

**TLATEMOANI**  
*Revista Académica de Investigación*  
Editada por Eumed.net  
No. 36 – Abril 2021.  
España  
ISSN: 19899300  
[revista.tlatemoani@uaslp.mx](mailto:revista.tlatemoani@uaslp.mx)

Fecha de recepción: 01 de Octubre de 2020  
Fecha de aceptación: 01 de Abril de 2021

## AVANCES EN LA MICROBIOLOGÍA DE ALIMENTOS ADVANCES IN FOOD MICROBIOLOGY

**Autores:**

María Luisa Carrillo Inungaray  
[maluisa@uaslp.mx](mailto:maluisa@uaslp.mx)

Ricardo López Aportela  
[ricardoenglad2015@gmail.com](mailto:ricardoenglad2015@gmail.com)

Ana Patricia Fernández Villedas  
[Paty\\_s97@hotmail.com](mailto:Paty_s97@hotmail.com)

Guicela Ramírez Bernal  
[guicela.ramirez@uaslp.mx](mailto:guicela.ramirez@uaslp.mx)

*Universidad Autónoma de San Luis Potosí*

### RESUMEN

El uso de microorganismos en la elaboración de alimentos se ha practicado desde las culturas más antiguas, aunque su función aún no era conocida por los fabricantes. Los microorganismos pueden ser los mejores aliados en la industria alimentaria, pero también pueden contribuir al deterioro de los alimentos y causar enfermedades. El presente trabajo recaba información relevante de la microbiología de alimentos publicada en los últimos cinco años. Se presentan sólo algunos de los avances más recientes en las áreas de análisis, control microbiano,

procesos de desinfección, funciones de los microorganismos en la industria alimentaria y foodómica. Si bien, aún falta mucho por descubrir, puede afirmarse que, gracias al progreso de la microbiología de alimentos y las nuevas tecnologías, en la actualidad, es posible disfrutar de alimentos inocuos.

**Palabras clave:** Análisis microbiológico, antimicrobiano, desinfección, alimentos funcionales, probióticos, foodómica.

## **ABSTRACT**

The use of microorganisms in food processing has been practiced since the oldest cultures, although their function was not yet known by manufacturers. Microorganisms can be the best allies in the food industry, but they can also contribute to food spoilage and cause illness. This work collects relevant information on food microbiology published in the last five years. Only some of the most recent advances in the areas of analysis, microbial control, disinfection processes, functions of microorganisms in the food and food industry are presented. Although much remains to be discovered, it can be said that, thanks to the progress of food microbiology and new technologies, it is now possible to enjoy safe food.

**Keywords:** Microbiological analysis, antimicrobial, disinfection, functional foods, probiotics, foodomics.

## **INTRODUCCIÓN**

Mucho antes de que se conociera a los microorganismos, ya se hacían alimentos como el pan con levadura, leches fermentadas, vino y cerveza. Los fabricantes entonces no sabían ni entendían el proceso, y su trabajo era por acierto y error.

No se puede definir con exactitud, la fecha en que comienza la Microbiología de Alimentos a ser reconocida como una disciplina independiente; pero se podría decir que dos son los hechos responsables de esta independencia: los reportes de enfermedades causadas por alimentos, y el incremento del comercio internacional, ya que los alimentos eran producidos en distintos continentes, a veces provenientes de áreas endémicas de enfermedades entéricas, lo que ponía en peligro la salud de la población y además ocasionaba pérdidas económicas.

En la década de 1960 hubo un creciente reconocimiento de las enfermedades transmitidas por los alimentos y un aumento de las pruebas microbiológicas para detectar al agente causal. En este entorno, se fundó la Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas de Alimentos con la finalidad de reducir la incidencia de microorganismos patógenos, evitar el deterioro de alimentos y facilitar su comercialización. Aunque sus recomendaciones no tienen un status oficial, son consideradas para desarrollar estándares.

Como en otras ciencias, en la microbiología de alimentos se ha generado mucho conocimiento, que afortunadamente se publica y podemos tener acceso a él. Al revisar artículos de los últimos cinco años, publicados en *Science Direct*, *Directory of Open Access Journals*, *Scopus*, *Web of Science* y Google Académico, es fácil darse cuenta que hay mucha información sobre microbiología de alimentos, por lo que a continuación se presentarán sólo algunos de los avances más recientes en las áreas de análisis, control microbiano, procesos de desinfección, funciones de los microorganismos en la industria alimentaria y foodómica.

### **Análisis microbiológico**

En relación al análisis microbiológico, tanto de alimentos como de superficies, en las últimas décadas se desarrollaron los llamados métodos rápidos para la identificación de patógenos, los cuales constituyen una alternativa para que la industria pueda asegurar la inocuidad de sus productos y tomar acciones correctivas rápidas.

Entre estos métodos, el uso de inmunoensayos garantiza resultados más rápidos de una manera más reproducible y rentable, en comparación con las técnicas basadas en cultivos. Entre los métodos rápidos basados en reacciones antígeno-anticuerpo, ELISA es sin duda el más adoptado al evaluar el riesgo microbiológico debido a *Brucella abortus*, *Yersinia enterocolitica* y *Escherichia coli* O157: H7 de los alimentos (Tilocca *et al.*, 2020).

Otra técnica de análisis es la microscopía de fluorescencia, la cual se usó para demostrar que el uso de un colorante fluorescente proporciona una tinción adecuada tanto de la pared celular como del núcleo de *Lactobacillus acidophilus* (Page *et al.*, 2020).

Aunque no existe evidencia de que los alimentos puedan transmitir el virus del SARS-CoV-2 causante de la enfermedad de COVID muchas empresas del sector alimentario quieren evitar la propagación del virus en sus instalaciones y entre sus empleados.

Los investigadores del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) actualmente trabajan en el proyecto europeo denominado COVID-19 BEAMitup, que consiste en diseñar un método de detección molecular del **SARS-CoV-2 en superficies** de procesamiento de alimentos. Este **dispositivo automatizado** se colocará directamente en las instalaciones de procesado de alimentos y proporcionará resultados en menos de una hora sin necesidad de instrumentación compleja o personal especializado. Este sistema ofrece la ventaja de que puede utilizarse *in situ* y que los resultados se obtienen de manera muy rápida (Ruiz, 2020).

### **Control microbiano**

Otra de las áreas en que se tienen avances es en el control de los microorganismos. Y ¿Cuál es la finalidad de controlarlos? Por cuestiones de inocuidad; para evitar enfermedades y aumentar la vida útil de los alimentos.

Sabemos que el desarrollo de microorganismos puede controlarse por métodos tradicionales y no tradicionales. Los primeros pueden agruparse en

métodos físicos, químicos o biológicos y sus diversas combinaciones y los segundos contemplan: pulsos eléctricos, calentamiento óhmico, tecnología de obstáculos y altas presiones hidrostáticas, entre otros.

En los últimos años se ha evaluado la conservación de alimentos mediante métodos biológicos, lo que ha generado nuevos paradigmas para la seguridad alimentaria. Tal es el caso de los bacteriófagos, virus que infectan y se multiplican en las bacterias. Se han estudiado sus aplicaciones en la descontaminación de productos frescos, en la desinfección de equipos y superficies en contacto con alimentos, como biocontrol, y a modo de conservador natural para extender la vida útil de productos perecederos. Existen en el mercado productos que cuentan con la aprobación de la FDA para el uso de bacteriófagos frente a patógenos, como *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* y *E. coli* (Jorquera *et al.*, 2015).

La contaminación de los alimentos por patógenos puede ocurrir, desde las granjas hasta las fábricas y el comercio minorista, los servicios alimentarios y el almacenamiento, que se originan de diferentes fuentes, como los alimentos crudos, materiales, operadores y condiciones ambientales de la planta de fabricación.

Por lo que el crecimiento de microorganismos patógenos no siempre se puede controlar. Como lo demostraron Dziejzinska *et al.* (2018) quienes examinaron fresas cultivadas en el campo, el entorno de las granjas de fresas y las fresas frescas de los mercados en busca de patógenos bacterianos, virales y protozoarios. Mediante cultivo y PCR buscaron *Listeria monocytogenes*, *Cronobacter* sp. y *Escherichia coli* en fresas frescas. Todas las fincas estudiadas aplicaron medidas preventivas como riego por goteo, evitaron fertilizantes orgánicos y el uso de guantes para que los trabajadores disminuyan la contaminación de las fresas. A pesar de esto, se encontraron ciertos patógenos que, incluso en concentraciones bajas, pueden ser una fuente de infección para los consumidores. Por lo tanto, su presencia en las fresas es de particular

importancia, ya que en su mayoría se consumen frescas y sin ningún procesamiento térmico.

Existen muchos estudios sobre antimicrobianos no convencionales. Uno de ellos es el realizado por Sanguñedo *et al.* (2019) quienes evaluaron el potencial antimicrobiano de las nanopartículas de plata preparadas utilizando el hongo *Punctularia atropurpurascens*, frente *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, y *Candida albicans*. Los resultados demostraron el potencial antimicrobiano de las nanopartículas de plata para bacterias y de interés agroalimentario.

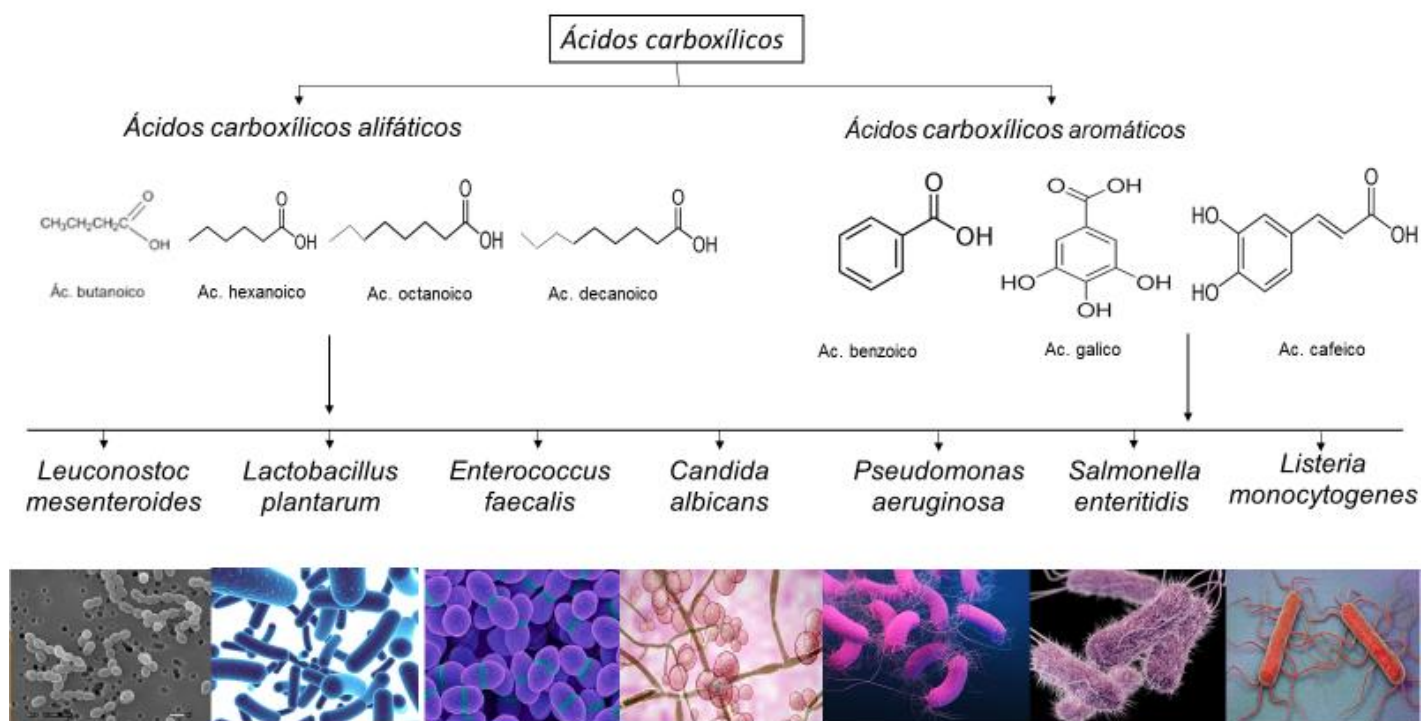
Otro de los avances para el control de microorganismos es en los alimentos listos para su consumo o aquellos que se preparan para servicios de *catering*, ya que tienen siempre el riesgo de contener patógenos, por lo que hay que evitar el rango de temperatura llamado zona de peligro (5 a 57 °C), condiciones que se tienen durante el enfriamiento de los alimentos. Riccia *et al.* (2020) propusieron una alternativa al almacenamiento en frío antes de servirlos. Mantuvieron los platos preparados a más de 70 °C, durante varias horas, y no solo por menos de 2 h antes de su consumo, como se suele hacer, Con esta práctica se evitó el desarrollo de *L. monocytogenes* y *E. coli*, incluido O157: H7.

En la búsqueda de conocimiento para evitar la supervivencia de patógenos en los alimentos, Zhuosheng *et al.* (2020) monitorearon la supervivencia de *Escherichia coli* productora de toxina Shiga (STEC), *Salmonella* spp. y *Listeria monocytogenes* en frutos secos. Se utilizaron albaricoques secados al sol tratados y sin tratar con dióxido de azufre. Los resultados demostraron que los patógenos pueden sobrevivir en frutos secos y que los factores que afectan su supervivencia incluyen el tipo de patógeno y el uso de dióxido de azufre.

Otro trabajo realizado para buscar nuevas formas de controlar el crecimiento microbiano en los alimentos, fue el realizado por Sarjit *et al.* (2020) quienes estudiaron la supervivencia de la *Salmonella* después de la exposición al calor en un sistema modelo de jugo de carne. La exposición al calor consistió en un tratamiento térmico gradual a 70 °C, seguido de un choque térmico, para

investigar si la grasa, los ácidos grasos, el hierro y el pH contribuyen al efecto del calor contra Salmonella. Concluyeron que el choque térmico reduce la Salmonella de manera más eficaz que el calentamiento gradual de la carne roja, que el contenido de grasa puede proteger a la Salmonella contra el efecto del calor y que la influencia de factores genotípicos puede correlacionarse con la supervivencia de Salmonella.

Los patógenos en los alimentos, además de controlarse por métodos físicos, también puede lograrse mediante la adición de sales en los alimentos. Cabezas-Pizarro *et al.* (2018) evaluaron la actividad antimicrobiana de diferentes



sales de sodio y potasio de ácidos carboxílicos alifáticos y aromáticos sobre *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus plantarum*, *Enterococcus faecalis*, *Candida albicans*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella enteritidis* y *Listeria monocytogenes*. El efecto antimicrobiano de las sales de ácidos alifáticos fue mayor para el ácido butanoico > hexanoico > octanoico > decanoico en tanto que, en los ácidos aromáticos se observó un mayor efecto del ácido benzoico > gálico > cafeico (Figura 1). Y que en general, las sales de sodio fueron más inhibitorias que las de potasio ( $p < 0,05$ ).

Figura 1. Efecto de ácidos carboxílicos alifáticos y aromáticos sobre bacterias (Información tomada de Cabezas-Pizarro *et al.*, 2018)



Para controlar el desarrollo de microorganismos en los alimentos, la industria alimentaria usa como una herramienta la microbiología predictiva. Para lo cual se usan modelos que se generan a partir del estudio de la ecología microbiana.

La industria alimentaria cuenta con programas, que predicen el crecimiento de bacterias de interés. Uno de ellos es el *Pathogen Modeling Program*, que usa modelos matemáticos para predecir el crecimiento de un determinado microorganismo y de acuerdo a los diferentes factores, predecir el número de UFC que se alcanzarán en determinado tiempo. Esto permite saber en qué momento se rebasarán los límites microbiológicos que marcan las especificaciones sanitarias para un alimento en particular.

### **Métodos de desinfección en la industria alimentaria**

La industria alimentaria es uno de los sectores más productivos en muchos países, y las empresas cárnicas, panificadoras, lácteas, entre muchas otras, tienen muy bien definidos los procesos de limpieza. El uso de procedimientos incorrectos puede llevar a la contaminación cruzada de los alimentos y, en consecuencia, a su deterioro o a la transmisión de patógenos de origen alimentario.

Por tal motivo se han desarrollado varias estrategias con el fin de obtener una buena desinfección de superficies y productos; no obstante, ha aparecido resistencia microbiana frente a productos de uso común.

En la industria alimentaria, la presencia de *biofilms* genera un serio problema higiénico-sanitario, causando puntos de contaminación difíciles de controlar durante el proceso productivo. Éstos son estructuras biológicas donde los microorganismos crecen adheridos a superficies y embebidos en matrices extracelulares que ellos mismos sintetizan.

En muchos casos los *biofilms* iniciados por microorganismos con alta capacidad de colonización favorecen la inclusión de microorganismos patógenos en las superficies. En su formación se llevan a cabo las siguientes etapas:

- 1) Presencia de las células planctónicas
- 2) Después, éstas se agrupan en microcolonias que inician la adhesión
- 3) Pueden iniciar la síntesis de sustancias poliméricas extracelulares, que forman la biopelícula, en esta etapa continua la proliferación celular iniciando con esto la capacidad de adhesión.
- 4) Se lleva a cabo el proceso de maduración de la biopelícula favoreciendo la comunicación intercelular.
- 5) La liberación de bacterias planctónicas para la formación de otras comunidades bacterianas

Las implicaciones de los *biofilms* en la industria alimentaria son enormes y representan una amenaza potencial para todas las superficies, ya que existen fenotipos resistentes a operaciones de limpieza y sanitización (Martínez *et al.*, 2020).

Los métodos convencionales de limpieza y desinfección de equipos y superficies son eficaces para el control de bacterias en estado libre (o estado planctónico). Sin embargo, en muchas ocasiones son ineficaces para la eliminación de *biofilms*, ya que las células que lo componen son más resistentes a condiciones de estrés y agentes antimicrobianos que las células en estado libre.

Los métodos antibiofilm tradicionales están limitados, en la actualidad se desarrollan métodos alternativos, tales como los recubrimientos con agentes antimicrobianos o los recubrimientos para la modificación de la composición superficial y los métodos basados en la tecnología de la plasma-polimerización empleando equipos de plasma atmosférico (Múgica *et al.*, 2018).

Li *et al.* (2020) estudiaron la Shikonin, un compuesto bioactivo que se encuentra en las raíces de *Lithospermum erythrorhizon*, y examinaron su actividad antibiofilm contra *Listeria monocytogenes* y sobre los factores clave de virulencia de esta *bacteria*. Los resultados indicaron que la shikonina podría usarse como un agente

alternativo para combatir la formación de biopelículas y la infección por *L. monocytogenes*.

## **Funcionalidad de los microorganismos**

Una forma de estudiar a los microorganismos es de acuerdo a su función en la industria alimentaria. Algunos microorganismos son de interés porque sus propiedades biológicas los hacen competentes para la elaboración de alimentos funcionales o como iniciadores para la elaboración de otros productos.

Debe recordarse que los alimentos funcionales son aquellos que se han modificado en su composición, y que proporcionan un beneficio para la salud, superior al de los nutrientes que tradicionalmente contiene. Entre los componentes que dan clasificaciones funcionales a los alimentos se encuentran las vitaminas antioxidantes, omega 3, fibra, prebióticos y probióticos (Dias *et al.*, 2017).

En relación a estos alimentos funcionales se encuentran los probióticos, que son microorganismos vivos que, cuando se administran en cantidades adecuadas, confieren beneficios a la salud del consumidor (FAO / OMS, 2002). Los principales géneros utilizados como probióticos son *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*. Actualmente, los alimentos que contienen probióticos representan una parte importante del mercado de alimentos funcionales con énfasis en la industria láctea. Sin embargo, antes de planificar el desarrollo de alimentos con probióticos, se deben superar los desafíos que involucran la selección adecuada de estos microorganismos, ya que se espera que los probióticos muestren actividad antimicrobiana contra bacterias patógenas, que tengan resistencia a los antibióticos y que sean capaces de estimular el sistema inmunológico del huésped.

Aquí se muestran algunos trabajos relacionados con la funcionalidad y aplicación biotecnológica de los microorganismos en la industria alimentaria.

Ruiz *et al.* (2017) evaluaron la capacidad inhibitoria de *Lactobacillus spp.*, frente a patógenos implicados en enfermedades de transmisión alimentaria (ETA), tales como *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella spp.* y *Staphylococcus aureus*.

Heredia *et al.* (2017) evaluaron los mecanismos de acción y actividad antimicrobiana contra patógenos en quesos. Comprobaron que las bacteriocinas producidas por bacterias ácido lácticas tienen la capacidad de conservar a los productos lácteos. Las bacteriocinas son péptidos de origen ribosomal que actúan formando poros en la membrana celular de las bacterias, causándoles la apoptosis. Por lo que las bacteriocinas podrían usarse como control sanitario en la industria quesera.

Ruiz *et al.* (2019) aislaron 21 especies de bacterias pertenecientes al género *Enterococcus*, *Fructobacillus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc* y *Weissella* de flores y frutas silvestres. Concluyeron que las BAL de origen floral y frutal tienen propiedades funcionales que validan su uso potencial en la fabricación de productos a base de frutas fermentadas, sentando con este estudio, las bases para el diseño de nuevos alimentos funcionales.

Escobar *et al.* (2020) aislaron una bacteria láctica resistente a la digestión *in vitro*, en el tepache de piña, una bebida fermentada tradicional mexicana. Encontraron que *L. pentosus* es resistente a la digestión *in vitro*, que puede servir como cultivo iniciador para la producción de alimentos de origen lácteo. Este es el primer informe acerca del aislamiento de una bacteria ácido láctica resistente a la digestión *in vitro* a partir del tepache de piña.

Vallejo *et al.* (2020) aislaron dos cepas de bacterias ácido lácticas a partir del contenido intestinal del mejillón patagónico, las cuales se caracterizaron por pruebas fenotípicas y moleculares. Este es primer informe de aislamiento de cepas bacteriocinogénicas de *Enterococcus hirae* de mejillón patagónico. La alta actividad inhibitoria y la ausencia de virulencia indican que estos microorganismos podrían aplicarse en áreas biotecnológicas como la biopreservación de alimentos o las formulaciones probióticas.

## Foodómica

Otra de las áreas que ha cobrado auge en el área de la microbiología es la foodómica, una nueva ciencia con enfoque holístico. En los últimos años se han mejorado las tecnologías de secuenciación del genoma completo (WGS), lo que ha impulsado el uso de herramientas ómicas que incluyen la genómica, transcriptómica, proteómica y metabolómica para lograr la seguridad alimentaria. Estas técnicas han superado algunas deficiencias en los métodos actuales de subtipificación molecular, la cual es una manera de clasificar a los microorganismos en niveles más específicos, permitiendo pasar la barrera de clasificación por especie y los ubica en categorías más íntimas como la subespecie, las variedades o clones de dicho microorganismos con el fin de ofrecer un amplio abanico de posibilidades sobre la información que se obtiene de los aislamientos y permite realizar monitoreos o la vigilancia de patógenos de interés sanitario (Beltrán *et al.*, 2016), lo que permite mejorar la detección de brotes de bacterias transmitidas por los alimentos.

Aunque la genómica, la transcriptómica y la proteómica son lo suficientemente potentes como para generar una gran cantidad de datos, aún falta generar más conocimiento en la metabolómica, debido a la amplia diversidad de metabolitos. Por otro lado, cada tecnología ómica ha operado de manera fragmentada, por lo que, en el futuro, será necesario integrar los datos generados por estas tecnologías (Quiroga, 2016).

Yang *et al.*, (2020) desarrollaron un método de detección basado en la amplificación de la polimerasa recombinasa (APR) para *Vibrio vulnificus* combinándolo con una tira de flujo lateral (LFS) para la señal visualizada. El método se dirigió al *empV* conservador que codifica la metaloproteinasa extracelular y finalizó la detección en 35 minutos a una temperatura convenientemente baja de 37° C. Mostró buena especificidad y una excelente sensibilidad de 2 copias del genoma o 10<sup>-1</sup> unidad formadora de colonias (UFC) por reacción, o 1 UFC/10 g en muestras de alimentos enriquecidos. Este método combinado APR-LFS es muy adecuado para la detección *in situ* de *V. vulnificus*.

Day *et al.*, (2015) demostraron que el método de detección por PCR para la detección de *Listeria monocytogenes* es altamente sensible y específico en preparados de fórmulas lácteas para lactantes y lechuga, el cual establece un tiempo de identificación rápido de 20 y 48 h para la identificación presuntiva y confirmatoria, respectivamente. El método es una alternativa prometedora a muchos métodos de detección de q-PCR que se utilizan actualmente, que emplean medios selectivos tradicionales para el enriquecimiento de muestras de alimentos contaminados. El enriquecimiento de macrófagos de *L. monocytogenes* elimina los elementos alimentarios inhibidores de la PCR y la microflora alimentaria contaminante que produce muestras más limpias que aumentan la rapidez y sensibilidad de detección.

Inns *et al.*, (2015) estudiaron un brote de *Salmonella enteritidis* fago tipo 14b (PT14b) en el Reino Unido entre mayo y septiembre de 2014, donde Public Health England inició una investigación para identificar la fuente de infección e implementar medidas de control. Durante el mismo periodo, se produjeron brotes causados por una cepa de *Salmonella enteritidis* con un perfil específico de análisis de repetición en tándem de número variable multilocus (MLVA) en otros Estados miembros de la Unión Europea. Las investigaciones de rastreo de alimentos en el Reino Unido y otros países europeos afectados vincularon los brotes a huevo de gallina de una empresa alemana. Llevaron a cabo la secuenciación del genoma completo de los aislamientos de casos del Reino Unido y Europa, locales del Reino Unido implicados y huevos alemanes: los aislamientos fueron muy similares. Combinado con la información de rastreo de alimentos, esto confirmó que el brote del Reino Unido también estaba vinculado a un productor alemán.

Gracias a los estudios de foodómica se ha logrado estudiar al Norovirus en el intestino humano como un modelo para evaluar su inactivación (Costantini *et al.*, 2018), se han investigado algunas toxinas alimentarias (Rešetar *et al.*, 2015), se han evaluado riesgos alimentarios y microbiológicos de los alimentos (Tilocca *et*

*al.*, 2020) y se han revelado las funciones genéticas y las propiedades metabólicas de comunidades microbianas (Xiao *et al.*, 2020).

En los últimos años la aplicación de las tecnologías ómicas, la Metabolómica, ha abierto nuevas perspectivas, permitiendo cambiar e incrementar los objetivos en el estudio de muestras alimentarias, por ejemplo, en la identificación de metabolitos microbianos. Aunque como cualquier metodología analítica emergente, exige la búsqueda y mejora de una serie de aspectos experimentales, tanto desde el punto de vista de la Metabolómica como de los posibles sistemas a estudiar (Castrejón-Ferrer, 2017).

### **Prospectivas**

Una vez que hemos visto estos avances en la microbiología de alimentos, nos podríamos preguntar ¿qué sigue? ¿Cuáles son las prospectivas? Hay nuevos retos. En la Tabla 1 se muestra una lista de algunas de las prospectivas que se tienen en la investigación en el área de microbiología de alimentos.

Tabla 1. Prospektivas en la microbiología de alimentos\*

- 
- Trabajar en la homologación de pruebas rápidas y moleculares para lograr su inserción en las regulaciones sanitarias de los diferentes países.
  - Trabajar en un sistema de alerta microbiológica en los alimentos envasados.
  - Desarrollar kits para identificación de patógenos en el hogar para que los consumidores tengan una alerta rápida y tomen las medidas necesarias.
  - Realizar más estudios de antimicrobianos para estudiar su seguridad, solubilidad, propiedades sensoriales (incluido el color y el sabor), así como su estabilidad en diferentes matrices alimentarias.
  - Generar vacunas mediante la ingestión de compuestos que activen el sistema inmunológico de manera dirigida hacia las bacterias Gram negativas; todo esto mediante el uso de los recubrimientos comestibles.
  - Continuar con estudios sobre patógenos en los alimentos listos para el consumo, especialmente de aquellos patógenos con baja dosis infecciosa como, por ejemplo, virus y parásitos.
  - En el área de la foodómica, se buscará que las herramientas de bioinformática de alto rendimiento faciliten la adopción de enfoques ómicos en seguridad alimentaria para que pronto vayan más allá de la genómica bacteriana.
- 

\*(Elaboración propia)

## CONCLUSIONES

Después de ver todos estos avances y prospectivas en la microbiología, se puede considerar un privilegio el hecho de vivir en este punto histórico, en donde gracias al progreso de la ciencia se puede disfrutar de alimentos inocuos. Seguir cultivando la microbiología, a interés en sus avances, permitirá disponer de alimentos más inocuos y gozar de buena salud.

## REFERENCIAS

Beltrán, S., Simental, L. & Reyes, R. (2016). "La Subtipificación Molecular por Electroforesis en Campo Pulsado en Aislamiento de Patógenos de Interés Epidemiológico y Sanitario". *Arch Salud Sin*, 10 (1).

Cabezas-Pizarro, J., Redondo-Solano, M., Umaña-Gamboa, Ch., Arias-Echandi, M.L. (2018). "Antimicrobial activity of different sodium and potassium salts of carboxylic acid against some common foodborne pathogens and spoilage-associated bacteria". *Rev. Argent. Microbiol*, 50(1) Ciudad Autónoma de Buenos Aires. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2016.11.011>

Castejón Ferrer, D. (2017) *Avances en el estudio de matrices alimentarias mediante RMN metabolómica*. Tesis de doctorado. Universidad Complutense de Madrid., España.

Costantini, V., Morantz, E., Browne H. (2018). "Human Norovirus Replication in Human Intestinal Enteroids as Model to Evaluate Virus Inactivation". *Emerging Infectious Disease* 24(8).

Day, J. B. & Basavanna, U. (2015). "Real-time PCR detection of *Listeria monocytogenes* in infant formula and lettuce following macrophage-based isolation and enrichment". *J Appl Microbiol*, 118:233-244.

Dias, D. R., Botrel, D. A., Fernandes, R. V. D. B., & Borges, S. V. (2017). "Encapsulation as a tool for bioprocessing of functional foods". *Current Opinion in*



*Food Science*, 13(Supplement C), 31–37.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.02.001>

Dziedzinska, R., Vasickova, P., Hrdy, J., Slany, M., Babak, V., & Moravkova, M. (2018). "Foodborne Bacterial, Viral, and Protozoan Pathogens in Field and Market Strawberries and Environment of Strawberry Farms". *Journal of Food Science*, 83(12), 3069-3075

Escobar, M. C., Jaimez, J., Escorza, V. A., Rodríguez, G. M., Contreras, E., Ramírez, J., Castañeda, A., Morales, A. I., Felix, N. & González, L. G. (2020). "Lactobacillus pentosus ABHEAU-05: An *in vitro* digestion resistant lactic acid bacterium isolated from a traditional fermented Mexican beverage". *Revista Argentina de Microbiología*, en prensa.

Food and Agriculture Organization of the United Nations / World Health Organization. (2002). "Guidelines for the evaluation of probiotics in food". *Joint FAO/WHO Working Group Report*. Ontario.

Heredia, P. Y., Hernández, A., González, A. F. & Vallejo, B. (2017). "Bacteriocinas de bacterias ácido lácticas: mecanismos de acción y actividad antimicrobiana contra patógenos en quesos". *Interciencia*, 42(6), 340-346.

Inns, T., Lane, C., Peters, T., Dallman, T., Chatt, C., McFarland, N., Crook, P., Bishop, T., Edge, J., Hawker, J., Elson, R., Neal, K., Adak, G. K. & Cleary, P. (2015). A multi-country *Salmonella enteritidis* phage type 14b outbreak associated with eggs from a German producer: "near real time" application of whole genome sequencing and food chain investigations, United Kingdom, May to September 2014". *Euro Surveill*, 20 (16).

Jorquera, D., Galarce, N. & Borie, C. (2015). "El desafío de controlar las enfermedades transmitidas por alimentos: bacteriófagos como una nueva herramienta biotecnológica". *Revista Chilena de Infectología*, 32 (6): 678-688.

Li, J., Li, S., Li, H., Guo, X., Guo, D., Yang, Y., Wang, X., Zhang, C., Shan, Z., Xia, X. & Shi, C. (2020). "Antibiofilm activity of shikonin against *Listeria monocytogenes* and inhibition of key virulence factors". *Food Control* 120 (2021) 107558.

Martínez, J. V., López, A. & Ortiz, S. (2020). "Formación de Biofilms en el ambiente de la industria cárnica". *Departamento de Tecnología de Alimentos, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA)*. Disponible en: [www.interempresas.net/Industria-Carnica/Articulos/264467-Formacion-de-biofilms-en-el-ambiente-de-la-industria-carnica.html](http://www.interempresas.net/Industria-Carnica/Articulos/264467-Formacion-de-biofilms-en-el-ambiente-de-la-industria-carnica.html)

Múgica, R., Ramirez, C., Muro, I., Santamaria, C. & Alba, F. (2018). "New methods for biofilm control in the food industry". *22nd International Congress on Project Management and Engineering Madrid*.

Page, R., Burk, D., & Aryana, K. (2020). "Cell Wall Integrity and Protoplast Formation of the Probiotic *Lactobacillus acidophilus* through Fluorescent Staining and Fluorescence Microscopy". *J Prob Health*, 8(218), 1-5.

Quiroga, C. (2016). "Las tecnologías ómicas: situación actual y desafíos futuros". *Revista Argentina de Microbiología*, 48 (4), 265-266.

Rešetar, D., Pavelić, S. K., & Josić, D. (2015). "Foodomics for investigations of food toxins". *Current Opinion in Food Science*, 4, 86-91.

Riccia, A., Martellia, F., Roberta "Razzanob, R., Cassib, D., Lazzia, C., Erasmo Neviana, E., Berninia, V. (2020). Service temperature preservation approach for food safety: Microbiological evaluation of ready meals" *Food Control*, 115, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107297>

Ruiz, M. (2020): COVID-19 BEAMitup, un detector del virus en superficies de procesado de alimentos. Disponible en: <https://gacetamedica.com/investigacion/covid-19-beamitup-un-detector-del-virus-en-superficies-de-procesado-de-alimentos/>

Ruiz, M. J., Colello, R., Padola, N. L. & Etcheverría, A. I. (2017). "Efecto inhibitorio de *Lactobacillus* spp. sobre bacterias implicadas en enfermedades transmitidas por alimentos". *Revista Argentina de Microbiología*, 49(2), 174-177.

Ruiz, L. G., Mohamed, F., Bleckwedel, J., Medina, R., De Vuyst, L., Hebert, E. M. & Mozzi, F. (2019). "Diversity and Functional Properties of Lactic Acid Bacteria Isolated From Wild Fruits and Flowers Present in Northern Argentina". *Frontiers in Microbiology*. 10:1091. doi: 10.3389/fmicb.2019.01091.

Sanguineto, P., Estevez, M. B., Faccio, R. & Alborés, S. (2019). "Nanopartículas de plata biogénicas a partir del hongo *Punctularia atropurpurascens* para el control de microorganismos". *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria de nanociencias y nanotecnología*. 12(22), 99-108.

<http://dx.doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2019.22.67627>.

Sarjit, A., Ravensdale, J.T., Coorey, R., Fegan, N. & Dykes, G.A. (2020). *Salmonella* survival after exposure to heat in a model meat juice system *Food Microbiology*, 94(abril), 103628.

Tilocca, B., Costanzo, N. & Roncada, P. (2020). *Foodomics and Microbiological Risk Assessment of Food*, Reference Module in Food Science, Elsevier.

Vallejo, M., Parada, R. & Marguet, E. (2020). "Aislamiento de cepas de *Enterococcus hirae* productoras de enterocinas a partir del contenido intestinal del mejillón patagónico (*Mytilus edulis platensis*)". *Revista Argentina de Microbiología*, 52(2), 136-144.

Xiao, Y., Huang, T., Xu, Y., Peng, Z., Liu, Z., Guan, Q., Xie, M. & Xiong, T. (2020). Metatranscriptomics reveals the gene functions and metabolic properties of the major microbial community during Chinese Sichuan Paocai fermentation, *Food Microbiology*. Elsevier.

Yang, X., Zhao, P., Dong, Y., Chen, S., Shen, H., Jiang, G., Zhu, H., Dong, J. & Gao, S. (2020). "An isothermal recombinase polymerase amplification and lateral flow strip

combined method for rapid on-site detection of *Vibrio vulnificus* in raw seafood. *Food Microbiology*.

Zhuosheng, L., Chao, L., Kayla, G., Shelley, P. & Luxin, W. (2020). "Supervivencia de patógenos comunes transmitidos por los alimentos en albaricoques secos elaborados con y sin tratamiento con dióxido de azufre". *Sci. Dir.*, 121