los métodos tradicionales y puntos clave para las nuevas tecnologías que no cambian. Se recomienda incluir esta investigación como parte del módulo para ampliar la bibliografía en cuanto a las innovaciones tecnológicas en la conservación de alimentos, además de las bibliografías consultadas, en especial las siguientes guías:

- Oblitas, J., (2017). Tecnologías emergentes en la preservación de alimentos - Revisión. *Caxamarca* [en línea]. **16**(2), 151–161.
- Parzanese, M., (sin fecha). Tecnologías para la industria alimentaria, Ultrasonidos [en línea]. *Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca Argentina*.
- Salvatierra Ivana (2019). Manual Conservación de Alimentos. Escuela Hostelería, Turismo y Gastronomía, Vicerrectoría Academia. INCAP., versión 2, pp: 5-9, 55-66.

- Sánchez-Moreno, C., Gonzales-Pena, D., Colina-Coca, C. y Ancos, B., (2018). Métodos físicos no tradicionales de control microbiológico aplicables al proceso de elaboración de hortalizas de IV Gama. *Agrociencia Uruguay* [en línea]. **22**(1).
- Valenzuela, A. y Valenzuela, R., (2015). La innovación en la industria de alimentos: Historia de algunas innovaciones y de sus innovadores. *Rev Chil Nutr* [en línea]. **42**(4), 404–407. [Consultado el 8 de julio de 2021].

BIBLIOGRAFÍA

- Ancos, B., González-Peña, D., Colina-Coca, C. y Sánchez-Moreno, C., (2015). Uso De Películas/Recubrimientos Comestibles en los productos de IV y V gama. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* [en línea]. **16**(1), 8–17. [Consultado el 10 de julio de 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/813/81339864002.pdf>.
- Bagheri, H. y Abbaszadeh, S., (2020). Effect of Cold Plasma on Quality Retention of Fresh-Cut Produce [en línea]. *Publishing Open Access research journals & papers | Hindawi*. [Consultado el 6 de julio de 2021]. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/ijfq/2020/8866369/>
- Barriga, M. J., (2018). *Aplicaciones de altas presiones hidrostáticas para mejorar la seguridad alimentaria y prolongar la vida útil de platos preparados listos para consumir*. Trabajo práctico, Instituto Tecnológico Agroalimentario de Extremadura. [Consultado el 25 de junio de 2021]. Disponible en: https://saludextremadura.ses.es/escuelasalud/files/cms/web/uploaded_files/Trabajos_DSP_2018/Barriga_Rubio_Maria_Jesus.pdf
- Bataller-Venta, M., Cruz-Broche, S. y García-Pérez, M., (2010). El ozono: una alternativa sustentable en el tratamiento poscosecha de frutas y hortalizas. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas* [en línea]. **41**(3), 155–164. [Consultado el 15 de julio de 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181220593001.pdf>
- Cerón-Carrillo, T., Palou, E. y López-Malo, A., (2010). *Temas selectos de ingeniería de alimentos 4* [en línea]. Sta. Catarina Mártir, Cholula, Puebla.: Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental. Universidad de las Américas. [Consultado el 19 de julio de 2021]. Disponible en: [https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No4-Vol-1/TsIA-4\(1\)-Ceron-Carrillo-et-al-2010.pdf](https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No4-Vol-1/TsIA-4(1)-Ceron-Carrillo-et-al-2010.pdf)

- De la Vega, J.C., Cañarejo, M. y Pinto N. (2017) “Avances en Tecnología de Atmosferas Controladas y sus Aplicaciones en la Industria. Una Revisión”, *Información Tecnológica* 28(3), pp. 75-86.
- Fernández, D., Bautista, S., Fernández-Valdés, D., Ocampo, A., García, A. y Falcón, A., (2015). Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* [en línea]. 24(3), 52–57. [Consultado el 24 de julio de 2021]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v24n3/rcta08315.pdf>
- Gallo, M., Ferrara, L. y Naviglio, D., (2018). Application of Ultrasound in Food Science and Technology: A Perspective. *Foods* [en línea]. 7(10), 164. [Consultado el 15 de julio de 2021]. Disponible en: doi: 10.3390/foods7100164
- Granados-Conde, C. et al. (2019) “Deshidratación osmótica método alternativo de conservación de alimentos”, *@Limentech Ciencia y Tecnología Alimentaria* 17(2), pp. 101-114.
- Domínguez, L. y Parzanese, M., (sin fecha). Luz ultravioleta en la conservación de alimentos - Alimentos Argentinos [en línea]. *Alimentos Argentinos*. [Consultado el 10 de julio de 2022]. Disponible en: <http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Publicaciones/revistas/nota.php?id=513>
- Millán, D., Romero, L., Brito, M. y Ramos-Villaruel, A., (2015). Luz ultravioleta: inactivación microbiana en frutas [en línea]. *SciELO - Scientific Electronic Library Online*. [Consultado el 10 de julio de 2022]. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01622015000300011&lng=es.
- Niedźwiedz, I., Juzwa, W., Skrzypiec, K., Skrzypek, T., Waśko, A., Kwiatkowski, M., Pawłat, J. y Polak-Berecka, M., (2020). Morphological and physiological changes in *Lentilactobacillus hilgardii* cells after cold plasma treatment. *Scientific Reports* [en línea]. 10(1). [Consultado el 13 de agosto de 2021]. Disponible en: doi: 10.1038/s41598-020-76053-x
- Oblitas, J., (2017). Tecnologías emergentes en la preservación de alimentos - Revisión. *Caxamarca* [en línea]. 16(2), 151–161. [Consultado el 2 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://revistas.unc.edu.pe/index.php/Caxamarca/article/view/26>
- Olea, J., (2015). Efecto del calentamiento óhmico sobre el contenido de metales (Ca, Fe y Zn) y el recuento bacteriano en navajuelas (*Tagelus dombeii*). *Facultad de ciencias agrarias. Escuela de ingeniería en*

alimentos. [en línea]. 1–44. [Consultado el 10 de agosto de 2022]. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2015/fao.45e/doc/fao.45e.pdf>

- Pankaj, S. K., Zifan-Wan y Keener, K. M., (2018). Effects of Cold Plasma on Food Quality: A Review. *Foods* [en línea]. **7**(1), 4. [Consultado el 13 de agosto de 2021]. Disponible en: doi: 10.3390/foods7010004
- Parzanese, M., (sin fecha). Tecnologías para la industria alimentaria, Ultrasonidos [en línea]. *Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca Argentina*. [Consultado el 1 de junio de 2022]. Disponible en: <http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Publicaciones/revistas/nota.php?id=223>
- Piqueras, M., (sin fecha). *Actualización en higiene alimentaria, manipulación, toxiinfecciones alimentarias y etiquetado de alimentos* [en línea]. Editorial área de innovación y desarrollo, S.L. [Consultado el 5 de julio de 2022]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=660538>
- Pradas Baena, I. y Moreno Rojas, J.M. (2016) Aplicación de Altas Presiones Hidrostáticas en la Industria Alimentaria. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Córdoba, pp. 1-18. Disponible en: <https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa/registro-servifapa/e73772df-c03a-4e56-84a8-a8ce3143a8b2/download>
- Prósper, J., (2020). Intensificación de procesos de inactivación microbiana y enzimática en el sector agroalimentario mediante aplicación de campos eléctricos moderados. *Trabajo fin de máster universitario en gestión de la seguridad y calidad alimentaria. Universitat politècnica de València*. [en línea]. 1–27. [Consultado el 19 de julio de 2022]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/157862>
- Ruiz, P., (2017). *Conservación de alimentos por altas presiones hidrostáticas*. Trabajo de fin de grado, Universidad Complutense. [Consultado el 1 de julio de 2022]. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/56573/1/PATRICIA%20RUIZ%20ESCOLANTE.pdf>
- Salvatierra Ivana (2019). Manual Conservación de Alimentos. Escuela Hostelería, Turismo y Gastronomía, Vicerrectoría Academia. INCAP., versión 2, pp: 5-9, 55-66. Recuperado de: [http://www.inacap.cl/web/material-apoyo-cedem/profesor/Gastronomia/Manuales/Manual Conservacion de Alimentos.pdf](http://www.inacap.cl/web/material-apoyo-cedem/profesor/Gastronomia/Manuales/Manual%20Conservacion%20de%20Alimentos.pdf)

- Sánchez-Moreno, C., Gonzales-Pena, D., Colina-Coca, C. y Ancos, B., (2018). Métodos físicos no tradicionales de control microbiológico aplicables al proceso de elaboración de hortalizas de IV Gama. *Agrociencia Uruguay* [en línea]. **22**(1). [Consultado el 23 de junio de 2021]. Disponible en: doi: 10.31285/agro.22.1.3
- Serrano G. (2020) Aplicación de campos eléctricos moderados (MEF) y pulsos eléctricos de alta intensidad (PEF) en la deshidratación de alimentos., Universidad Politécnica De Valencia Escuela Técnica Superior De Ingeniería Agronómica Y Del Medio Natural Valencia, Grado En Ciencia Y Tecnología De Los Alimentos Curso 2019-2020
- Urbano, M., (2018). Efecto del ozono sobre la calidad postcosecha de moras de Castilla (*Rubus glaucus* Benth). *Maestría en tecnología de alimentos. Facultad de ciencia e ingeniería en alimentos. Universidad Técnica de Ambato*. [en línea]. 1–74. [Consultado el 9 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/28228>
- Valenzuela, A. y Valenzuela, R., (2015). La innovación en la industria de alimentos: Historia de algunas innovaciones y de sus innovadores. *Rev Chil Nutr* [en línea]. **42**(4), 404–407. [Consultado el 8 de julio de 2021]. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/rchnut/v42n4/art13.pdf>