



Alimentos mínimamente procesados de origen vegetal y Bioconservación

Alejandro De Jesús Cortés-Sánchez*; J. Jesús Recillas-Mota

Secretaría de Salud. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. Departamento de microbiología, inmunoquímica y biología molecular.

Calzada de Tlalpan, 4492. Col. Toriello Guerra, México D.F. México.

*Autor de correspondencia. alecortes_1@hotmail.com

Recibido: 07/07/2015

Aceptado: 11/08/2015

RESUMEN

Actualmente existe una tendencia mundial hacia un mayor consumo de alimentos frescos los que presenten una menor proporción de aditivos químicos, inocuos, sensorialmente aceptables y de valor nutricional elevado; para dar solución a esto han surgido tecnologías en la producción de este tipo de alimentos denominándoseles alimentos mínimamente procesados. Sin embargo el consumo de alimentos frescos o mínimamente procesados con lleva un riesgo a la salud por su vulnerabilidad a contaminaciones microbiológicas que presenten constituyendo un riesgo a la salud al provocar enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) debido a su consumo por parte de los consumidores sin haber sido sometido a ningún tipo de procesamiento térmico. Esta investigación se enfoca en presentar de manera somera el origen y naturaleza de los alimentos mínimamente procesados, el concepto de bioconservación, y su aplicación en este tipo de alimentos mediante diferentes estudios que involucran el uso de metabolitos inhibidores de microorganismos patógenos en los alimentos de origen vegetal mínimamente procesados como es el caso de las bacteriocinas generadas por BAL; esto como alternativas tecnológicas de conservación e inocuidad alimentaria con la finalidad de generar acciones que permitan la prevención de brotes de enfermedades de transmisión alimentaria.

Palabras claves: Remesas, Rural, Migración

ABSTRACT

There is currently a worldwide trend towards greater consumption of fresh foods with a lower proportion of chemical additives, safe, sensorially acceptable and of high nutritional value; technologies have emerged in the production of this type of food called minimally processed foods. However, the consumption of fresh or minimally processed foods poses a health risk because of their vulnerability to microbiological contaminants that present a health risk by causing foodborne diseases (ETS) due to their consumption by consumers without having undergone any type of thermal processing. The present document focuses on a brief presentation of the origin and nature of minimally processed foods, the concept of bioconservation, and its application in this type of food through different studies involving the use of inhibitory metabolites of pathogenic microorganisms in minimally processed foods of plant origin such as BAL-generated bacteriocins; this as technological alternatives of conservation and food safety with the purpose of generating actions that allow the prevention of outbreaks of foodborne diseases.

Key words: Bacteriocins, bioconservation minimally processed food.



INTRODUCCIÓN

1.1. Alimentos mínimamente procesados

En los últimos años existe una tendencia mundial hacia un mayor consumo de alimentos con menor proporción de aditivos químicos, inocuos, sensorialmente aceptables, valor nutricional elevado y que sean una opción en la prevención de diversas enfermedades (De la Fuente y Barboza, 2010; Rodriguez, 2011). Algunos de estos alimentos son las frutas y hortalizas frescos cortados, debido principalmente por un interés en la población de adquirir una dieta más equilibrada, que involucre una menor proporción de carbohidratos, grasas y aceites y una mayor proporción de fibra dietaria, vitaminas y minerales. Esto en parte debido a menores requerimientos calóricos de la vida moderna (mayor confort y sedentarismo) además de que se ha asociado el consumo de conservadores químicos con intoxicaciones, cáncer y otras enfermedades degenerativas. Ocasionalmente de esta manera una tendencia a consumir cada vez más productos alimenticios frescos y sanos, y lo más parecido a su forma original; además de que se ha generado la tendencia en la industria productora de alimentos de esta naturaleza en aumentar la inversión en investigación y desarrollo en cuestiones relativas a la oferta de productos crudos y frescos, tecnologías de envasado, procesamiento, equipos y refrigeración (Ragaert et al., 2011; Rodriguez, 2011).

Las frutas y hortalizas frescas son consideradas fuente de vitaminas, minerales y fibra que se traducen en salud para el consumidor (Ramos et al., 2013). Sin embargo su consumo en algunos países de Latinoamérica el consumo de vegetales equivale a la mitad de lo estipulado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 400 g/día/persona. Esto debido a tiempos prolongados en operaciones de preparación y cocción. Una alternativa a este problema ha sido el desarrollo de los alimentos y en específico de los vegetales mínimamente procesados. Estos productos presentan características sensoriales y nutricionales parecidas a las frutas y hortalizas frescas pero con mayor facilidad de ser utilizadas por el consumidor. El mínimo procesamiento de estos alimentos radica en no someterlos a procesos de tratamiento térmico sino a operaciones de: clasificación, lavado, cortado, pelado, reducción de tamaño, desinfección, envasado entre otras, permitiendo así su comercialización como productos de consumo directo o destinados a preparaciones rápidas (Parzanese, et al., 2011; Ramos et al., 2013).

Los vegetales mínimamente procesados presentan además de componentes nutricionales múltiples compuestos (fitoquímicos-antioxidantes) que representan en la dieta humana beneficios para la salud. En países como Canadá, EE.UU, Nueva Zelanda y en la Unión Europea se ha prestado un interés en el consumo de frutas y hortalizas, recomendando una mayor ingesta al día. Esto ha ocasionado modificaciones en el consumo alimenticio generando una mayor demanda de este tipo de productos, debido a que estos facilitan la preparación de comidas saludables y agradables, con reducción de tiempo y en la producción de residuos, ya que el consumidor adquiere sólo la porción comestible del producto. El aumento en el consumo de vegetales mínimamente procesados o denominados comercialmente de la IV gama ha llevado a la aparición de nuevas presentaciones (mezclas de hortalizas cortadas o frutas mínimamente procesadas), en las cuales el enfoque es complementar nutrientes como vitaminas, minerales y antioxidantes los cuales son aportados por los diferentes vegetales (Artés-Calero et al., 2009; Escobar et al., 2014). Sin embargo de la misma manera que la demanda de alimentos mínimamente procesados (frutas y hortalizas frescas) se ha incrementado, los problemas de salud por parte de los comensales ha ido en aumento debido a la proliferación de microorganismos, ocasionada por las mayores posibilidades y susceptibilidad de contaminación a la que los frutos y otros vegetales frescos están expuestos por interacción con el agua y diversos factores del medio ambiente provocando así enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) producidas por virus, parásitos o bacterias cuando su consumo se realiza sin que los alimentos hayan sido sometidos a alguna clase de procesamiento térmico (Díaz-Sobac y Vernon-Carter, 1999; Ortiz et al., 2014)

Un alimento puede estar expuesto a diversos peligros y consecuentemente perder inocuidad por diversos agentes físicos, químicos o microbiológicos (patógenos de fuentes animales, humanos o ambientales), durante sus diferentes etapas de producción, transporte, almacenamiento o inclusive el consumo los cuales potencialmente pueden provocar un daño en la salud del consumidor (De la Fuente y Barboza, 2010; Ramos et al., 2013).



Las frutas y verduras cultivadas por métodos agrícolas convencionales están expuestas a la contaminación microbiológica y de propagar enfermedades transmitidas por alimentos en relación con su consumo, el cual es ampliamente documentado alrededor del mundo (Goodburn y Wallace, 2013).

Las frutas y vegetales frescos presentan una gran diversidad de microorganismos donde su presencia y número depende del tipo de producto, prácticas agrícolas, zona geográfica, condiciones climáticas antes de la cosecha, posteriores a la cosecha, transporte, manipulación y procesado. Las bacterias gram negativas es la microflora más abundante asociada a los vegetales mientras que levaduras y hongos son a menudo la mayor población en frutas crudas (Ramos et al., 2013).

El aspecto microbiológico en el procesado mínimo industrial en fresco, la fase que permite reducir una contaminación microbiológica inicial es la que involucra operaciones de lavado-desinfección. Sin embargo, la existencia de riesgos a la salud debido a la formación de subproductos potencialmente cancerígenos de algunos desinfectantes (cloro) tras su reacción con la materia orgánica, la eficacia limitada en algunos productos y rango de pH así como a la contaminación medioambiental que se genera, se pone en tela de juicio su uso a nivel global (Gimenez et al., 2007; Artés-Calero et al., 2009). Por ello, se están desarrollando diversas técnicas alternativas, emergentes y sostenibles, para prolongar la calidad de los productos mínimamente procesados durante más tiempo; las cuales pueden ser aplicadas en varios pasos de la cadena productiva como son: selección de variedades idóneas y métodos de cultivo menos agresivos, preparación y acondicionamiento del producto, nuevos agentes desinfectantes en la etapa de lavado, tratamientos antimicrobianos previos o durante el envasado (Artés-Calero et al., 2009). Sin embargo, aun con el desarrollo de tecnologías para obtener alimentos más seguros, se mantienen los riesgos microbiológicos que pueden dar lugar a ETA y las cuales son una de las razones por lo que productores siguen en la búsqueda de alternativas de conservación que aseguren alimentos inocuos así como una calidad nutricional y sensorial (De la Fuente y Barboza, 2010; Ortiz et al., 2014). Una alternativa que se ha ido desarrollando es la bioconservación la cual se define como el tratamiento de conservación no térmico para el aumento de la vida de anaquel y seguridad de un alimento a través del uso de la microbiota natural, controlada y/o sus compuestos antimicrobianos en donde se incluyen técnicas para la generación de alimentos mínimamente procesados y sin aditivos para obtener alimentos más seguros. La bioconservación es considerada una opción de enfoque ambiental que puede permitir la seguridad y extensión de la vida de anaquel de los alimentos contribuyendo así a la inocuidad de los alimentos mediante la reducción de microorganismos disminuyendo las enfermedades transmitidas por alimentos y contribuyendo a la salud pública (De la Fuente y Barboza, 2010; García et al., 2010; Ortiz et al., 2014).

1.2. Bacteriocinas

Como resultado de los diversos problemas de salud causados por el uso de aditivos químicos alimentarios de origen sintético y los beneficios que aportan los alimentos “naturales” y “tradicionales”. La industria de los alimentos presenta diferentes retos los cuales involucran la demanda de productos alimenticios sin conservadores químicos, inocuos (libres de microorganismos patógenos) y de larga vida en anaquel. Por tal razón, las bacteriocinas son consideradas una opción potencial e interesante en la solución a estos desafíos (Rojas y Vargas, 2008; Mondragón et al., 2013). Las bacteriocinas son metabolitos primarios o secundarios de naturaleza péptica con actividad antimicrobiana producidos por síntesis ribosomal y segregadas por diferentes bacterias (Tabla 1), algunas de ellas probióticas como las ácido lácticas (BAL) inhibiendo el crecimiento de otros microorganismos competidores. Estas sustancias regularmente actúan frente a bacterias estrechamente relacionadas. Sin embargo estudios recientes afirman que también pueden tener efectos frente a otras especies bacterianas, hongos y algunos parásitos (Monroy et al., 2009; Peralta et al., 2009; Mondragón et al., 2013).

Por otra parte los microorganismos generadores de bacteriocinas presentan un mecanismo de autoprotección a la toxicidad de estos compuestos mediante la expresión de una proteína de inmunidad específica codificada normalmente en el mismo operón de la bacteriocina, todo esto regulado por un sistema de transducción de señal de tres componentes de esta manera puede seguir reproduciéndose y liberando antimicrobianos en el medio de crecimiento (alimento), dándole estabilidad al producto y periodos prolongados de vida de anaquel (Rojas y Vargas, 2008).



1.3. BAL y bacteriocinas

Las bacterias ácido-lácticas son microorganismos Gram-positivos, de morfología bacilar o cocoide, no esporulados, inmóviles, microaerofílicos o anaerobios facultativos, carecen de citocromos y catalasa, poseen un contenido de guanina y citosina (G+C) inferior a 55 mol% en su ADN y producen ácido láctico como producto mayoritario de la fermentación de carbohidratos, se clasifican acorde a la fermentación de la lactosa en 1.-homofermentativas utilizando la vía Embden-Meyerhoff-Parnas (producción únicamente de ácido láctico) y 2.-heterofermentativas (producen ácido láctico y otras sustancias) a través de la vía de las hexosas monofosfato o de las pentosas y acorde a la temperatura de crecimiento en mesófilos y termófilos. Las BAL (Tabla 2) comprenden microorganismos de diferentes géneros algunos importantes desde el punto de vista práctico en tecnología de los alimentos como: *Aerococcus*, *Alloiococcus*, *Carnobacterium*, *Dolosigranulum*, *Enterococcus*, *Globicatella*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Lactosphaera*, *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus* y *Weissella* (Monroy et al., 2009; Parra-Huertas, 2010; Ghanbari and Mansooreh, 2013).

Se les puede localizar en diversos alimentos como son: la leche y productos lácteos, cárnicos y vegetales fermentados, frutas y hortalizas frescas, ensilados, pescado y derivados de la pesca. Además, de que algunas bacterias lácticas son habitantes normales del tracto gastrointestinal y mucosas del hombre y animales (Monroy et al., 2009).

Tabla 1. Bacterias productoras de bacteriocinas (Dolz, 2008; Monroy et al., 2009; Agudelo, 2013; Saeed, 2014)

Microorganismo	Bacteriocina
<i>Lactococcus lactis subsp lactis</i>	Nisina
<i>Pediococcus acidilactici</i>	Pediocina PA-1
<i>Lactobacillus plantarum</i> WHE92	
<i>Lactobacillus plantarum</i> C11	Plantaricina E/F
<i>Lactobacillus sake</i> 706	Sakacina A
<i>Lb. sake</i> LB 706	
<i>L. sakei</i> L45	Lactocina S
<i>L. brevis</i> SB27	Brevicina 27
<i>L. johnsonii</i>	Lactacina
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	Mesentericina Y105
<i>Lactobacillus helveticus</i>	Helveticina
<i>Carnobacterium divergens</i> LV13	Divergicina
<i>L. curvatus</i> LTH1174	Curvacina A
<i>E. faecium</i> P13	Enterocina P



Tabla 2. Bacterias ácido lácticas (BAL), probióticas utilizadas para el consumo humano (González-Martínez et al., 2003; Dolz, 2008; Ramirez et al., 2011)

Microorganismo	
<i>L. acidophilus</i>	<i>Lactococcus lactis spp lactis</i>
<i>L. plantarum</i>	<i>Lactococcus lactis spp. cremoris</i>
<i>L. casei</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>
<i>L. casei spp rhamnosus</i>	<i>Enterococcus faecium</i>
<i>L.delbrueckii spp bulgaricus</i>	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>
<i>L. fermentum</i>	<i>Pediococcus acidilactici</i>
<i>L. reuteri</i>	<i>Bifidobacterium bifidum</i>
<i>Bifidobacterium longum</i>	<i>Bifidobacterium infantis</i>

Estos microorganismos son considerados de importancia comercial e industrial pues son aplicadas para conservar y mejorar las propiedades nutricionales y sensoriales de los alimentos (sabor, aroma, textura etc.), favorecer a la digestión del consumidor, y aumentar la vida útil de los productos alimenticios; lo anterior al ser capaces de sintetizar una amplia gama de metabolitos antimicrobianos, tales como: ácidos orgánicos (propionico, cítrico, láctico), peróxido de hidrógeno, di acetilo y bacteriocinas (Parra-Huertas, 2010; Palomino y Tomé, 2012; Ramos et al., 2013; Villa et al., 2014). Las bacteriocinas producidas por las bacterias lácticas han presentado un mayor interés ya que estos microorganismos son considerados seguros para la salud, debido a que tanto ellas como sus metabolitos han sido consumidos en alimentos fermentados sin que hubiera efectos adversos en la población. Por lo que las bacteriocinas producidas pueden servir como barreras antimicrobianas y ayudar a reducir los niveles de microorganismos patógenos productores de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) como: *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum*, *E. coli* y *Salmonella ssp*. Generando beneficios además en la inocuidad de los alimentos y por ende en la salud pública. Un ejemplo de estos compuestos es la nisina bacteriocina que tiene un largo historial de estudios y de uso seguro en alimentación (Monroy et al., 2009; Mondragón et al., 2013; Villa et al., 2014).

De manera general las bacteriocinas presentan su efecto antimicrobiano al actuar sobre la membrana de las células, desestabilizando y permeabilizando mediante la formación de canales o poros iónicos, que causan la disipación o reducción de la fuerza motriz de la célula dando salida a compuestos como aminoácidos, ATP, fosfato, y potasio disminuyendo la síntesis de macromoléculas y finalmente la muerte celular (Rojas y Vargas, 2008; Mondragón et al., 2013). La actividad antimicrobiana por parte de las bacteriocinas aumenta en la fase logarítmica temprana y fase estacionaria por lo que a la hora de aplicarlas a un alimento a partir de un cultivo iniciador o para su purificación, es importante considerar que las etapas de velocidad máxima de producción es la fase log, junto con el aumento de la efectividad de acción contra microorganismos patógenos o de aquellos causantes del deterioro de los alimentos (Rojas y Vargas, 2008).

La clasificación de estos compuestos antimicrobianos usualmente es acorde a varios criterios los cuales van desde sus características bioquímicas hasta las genéticas como puede ser la familia bacteriana productora, peso molecular y secuencia de aminoácidos constituyentes u organización de conjuntos de genes (Ghanbari y Mansooreh, 2013). Agrupándose en varias clases:

Clase I: Lantibioticos: Son péptidos termolábiles pequeños (<5 KDa) activos a nivel de membrana y con presencia de aminoácidos poco comunes como lantionina, β-metil-lantionina y di hidroalanina que se forman debido a modificaciones post traducción.



Clase Ia: Péptidos elongados, flexibles, catiónicos y anfipáticos que actúan a nivel de membrana y que engloban a los lantibióticos de un solo péptido de masa molecular variable entre 2-4 kDa.

La nisina pertenece a esta clase la cual es un péptido de 34 aminoácidos, estable a condiciones ácidas de peso molecular menor a 5 kDa, la solubilidad de esta aumenta con la temperatura y al reducir el pH. Su síntesis es compleja, requiere de procesos de transcripción, traducción, modificaciones postraduccionales, secreción, procesamiento, y señales de transducción. Existen dos variantes la: nisina A y la nisina Z, que difieren solamente en el aminoácido de la posición 27, la histidina en la nisina A cambia por asparagina en la nisina Z. Es usada como conservador de Alimentos y la única reconocida por la FDA con la categoría GRAS (Generally Recognized As Safe).

Clase Ib: Péptidos globulares e hidrófobos que actúan como inhibidores enzimáticos de reacciones vitales en las bacterias su masa molecular es de 2-3 kDa y pueden tener carga negativa.

Clase II: No lantibióticos.- Péptidos pequeños (<10 kDa) lineales y sin modificaciones postraduccionales, termoestables, anfífilos que actúan a nivel de la membrana plasmática. El representante más característico de este grupo es la pediocina PA-1.

Clase IIa: Son péptidos activos contra Listeria, tienen la secuencia consenso en la región N-terminal TGNGVXC (Tyr-Gly-Asn-Gly-Val-Xaa-Cys) ejemplos de éstas son pediocina PA-1 y sakacina P.

Clase IIb: Formadores de complejos, requieren de dos péptidos para una mejor actividad antimicrobiana y dar paso a la formación de poros, miembros de este grupo son lactococcina G, plantaricinas EF y JK, Lactacin F.

Clase IIc: Pequeños péptidos, termoestables, no modificados y transportados a través de péptidos líder. Ejemplos de éstas son divergicina A y acidocina B.

Clase III: De alto peso molecular (>30 kDa) y termolábiles. Las bacteriocinas más conocidas de esta clase son helveticina J, V, acidofilicina A y lactacinas A y B (Del Pulgar, 2006; Monroy et al., 2009; Mondragón et al., 2013).

Clase IV: Bacteriocinas complejas. Son péptidos con una fracción proteica y una o más de naturaleza lipídicas o glucídicas necesarias para su actividad biológica; se consideran como glicoproteínas (lactocina S) o como lipoproteínas (mesenterocina 52) (Monroy et al., 2009; Mondragón et al., 2013).

Clase V: Bacteriocinas de estructura circular y no modificadas postraduccionalmente. A esta clase pertenecen la enterocina AS-48 y la gaseicina A (Monroy et al., 2009).

1.4. Casos de aplicación de las bacteriocinas como ingredientes de bioconservación en alimentos vegetales mínimamente procesados

La aceptación y demanda de alimentos mínimamente procesados y en especial por vegetales como frutas y hortalizas frescas (no sean sometidos a tratamientos severos o contengan productos químicos tóxicos para la salud) ha aumentado el consumo de productos crudos sin embargo de manera paralela, esto ha ocasionado un incremento en el número de casos de toxiinfecciones alimentarias. De manera específica, los microorganismos patógenos y psicrotrofos alterantes es la razón de interés debido a que poseen mecanismos que les permiten crecer a temperaturas de refrigeración, involucradas en operaciones de conservación de este tipo de productos con el motivo de alargar su vida útil. Para lo anterior el uso de bacterias ácido lácticas y/o metabolitos antimicrobianos (bacteriocinas) como conservadores naturales en productos hortofrutícolas, ya ha sido mencionada por su aplicación potencial en la producción de alimentos (Allende et al., 2004).



La actividad y uso de las bacteriocinas en productos alimenticios es fuertemente influenciada por múltiples factores tales como: la composición del alimento, interacción con componentes, sensibilidad a proteasas, solubilidad, estabilidad a pH y temperatura, por lo tanto es vital identificar la bacteriocina que realmente puede ejercer un efecto antimicrobiano y preservante en el alimento (Del Pulgar, 2006; Rojas y Vargas, 2008). Además para que una bacteriocina pueda ser usada en la conservación de alimentos debe presentar las siguientes características: la cepa productora debe tener el estatus de GRAS, debe tener amplio espectro de inhibición o especificidad a patógenos en alimentos, ser estable al calor y pH, sin riesgo a la salud, no afectar la calidad nutricional y propiedades organolépticas en alimentos (Del Pulgar, 2006).

Existen diferentes maneras de aplicar las bacteriocinas como conservadores de alimentos las cuales consisten en 1.-Inoculación del alimento con la bacteria láctica, productora (in situ). 2.-Uso de un medio previamente fermentado con una cepa bacteriocinogénica como ingrediente alimentario (ex situ) y 3.-incorporación de la bacteriocina purificada o semipurificada (ex situ) (Tonarelli y Simonetta, 2013; Agudelo, 2013). La adición directa de bacteriocinas purificadas o semipurificadas es la que ofrece un mejor control para los productos, permite alcanzar una mejor distribución y se evitan los cambios físicos, químicos y organolépticos que resultan de la fermentación pero presenta el inconveniente de tener un alto costo ya que la producción ex situ, no solo requiere de las cepas iniciadoras que corresponden a microorganismos completamente aislados sino además de medios de cultivo y equipos (Agudelo, 2013).

Las tendencias actuales y futuras del empleo de estos péptidos antimicrobianos en tecnologías alimentarias encaminadas a eliminar o reducir riesgos a la salud y la mejorar la conservación de alimentos, es la de aplicar estrategias tales como: 1.-*Combinación de bacteriocinas, se ha observado que una combinación de algunas bacteriocinas presentan una actividad más intensa o se ha demostrado el efecto sinérgico de diversas combinaciones de bacteriocinas que pertenecen a distintas clases.* 2.-*Ingeniería proteica y síntesis química a partir de las cuales es posible producir y/o introducir modificaciones en estructura molecular de bacteriocinas, permitiendo la posibilidad de producir variantes con una mayor actividad biológica espectro de inhibición o estabilidad y/o solubilidad.* 3.-*Producción heteróloga la cual consiste en la producción de bacteriocinas de interés tecnológico, por parte de bacterias lácticas no bacteriocinogénicas pero bien adaptadas al alimento en el que se desea aplicar.* Para este contexto se han desarrollado cepas de Lactococos capaces de producir heterológamente nisina A y pediocina PA-1 así como cepas de levaduras productoras de pediocina PA-1 (Tonarelli y Simonetta, 2013).

Las bacteriocinas pueden ser usadas en los alimentos como un concentrado no purificadas, cuya preparación involucra técnicas grado alimenticio. Algunos alimentos en las que se ha estudiado su acción y eficacia en diversos alimentos como son los siguientes.

El puré de patata representa uno de los principales ingredientes en alimentos de conveniencia. El proceso de cocción no inactiva esporas bacterianas resistentes al calor y posteriormente cepas productoras de enfermedades de transmisión alimentaria y formadoras de endosporas del género *Clostridium spp.* y *Bacillus spp.* Las cuales suelen localizarse en los alimentos o productos finales inclusive a temperaturas de almacenamiento a 5°C e inferiores. Por lo que el reportar su inhibición por el uso de bacteriocinas ha sido de gran importancia en el área.

Tal es el caso de la nisina donde la adición de 6.25 µg/g de puré de patata cocinado retardada el crecimiento de *B. subtilis* y *B. cereus* previamente inoculado en producto empacado a 8°C/27 días, así como el crecimiento de *C. sporogenes* y *Clostridium tyrobutyricum* incorporado como esporas en el producto y empacado al vacío mínimo 58 días a 25°C. La nisina permanece a niveles activos después de procesos de pasteurización. Sin embargo el estudio menciona que con el fin de ser eficaz contra abuso de temperatura y en la ampliación de la vida útil de los productos finales, la nisina debe ser bien mezclada con los diversos ingredientes.

El crecimiento bacteriano indeseable en los zumos de frutas y hortalizas durante operaciones de almacenamiento genera su deterioro debido, en particular, a la formación de ropiness y sabores desagradables. En este contexto Grande et al. (2005a) evaluaron la estabilidad y actividad de la enterocina AS-48 en frutas y jugos vegetales como operaciones preliminares de su uso en alimentos. Así la bacteriocina fue concentrada y aplicada siendo 10 veces diluida en jugos, mostrando desde una



completa actividad hasta pérdida significativa de la misma. Bajo condiciones de refrigeración la enterocina en jugos de aguacate, repollo, apio, coliflor, lechuga y frijoles verdes fue estable dentro de las primeras 24 a 48h, mientras que la estabilidad fue mayor mínimo 15 días en jugos frescos y mezclas de manzana, kiwi, naranja, pera, piña frescas.

La estabilidad de la bacteriocina no tuvo cambios para un máximo de 120 días en caso de jugos de frutas comerciales refrigerados de manzana, naranja, piña y durazno donde la inactivación se incrementó con la temperatura; sin embargo a 15°C para el jugo de lechuga la enterocina redujo la cuanta viable de *L. monocytogenes*, *B. cereus* y *S. aureus*. Por otra parte, la pérdida de la actividad de enterocina AS-48 se redujo mediante el incremento de su concentración, la dilución de los jugos o pretratamiento de calor de los jugos. Mencionando los autores que los resultados del estudio indicaron compatibilidad de la bacteriocina con colorantes de grado alimenticio y agentes espesantes, por lo que se sugirió su uso como bioprotector en alimentos. *Alicyclobacillus acidoterrestris* es considerada una bacteria formadora de esporas y un problema en jugos de frutas y bebidas basadas en jugos de frutas no tratadas térmicamente o pasteurizadas.

La adición de nisina (100 AU/mL) evita completamente *A. acidoterrestris* a cualquier temperatura y condiciones de almacenamiento. La presencia de nisina durante el calentamiento decrece la reducción decimal hasta un 40% y su concentración mínima inhibitoria (CMI) para esporas de *A. acidoterrestris* fue de 5 AU/ml at 25°C. Así mismo la enterocina AS-48 presentó efectos contra células vegetativas de *A. acidoterrestris* DSMZ 2498 a una concentración de 2.5 µg/mL en jugo natural de naranja y manzana incubados a 37°C, donde el crecimiento no fue detectado en ambos jugos hasta los 15 días de observación (Settanni y Corsetti, 2008).

De manera similar Burgos et al., 2007 analizó la actividad de la enterocina AS-48 producida por *E. faecalis* contra *Alicyclobacillus acidoterrestris*. Reportando que en zumos naturales de naranja y manzana incubados a 37°C, las células de *A. acidoterrestris* DSMZ 2498 eran inactivadas con una concentración de enterocina de 2.5 µg/mL hasta los 14 días. Mientras que en zumos comerciales de frutas a una concentración de 2.5 µg/mL e inoculados con células vegetativas de *A. acidoterrestris*, incubados a 37°C, los recuentos estuvieron debajo del límite de detección hasta los 60 días (zumos de manzana, melocotón y uva) y de 90 días (naranja y piña). En los cinco clases de zumos comerciales de frutas ensayados no se encontraron células de *A. acidoterrestris* en los 90 días de incubación a 15 y 5°C con una concentración de bacteriocina de 2.5 µg/mL. Reportando además que Las células vegetativas y endosporas de *A. acidoterrestris* tratadas mostraban serias alteraciones en su ultra estructura con respecto a los controles.

Mondal y Aruna, 2014 estudiaron la actividad antibacteriana de bacteriocinas producidas por *Lactobacillus casei* y *Streptococcus spp* aisladas de masas fermentadas contra cepas patógenas (*Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, y *Klebsiella spp.*) encontrando un efecto positivo a pH ácido así mismo se determinó el efecto biopreservante en alimentos como los jugos de manzana y agua de coco para el control de la flora nativa a concentraciones de 25 µL, 50 µL y 100 µL en jugo de manzana y 200 µL y 400 µL en agua de coco. Concluyendo que estas bacteriocinas constituyen una potencial opción para prolongar la vida de anaquel y seguridad microbiológica de alimentos y en específico de estos productos. Para productos como frutas frescas cortadas Allende et al., 2004 evaluó la acción antimicrobiana contra *L. monocytogenes* de varias soluciones de bacteriocinas como agua de lavado para lechugas iceberg empleando concentraciones de nisina (50 AU/mL), coagulina (50 AU/mL), y una solución acuosa compuesta por la combinación de ambas bacteriocinas (1:1 v/v). Los lavados tuvieron una duración de 1 min y posteriormente se hizo el recuento microbiano para observar la eficacia de los tratamientos. Reportó que la lechuga fresca cortada al ser tratada con las distintas soluciones de bacteriocinas, el contenido de mesófilos totales se redujo. Sin embargo, los tratamientos con bacteriocinas también inhibieron el crecimiento de la microflora natural, habiendo una disminución de hasta 2 unidades logarítmicas con la solución acuosa de coagulina. Por otro lado, el tratamientos con bacteriocinas redujeron recuentos de *L. monocytogenes* aproximadamente 1,5 unidades logarítmicas. Concluyendo así que los procesos de lavado con agua pueden reducir la microflora natural de productos como la lechuga fresca cortada, pero ésta operación no garantiza la seguridad del producto ya que no es eficaz en la reducción de patógenos comúnmente presentes en los productos vegetales frescos cortados, como el caso de *L. monocytogenes*. Por lo tanto, el uso de tratamientos higiénicos, utilizando bacteriocinas, parecen ser una opción para garantizar una disminución de la carga patógena microbiana.



Kumar et al., 2012 reportó el aislamiento de una cepa de BAL como *Lactococcus lactis ssp. lactis* HKT-9 la cual produce una bacteriocina similar a pediocina PA-1 termoresistente y estable a diferente valor de pH con efecto antimicrobiano contra una variedad de gram positivos y gram negativos patógenos generadores de enfermedades de transmisión alimentaria y en especial contra cepas del genero *Aeromonas spp.* A una concentración de 100 mg/mL en una mezcla de vegetales crudos tipo ensalada contaminados artificialmente; reduciendo la población microbiana hasta 7 log UFC/ mL en 24 h durante al menos 10 días, mientras que para *Staphylococcus aureus* se observó una reducción de 6 log UFC / mL sugiriendo su uso como biopreservante en la industria de los alimentos.

Finalmente Bellei et al., 2011 menciona que durante su estudio en la producción y purificación de una enterocina producida por *Enterococcus faecium*; la actividad específica máxima fue de 52.46 AU/mg la cual fue capaz de inhibir la proliferación de la microbiota natural de lechugas frescas cortadas así como la contaminación artificial inducida con *Listeria spp.* De 4 ciclos log (10⁹ a 10⁵ UFC/mL) después de 15 minutos de exposición. Concluyendo que esta bacteriocina es una alternativa barrera para prevenir patógenos en alimentos mínimamente procesados.

CONCLUSIONES

La tendencia actual en el consumo de alimentos involucra que tengan una presentación lo más semejante a un alimento fresco de tal forma que no se afecten las propiedades sensoriales y nutricionales así como una vida de anaquel mucho más amplia y se estima que esta siga en aumento por parte de la población. Esto constituye un verdadero reto en la investigación y procesamiento de la ciencia de los alimentos. Debido a que estos constituyen un enorme campo de investigación debido a que necesitan conocerse múltiples factores que van desde la búsqueda y aislamiento de cepas productoras de compuestos bioconservadores, procesos de producción y optimización, propiedades fisicoquímicas y biológicas de compuestos antimicrobianos y su interacción con la matriz alimenticia a usarse, mecanismos de inactivación de microorganismos o de reacciones en detrimento de la calidad nutricional y sensorial del alimento. Sin embargo se han tenido prometedores resultados en este rubro con el uso de las bacteriocinas o en combinación con otras tecnologías barreras afín de satisfacer la demanda de este tipo de alimentos en inocuidad y vida de anaquel.



BIBLIOGRAFÍA

- Agudelo Londoño, N. (2013). Estado del arte de la obtención de bacteriocinas a partir de bacterias ácido lácticas y su aplicación en la industria de alimentos (Bachelor degree dissertation). Universidad pontificia bolivariana, escuela de ingenierías, facultad de ingeniería agroindustria, Medellín. <http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/1409/1/Trabajo%20final.pdf>
- Allende, A., Martínez, B., Selma, M.V., Gil, M.L., & Rodríguez, A. (2004). Bacteriocinas, agentes antimicrobianos en productos vegetales frescos cortados. *Food Microbiol*, 187-190.
- Artés-Calero, F., Aguayo, E., Gómez, P., & Artes-Hernández, F. (2009). Productos vegetales mínimamente procesados o de la cuarta gama. *Horticultura Internacional*, 69, 52-59.
- Bellei, B., Miguel, M., Mere Del Aguila, E.M., Silva, J.T., & Paschoalin, V.M.F. (2011). Purification of a bacteriocin produced by *Enterococcus faecium* and its effectiveness for preservation of fresh-cut lettuce. *J. Microbiol. Antimicrob.*, 3, 119-125.
- Burgos, M.J.G., Abriouel, H., Martínez, P., & López, R.L. (2007). Ensayo de la bacteriocina AS-48 en la bioconservación de zumos de frutas. *Iniciación a la Investigación*, 2:a3.
- De la Fuente Salcido N.M. y Barboza Corona J.E. (2010). Inocuidad y bioconservación de alimentos. *Acta universitaria*, 20:1,43-52.
- Del Pulgar, A.M.P. (2006). Optimización de la producción de la Enterocina AS-48 y ensayo de su eficacia como bioconservante en alimentos. Universidad de Granada (Doctoral dissertation). <http://hera.ugr.es/tesisugr/16160058.pdf>
- Díaz-Sobac, R., & Vernon-Carter, J. (1999). Microbiological safety of fresh and minimum-processed fruits. *CYTA-Journal of Food*, 2(3), 133-136.
- Dolz, M.C. (2008). Bacteriocinas de probióticos. Nuevos enfoques Bioterapéuticos: PINHE. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 28(3), 20-37.
- Escobar Hernández A; Márquez Cardozo C. J; Restrepo Florez C.E. y Pérez Cordoba L.J. (2014). Application of Barrier Technology for the Conservation of Minimally Processed Vegetables Mixtures. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín* 67(1): 7237-7245.
- García Suárez, M.P., Martínez Fernández, B., Rodríguez, L., & Rodríguez González, A. (2010). Endolisinas fágicas: ¿Nuevos bioconservantes para alimentos?. *Agroscic*. 9-14. <http://digital.csic.es/bitstream/10261/50577/1/Bioconservantes.pdf>
- Ghanbari, M., & Jami, M. (2013). Lactic acid bacteria and their bacteriocins: a promising approach to seafood biopreservation. Chapter 16. INTECH Open Access Publisher. <http://dx.doi.org/10.5772/50705>
- Giménez, E. A., Escalona, V.H., Gómez, P., Hernández, F.A., & Calero, F.A. (2007). Técnicas emergentes y sostenibles para la desinfección de frutas y hortalizas mínimamente procesadas. *Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal*, (189):138-142.



- González-Martínez, B.E., Gómez-Treviño, M., & Jiménez-Salas, Z. (2003). Bacteriocinas de probióticos. Revista electrónica RESPyN, 4.
- Goodburn, C., & Wallace, C.A. (2013). The microbiological efficacy of decontamination methodologies for fresh produce: a review. *Food Control*, 32(2), 418-427.
- Grande, M.J., Lucas, R., Valvidia, E., Abriouel, H., Maqueda, M., Ben Omar, N., Martínez-Cañamero, M., Gálvez, A., (2005^a). Stability of enterocin AS-48 in fruit and vegetable juices. *Journal of Food Protection* 68, 2085–2094.
- Kumar, M., Jain, A. K., Ghosh, M., & Ganguli, A. (2012). Potential application of an antiaeromonas bacteriocin of *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* in the preservation of vegetable salad. *Journal of Food Safety*, 32(3): 369-378.
- Mondal, R., & Aruna, B. (2014). Biopreservative activity of bacteriocin-producing lactic acid bacteria isolated from fermented green gram batter. *Intl. J. Food. Ferment. Technol.* 4(2): 121-128.
- Mondragón Preciado, G; Escalante M. P; Osuna Castro, J.A; Ibarra Junquera, V; Morlett Chávez, J. A; Aguilar González, C. N; Rodríguez Herrera, R. (2013). Bacteriocinas: características y aplicación en alimentos. *Investigación y Ciencia*, 21:59, 64-70.
- Monroy Dosta M.C, Castro Barrera T, Fernández Perrino F. J. y Mayorga Reyes L. (2009). Revisión bibliográfica: Bacteriocinas producidas por bacterias probióticas. *ContactoS* 73, 63–72.
- Ortiz, S.G., Duverne, L. B., López, O.C., Raffellini, S., & Mans, M.C. (2014). Efecto de cultivos lácticos sobre el desarrollo a bajas temperaturas de microorganismos causantes de ETA. *Revista de Ciencia y Tecnología*, (21), 27-32.
- Palomino-Camargo, C., & T. B. Elisabetta (2012). Biopreservación de productos pesqueros por Bacterias ácido lácticas (BAL). *Vitae*, 19(1), S108-S110.
- Parra Huertas, R.A. (2010). Review. Bacterias ácido lácticas: papel funcional en los alimentos. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 8(1): 93-105.
- Parzanese, M. (2011). Vegetales mínimamente procesados. *Revista Alimentos Argentinos*, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca [en línea], 52. http://64.76.123.199/alimentosargentinos/contenido/revista/ediciones/55/productos/R55_vegetales.pdf
- Peralta, I.C., Bertel, S.G., & Montoya, V.S. (2009). Impacto de las bacteriocinas, importancia como preservantes en la industria de alimentos. *Teoría y praxis investigativa*, 4(2): 27-32.
- Ragaert, P., Jacxsens, L., Vandekinderen, I., Baert, L., & Devlieghere, F. (2011). Microbiological and safety aspects of fresh-cut fruits and vegetables. In *Advances in fresh-cut fruits and vegetables processing* (pp. 53-86). Chapter 3. CRC Press Boca Raton.
- Ramírez, J., Ulloa, P.R., Velázquez, M.Y., González, J.A.U., & Romero, F.A. (2011). Bacterias lácticas: Importancia en alimentos y sus efectos en la salud. *Revista Fuente*, 2(7).
- Ramos, B., Miller, F.A., Brandão, T.R., Teixeira, P., & Silva, C.L. (2013). Fresh fruits and vegetables—an overview on applied methodologies to improve its quality and safety. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 20, 1-15.



- Rodríguez Saucedo E.N. (2011). Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas. Ra Ximhai. Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable, 7:1,153-170.
- Rojas, C. y Vargas, P. (2008). Bacteriocinas: sustituto de preservantes tradicionales en la industria alimentaria. Tecnología en Marcha, 21-2, 9-16.
- Saeed, M., Khan, W.A., Shabbir, M.A., Khan, M.I., Randhawa, M.A., & Yasmin, I. (2014). Bacteriocins as a natural antimicrobial agent in food preservation: a review. Pakistan Journal of Food Sciences, 24(4), 244-255.
- Settanni L. y Corsetti A. (2008). Application of bacteriocins in vegetable food biopreservation. International Journal of Food Microbiology 121:123–138.
- Tonarelli, G. y Simonetta, A. (2013). Péptidos antimicrobianos de organismos procariotas y eucariotas como agentes terapéuticos y conservantes de alimentos. Revista FABICIB. 17: 137 a 177.
- Villa, K.J.F., Echeverri, I.C.C., López, L.W., & Arias, J.A.C. (2014). Caracterización de los metabolitos de bacterias ácido lácticas y efecto inhibitor de las bacteriocinas en microorganismos patógenos en alimentos: revisión sistemática de la literatura, 2008-2012. Revista Biosalud, 13(1), 45-61.

