



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

“SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE LAS APLICACIONES
DE LOS PROBIÓTICOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA Y SUS
EFECTOS EN LA SALUD HUMANA”.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

AUTOR:

MENDOZA VILLANUEVA, KAROL

ASESOR:

ING. LEÓN MARROU, MARIA ELENA

LÍNEA DE INVESTIGACION:

SEGURIDAD E INOCUIDAD ALIMENTARIA

TRUJILLO, PERÚ
2015

TESIS

SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE LAS APLICACIONES DE LOS PROBIÓTICOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA Y SUS EFECTOS EN LA SALUD HUMANA.

PRESENTADA POR

.....

Karol Mendoza Villanueva

APROBADA POR

.....

Presidente

Sandra Pagador Flores

.....

Secretario

Leslie Lescano Bocanegra

.....

Vocal

María Elena León Marrou

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado a Dios y de manera especial a la Virgen María quien me cuidó e iluminó durante esta travesía. A ellos por haberme permitido llegar hasta aquí con bien.

A mis padres Aureliano Mendoza Jacinto, Heraclia Villanueva por su amor, ejemplo y por confiar en mí, por ser ellos la fuente de mi fortaleza.

A mis hermanos: Jeraldine Mendoza Villanueva, Andrey Mendoza Villanueva, Yuri Mendoza Villanueva por su paciencia, cariño y apoyo brindado.

A mi sobrinito Mateo Mendoza Quezada por su participación en mi vida desde ya dos años.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Cesar Vallejo por la formación profesional y personal durante estos 5 años, agradeciendo a mi asesora de tesis, Ing. María Elena León Marrou, por su apoyo, confianza y el tiempo brindado para guiarme en la elaboración de este trabajo.

Agradezco a mis compañeros y amigos Sacramento y Odmans con los cuales he compartido cursos, afianzado conocimientos y enfrentado dificultades durante la vida universitaria.

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo, Karol Mendoza Villanueva con DNI N° 44699289, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería agroindustrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e informaciones que se presentan en esta tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado, presento ante ustedes la Tesis titulada “Situación actual y perspectivas de las aplicaciones de los probióticos en la industria alimentaria y sus efectos en la salud humana”, con la finalidad de conocer la situación actual de las investigaciones científicas realizadas con probióticos en la industria alimentaria y sobre los efectos que estos microorganismos tienen en la salud humana, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

Mendoza Villanueva Karol

ÍNDICE

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Declaracion de autenticidad	v
Presentación	vi
Índice.....	vii
Resumen	1
Abstract.....	2
I.Introducción.....	3
1.1 Realidad problemática	3
1.2 Trabajos previos.....	3
1.3 Teorías relacionadas al tema	6
1.3.1 Historia y definición de los probióticos.....	6
1.3.2 Clasificación de microorganismos probióticos.....	7
1.3.3 Nomenclatura utilizada para los microorganismos probióticos.	9
1.3.4 Características generales de las cepas probióticos.....	9
1.3.5 Géneros de bacterias de importancia industrial.....	11
1.3.5.1 Género: <i>Lactobacilos</i>	11
1.3.5.2 Género: <i>Bifidobacterium</i>	12
1.3.5.3 Género: <i>Bacillus</i>	12
1.3.5.4 Género: <i>Streptococcus</i>	13
1.3.5.5 Género: <i>Pediococcus</i>	13
1.3.5.6 Género: <i>Lactococcus</i>	14
1.3.5.7 Género: <i>Leuconostoc</i>	14
1.3.5.8 Género: <i>Saccharomyces</i>	14
1.3.6 Bacterias ácido lácticas BAL	15
1.3.7 Importancia tecnológica de las BAL	16

1.3.8	Aspecto tecnológico de los probióticos	18
1.3.9	Microencapsulación	18
1.3.9.1	Técnicas de microencapsulación	19
1.3.9.2	Secado por aspersion, atomización o pulverización.....	19
1.3.9.3	Polimerización interfacial	20
1.3.9.4	Incompatibilidad polimérica.....	20
1.3.9.5	Coacervación	20
1.3.9.6	Liposomas.....	21
1.3.9.7	Gelificación iónica.....	21
1.3.9.7.1	Gelificación externa o emulsificación	21
1.3.9.7.2	Gelificación interna, extrusión o método de goteo.....	21
1.3.9.8	Materiales de microencapsulación.....	22
1.3.10	Liofilización (freeze Drying).....	23
1.3.11	Probióticos en la industria alimentaria	24
1.3.11.1	Probióticos en alimentos.....	24
1.3.11.1.1	Probióticos en productos lácteos.....	24
1.3.11.1.1.1	Probióticos en yogurt	24
1.3.11.1.1.2	Probióticos en queso	26
1.3.11.1.1.3	Probióticos en helado.....	27
1.3.11.1.2	Probióticos en cereales	27
1.3.11.1.3	Bacterias probióticas en jugo de frutas.....	28
1.3.11.1.4	Probióticos en bebidas alcohólicas	29
1.3.11.1.5	Probióticos en productos cárnicos	30
1.3.12	Probióticos y su efecto en la salud humana	30
1.3.12.1	Condiciones que deben cumplir los probióticos para producir efectos benéficos a la salud	30
1.3.12.2	Efecto Inmunomodulador	31
1.3.12.2.1	Flora Intestinal y su relación con probióticos	31
1.3.12.2.2	Competencia por los sitios de adherencia en el intestino.	32

1.3.12.2.3	Sistema de defensa del organismo.	32
1.3.12.3	Efecto gastro-protector.....	33
1.3.12.3.1	Tratamiento y prevención de diarreas.....	33
1.3.12.3.2	Enterocolitis necrotizante	33
1.3.12.3.3	Erradicación de Helicobacter pylori	34
1.3.12.4	Enfermedad inflamatoria intestinal	34
1.3.12.4.1	Enfermedad de Crohn	34
1.3.12.4.2	Pouchitis	35
1.3.12.4.3	Síndrome del intestino irritable	35
1.3.12.4.4	Estreñimiento	36
1.3.12.5	Efecto nutricional	36
1.3.12.5.1	Metabolismo de lípidos.....	36
1.3.12.5.2	Metabolismo de Proteínas.....	37
1.3.12.5.3	Metabolismo de carbohidratos.....	38
1.3.12.5.4	Digestión de Lactosa y asimilación de aminoácidos.	38
1.3.12.6	Prevención de infecciones.....	39
1.3.12.6.1	Infecciones respiratorias	39
1.3.12.6.2	Infecciones urinarias	40
1.3.12.7	Prevención de reacciones alérgicas	40
1.3.12.7.1	Dermatitis atópica	40
1.3.13	Otros	41
1.3.13.1	Diabetes.....	41
1.3.13.2	Cáncer.....	42
1.3.13.3	Enfermedad celiaca	42
1.3.13.4	Obesidad	43
1.3.13.5	Probióticos en la prevención de caries dentales.....	43
1.4	Formulación del problema.....	44
1.5	Justificación del estudio	44

1.5.1 Relevancia	45
1.5.2 Contribución.....	45
1.6 Hipótesis.....	45
1.7 Objetivos	45
1.7.1 Objetivo general.....	45
1.7.2 Objetivos específicos.....	45
II. Método.....	46
2.1 Diseño de investigación	46
2.1.1 Fase de coordinación	46
2.1.2 Fase de búsqueda.....	46
2.1.3 Fase de análisis de la información	46
III. Conclusiones	47
IV. Bibliografía	50
ANEXO 1. Condiciones de Operación para la producción de microencapsulados probióticos mediante secado por aspersión	64
ANEXO 2. Cultivos de microorganismos comúnmente usados como probióticos	66

ÍNDICE DE CUADROS, GRÁFICAS Y FIGURAS

Cuadro 1. Clasificación de bacterias probióticas por géneros y especie	8
Cuadro 2. Ejemplo de clasificación de nombres de cepas probióticas	9
Cuadro 3. Criterios a tener en cuenta para la selección de probióticos de aplicación comercial	10
Cuadro 4. Aplicaciones de las BAL en alimentos fermentados	16
Cuadro 5. Materiales empleados para encapsulación de probióticos.....	23

Cuadro 6. Aplicaciones de Microencapsulación de probióticos en alimentos	23
Cuadro 7. Condiciones de Operación para la producción de microencapsulados probióticos mediante secado por aspersión	64
Cuadro 8. Cultivos de microorganismos comúnmente usados como probióticos	66

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue revisar la evidencia actual sobre las aplicaciones de los probióticos en la industria alimentaria y sus efectos en la salud humana, motivados por el creciente interés que estos productos han despertado en los últimos tiempos por la población mundial que busca encontrar en ellos una mejor calidad de vida y cuidar su salud. Para ello se realizó una búsqueda minuciosa en las principales bases de datos de trabajos científicos publicados en todo el mundo sobre los probióticos en alimentos y las investigaciones médicas de su eficacia en el tratamiento y control de enfermedades humanas. El presente documento parte por una descripción de los microorganismos probióticos, su clasificación y los géneros representativos, así como las bacterias ácidos lácticas, su rol en la industria de alimentos, los principales alimentos fermentados en los cuales intervienen. Así como la evidencia encontrada de su eficacia en investigaciones científicas en las cuales se demuestran la viabilidad y la funcionalidad de las cepas probióticas utilizadas; a su vez se hizo una revisión de los principales métodos que se emplean para preservar y mantener viables a los probióticos durante su incorporación en alimentos. También se revisó la información actual de los efectos benéficos que los probióticos pueden aportar a la salud humana tras su ingestión y se describió las enfermedades en las cuales estos microorganismos están siendo utilizados como tratamiento alternativo. Concluyéndose que los probióticos tiene un gran potencial que aún está por aprovechar, debido a las limitaciones actuales, muchas de ellas éticas; la falta de regulación para este tipo de productos; la falta de diseños experimentales, la falta de rigor científico al realizarlos, la misma tendencia actual de la industria por sacar productos nuevos al mercado que carecen de estudios previos que avalen su eficacia.

Palabras clave: Probióticos, salud, alimentos, encapsulación.

ABSTRACT

The aim of this study was to review the current evidence on the application of probiotics in the food industry and its effects on human health, motivated by the growing interest that these products have attracted in recent times by the world population that seeks to find in them a better quality of life and your health. To do a thorough search in the main databases of scientific papers published worldwide on probiotics in food and medical studies of its efficacy in the treatment and control of human disease was performed. This document begins with a description of probiotic microorganisms, their classification and representative genres as well as lactic acid bacteria, their role in the food industry, the main fermented foods which are involved. And found evidence of their effectiveness in scientific research in which the viability and functionality of the probiotic strains used are shown; in turn was a review of the main methods used to preserve and maintain viable probiotics for incorporation into food. Current information on the beneficial effects that probiotics can contribute to human health after ingestion and diseases in which these organisms are being used as alternative treatment described was also reviewed. Concluding that probiotics has great potential remains to be tapped, due to current limitations, many ethical; the lack of regulation for such products; the lack of experimental designs, the lack of scientific rigor to achieve them, the same current industry trend to bring new products to market that have no previous studies to support their effectiveness.

Keywords: probiotics, health, food, encapsulation.

I.INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

El mercado de los probióticos en el mundo está en plena expansión y presenta una de las mayores tasas de crecimiento dentro del mercado global de los "alimentos funcionales" (Saxelin, 2008; Cáceres y Gotteland, 2010; Páez, 2014).

En el 2008, el mercado de consumo de alimentos probióticos fue de 11,4 millones de euros en Europa Occidental (Aguirre, 2015). En el Reino Unido, las ventas de yogur, kéfir y bebidas cultivadas representan las principales categorías de alimentos, con ventas estimadas en 700 mil dólares en el 2010, sólo de yogures; a su vez, el sector de la alimentación y nutrición en América Latina alcanzó ventas de alrededor de 3,67 mil millones de dólares en el 2003, de los cuales el 14,4% fueron los alimentos funcionales, en este contexto, Brasil y México son los mercados considerados de mayor potencial (Aguirre, 2015). Algunas estimaciones en el 2014 del mercado global de los probióticos fueron aproximadamente 32,6 billones de dólares, del cual Asia representaría el 42% y Europa el 20% del total de los ingresos generados (Aguirre, 2015).

Por lo que es evidente que en el mundo de hoy, tanto para los consumidores, las industrias de alimentos y los centros de investigación existe un creciente interés por los probióticos. En los mercados se puede encontrar un sin número de productos que incluyen probióticos dentro de su formulación; a su vez existe un significativo número de publicaciones que abordan los beneficios que estos pueden proporcionar a la salud, no solo de los seres humanos, sino también de los animales (Carro, 2014). Sin embargo, también es evidente que existe una clara necesidad de aprender más acerca de los probióticos, de las condiciones necesarias que se deben cumplir para poder aprovechar de manera segura las bondades que estos tienen para quienes los consumen; ya que mucha de la información promovida por los médicos y los medios de comunicación no es tan clara y muchos expertos sostienen que los productos probióticos que se llevan al mercado no tienen instrucciones de uso básicas: por ejemplo, no especifican que estos no deben hervirse o que es necesario cuidar la cadena de refrigeración después de comprado el producto. Sumado a esto, está la falta pruebas preliminares y que dichas pruebas se hagan directamente con seres humanos, para que un nuevo producto con probióticos pueda ser lanzado al mercado y que este sea aceptado como tal (Cruz, 2014).

1.2 Trabajos previos

Sanz, Collado y Dalmau (2003) realizaron una revisión bibliográfica denominada Probióticos: criterios de calidad y orientaciones para el consumo. En este trabajo se revisan los conceptos de probióticos y prebióticos, dentro del contexto de alimentos funcionales, así como los criterios

recomendados para la evaluación de su calidad, en relación con las propiedades nutritivas y funcionales que se les atribuyen; a su vez sugieren recomendaciones globales para el consumo de derivados lácteos, que constituyen el principal vehículo de los probióticos, según sus propiedades nutritivas y funcionales generalmente aceptadas. Asimismo, se incluye información sobre la calidad de los productos probióticos existentes en el mercado, respecto a la identidad de las cepas declaradas y su viabilidad. No obstante, concluyen que llegar a asociar un efecto beneficioso sobre la salud con una cepa concreta y desarrollar probióticos específicos para determinados grupos de población requerirá un conocimiento mucho más amplio sobre sus mecanismos de acción.

Dosta *et al.*, (2009) realizaron una revisión bibliográfica sobre Bacteriocinas producidas por bacterias probióticas; debido al creciente interés, sobre la obtención de microorganismos benéficos productores de sustancias antagonistas para su aplicación en la industria alimentaria, en la producción animal y recientemente en el campo acuícola, el objetivo de su revisión fue mostrar un panorama general del conocimiento que se tiene sobre las bacteriocinas, su modo de acción y aplicación.

Isay (2006) realizó una revisión bibliográfica presentando el estado del arte acerca de los probióticos y prebióticos, reportando nuevos conceptos, los beneficios de estos ingredientes alimentarios para cuidar la salud humana y los posibles mecanismos implicados, discutiendo declaraciones de propiedades saludables que se les atribuyen, y los hallazgos recientes basados en evidencia científica experimental. Concluyendo que el efecto de los microorganismos probióticos y prebióticos puede mejorar a través de su asociación, dando lugar a los alimentos funcionales simbióticos.

El campo de estudio que se aborda con esta investigación ha sido ya abordado por algunas investigaciones previas como la de León, *et al.* (2012) donde se detalló la situación actual y perspectivas de las investigaciones de las cepas probióticas de los géneros *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, su aplicación en la agroindustria y sus efectos beneficiosos en la salud humana.

Vandenplas, Huys y Daube (2015) realizaron una investigación monográfica denominada "Probióticos: una actualización". Motivados por el aumento del conocimiento de la asociación entre el microbiota intestinal y la salud humana; y porque el interés por los probióticos está creciendo cada vez más. Ellos se plantearon el objetivo de analizar la literatura más reciente sobre los probióticos, estableciendo los beneficios clínicos con énfasis en los niños, llegando a concluir que las normas en cuanto a probióticos han aumentado; pero todavía se requiere definiciones más rigurosas. La evidencia de beneficio clínico está aumentando, aunque todavía existe ausencia en

muchas áreas y las posibles desventajas se deberían a la comercialización indebida de productos no validados.

Investigaciones como la realizada por Urrútia *et al.* (2014); donde se propusieron identificar, evaluar la calidad y describir la evidencia científica sobre la eficacia y seguridad de los probióticos administrados por vía vaginal u oral, en la prevención de las infecciones de repetición del tracto urinario y las infecciones vaginales fúngicas y microbianas; mediante una búsqueda electrónica en bases de datos. Teniendo como resultados un total de 20 estudios que cumplían con los criterios de selección de esta revisión, observando una tendencia favorable hacia el uso de los probióticos, especialmente en población de riesgo elevado de vaginosis bacteriana y vulvovaginitis candidiásica. Por lo que concluyeron que los probióticos son una opción prometedora en la prevención de recurrencias de infecciones del tracto urinario y de recomendación en infecciones vaginales, segura y costo-efectiva, especialmente en la población de mayor riesgo.

Aguirre (2015) realizó un estudio que buscaba una relación entre el ejercicio físico y el consumo de probióticos en los estratos sociales altos y medio-altos, como una forma de mantenimiento físico preventivo. Un estudio que analiza preliminarmente la relación entre el ejercicio y consumo de probióticos. Los objetivos del trabajo fueron desarrollar un perfil preliminar del consumidor de probióticos en los estratos descritos y determinar los principales factores relacionados con el consumo de probióticos. Concluyendo que la hipótesis planteada (el consumir probióticos está relacionado con la decisión de hacer ejercicio) se acepta, ya que los análisis muestran la existencia de la relación postulada, lo cual está en línea con los resultados que se han obtenido en otros países desarrollados y en vías de desarrollo.

Olveira y González, (2007) Revisaron el concepto de prebióticos, probióticos y simbióticos y su empleo en diferentes situaciones de la práctica clínica diaria. Con un grado de evidencia alto concluyeron que el empleo de determinadas cepas de probióticos reduce significativamente, el riesgo de diarrea por antibióticos. Aunque precisan que son necesarios más estudios, tentado que el uso de prebióticos, probióticos y simbióticos en personas afectas de enfermedad inflamatoria intestinal (especialmente en la colitis ulcerosa y en la pouchitis) podría mejorar las tasas de inducción y/o mantenimiento de la remisión; respecto a la seguridad de los probióticos y simbióticos, la balanza de beneficios frente a los riesgos está claramente inclinada hacia los primeros ya que el riesgo de infección es bajo, incluso en pacientes inmunodeprimidos. No obstante, existen grupos seleccionados de pacientes en los cuales todavía se recomienda emplear con precaución.

Cabrera y Fadragas (2005) y de manera similar Sánchez y Ruiz (2015) realizaron un trabajo monográfico sobre la evidencia científica de los avances en fisiopatología que se tituló “Probióticos y salud: una reflexión necesaria” identificando el papel protector de las bacterias probióticas como elemento importante a tener en cuenta en la prevención y tratamiento terapéutico de desórdenes intestinales e infecciones urogenitales recurrentes. Su objetivo fue actualizar los conocimientos respecto al tema, para ello realizaron una revisión bibliográfica en la que se expuso las características primarias de las bacterias probióticas, también sus principales efectos sobre la anatomía y fisiología del segmento digestivo y urogenital en la nutrición, y finalmente sus efectos terapéuticos sobre nuestro organismo. Concluyendo que las bacterias probióticas constituyen una herramienta dietética disponible que disminuyen la susceptibilidad de sufrir infecciones, manteniendo la flora intestinal y urogenital sana y balanceada, con niveles inmunológicos aceptable, por lo cual deben ser incorporadas como elementos nutritivos obligatorios en nuestra dieta diaria.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Historia y definición de los probióticos

Hace más de un siglo que Elie Metchnikoff (científico ruso, premio Nobel, y profesor del Instituto Pasteur en Paris) postuló que las bacterias ácido lácticas (BAL) ofrecían beneficios a la salud que llevaban a la longevidad (Jiménez y Jiménez, 2013); Sugirió que la “autointoxicación intestinal” y el envejecimiento resultante podrían suprimirse modificando la microbiota intestinal y utilizando microorganismos útiles para sustituir a los patógenos, proteolíticos como *Clostridium*; que son productores de sustancias tóxicas que surgen de la digestión de proteínas, entre las que se encuentran fenoles, indoles, y amoníaco. Desarrolló entonces una dieta con leche fermentada por la bacteria, a la que denominó “bacilo búlgaro” (Guarner, 2008; Sánchez y Ruiz, 2015).

Luego, en 1917, antes del descubrimiento de Alexander Fleming de la penicilina, el profesor alemán Alfred Nissle aisló una cepa no patógena de *Escherichia coli* de las heces de un soldado de la “Primera Guerra Mundial” que no había desarrollado enterocolitis durante un brote grave de shigellosis. Los trastornos del tracto intestinal frecuentemente eran tratados con bacterias no patógenas viables, para cambiar o reemplazar la microflora intestinal. La cepa de *Escherichia coli* de Nissle 1917 es uno de los pocos ejemplos de un probiótico no BAL. (OMGE, 2008).

A sí mismo; Henry Tissier (del Instituto Pasteur) aisló por primera vez una Bifidobacteria de un lactante alimentado a pecho, a la que denominó *Bacillus bifidus communis*. Tissier postulaba que las Bifidobacterias desplazarían a las bacterias proteolíticas que provocan la diarrea y recomendó la administración de Bifidobacterias a lactantes que padecían de este síntoma. El término

“probiótico” fue introducido por primera vez en 1965 por Lilly y Stillwell; a diferencia de los antibióticos, se definió al probiótico como aquel factor de origen microbiológico que estimula el crecimiento de otros organismos. En 1989, Roy Fuller enfatizó el requisito de viabilidad para los probióticos e introdujo la idea de que tienen un efecto beneficioso para el huésped (Guarner, 2008).

El término de probiótico significa “a favor de la vida” y son microorganismos o sustancias provenientes de éstos que contribuyen al equilibrio microbiano intestinal (Soccol et al., 2010; citado por López, Aguirre y Vázquez; 2013).

En la actualidad una de las definiciones más relevantes que se tiene de los probióticos es que son microorganismo vivos que cuando se administran en cantidades adecuadas a un hospedero ejerce un efecto benéfico sobre su salud (FAO, 2001; Quigley, 2010; Rodríguez et al., 2012; Illanes, 2015). Los probióticos ejercen múltiples roles que van desde el simple bloqueo físico para microorganismos patógenos, hasta la modulación de respuestas inmunitarias para controlar la presencia de otros microorganismos patógenos como bacterias y virus (Olveira y González, 2007; Sanders, 2008; citado por Jiménez y Jiménez, 2013; Ascensión y Culebras, 2013).

Si bien es cierto; la definición de la OMS es que un producto probiótico debe incluir organismos vivos, que produzcan efectos benéficos; sin embargo, hay estudios que muestran que con tan sólo el ADN bacteriano se pueden obtener efectos similares a los obtenidos con la bacteria integra. Se demostró que esto no ocurre cuando el ADN está metilado o ha sido degradado. De igual manera, hay estudios que demuestran que la administración de bacterias no viables y viables produce los mismos efectos benéficos. Por ello, la autoridad sanitaria autoriza la comercialización de probióticos a base de organismos muertos (Lammers, 2003). Lo anterior, sugiere que el concepto de probióticos debería cambiar a: “un probiótico debe incluir organismos vivos, muertos o su material genético, que al ser administrados en cantidades adecuadas proporcionan o generan efectos benéficos a la salud del huésped” (Rodríguez y Reyes, 2010).

1.3.2 Clasificación de microorganismos probióticos

Las cepas probióticas pueden ser bacterias, hongos y levaduras pero la gran mayoría son bacterias. Las cepas con propiedades benéficas a la salud humana y de importancia para la industria alimentaria pertenecen frecuentemente al género de *Bifidobacterium*, *Lactobacillus* y *Streptococcus*, así como levaduras del género de *Saccharomyces*. En el cuadro 1 se resumen las cepas probióticas utilizadas actualmente en la industria.

Cuadro 1. Clasificación de bacterias probióticas por géneros y especie

Bifidobacterium spp.	Lactobacillus spp.	Streptococcus spp.	Enterococcus spp.	Bacillus spp.	Lactococcus spp.	Saccharomyces
<i>B. bifidum</i>	<i>L. acidophilus</i>	<i>S. thermophilus</i>	<i>E. faecalis</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>L. lactis</i>	<i>S. boulardii</i>
<i>B. breve</i>	<i>L. fermentum</i>	<i>S. lactis</i>	<i>E. faecium</i>	<i>B. coagulans</i>	<i>L. cremoris</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
<i>B. lactis</i>	<i>L. bulgaricus</i>	<i>S. intermedium</i>			<i>L. diacetylactis</i>	
<i>B. longum</i>	<i>L. casei</i>	<i>S. diacetylactis</i>				
<i>B. infantis</i>	<i>L. casei Shirota</i>	<i>S. salivarius subsp</i>				
<i>B. adolescentis</i>	<i>L. johnsonii La1</i>					
<i>B. animalis</i>	<i>L. plantarum</i>					
<i>B. termophilum</i>	<i>L. reuteri</i>					
<i>B. laterosporus,</i>	<i>L. rhamnosus GG</i>					
<i>B. essences,</i>	<i>L. salivarius</i>					
	<i>L. curvatu</i>					

FUENTE: Fisiología e inmunología intestinal aplicada

1.3.3 Nomenclatura utilizada para los microorganismos probióticos.

Una cepa probiótica se cataloga en base a su género, especie, y a una designación alfanumérica. En la comunidad científica se ha acordado una nomenclatura para los microorganismos por ejemplo, *Lactobacillus casei* DN-114 001 o *Lactobacillus rhamnosus* GG (OMGE, 2008).

Los nombres comerciales no están sujetos a regulación, y las compañías pueden ponerle el nombre que quieran a los probióticos que ponen en sus productos por ejemplo, LGG.

Cuadro 2. Ejemplo de clasificación de nombres de cepas probióticas

Género	Especie	Designación de la cepa
<i>Lactobacillus</i>	<i>rhamnosus</i>	GG
<i>Lactobacillus</i>	<i>casei</i>	DN-114-001

Fuente: (OMGE, 2008)

1.3.4 Características generales de las cepas probióticas

Para que un microorganismo sea considerado como probiótico, debe cumplir ciertas características: (Kolida et al., 2006; Dunne et al., 2001; citado por Cervantes, 2014).

- Ser de origen humano; aunque a la fecha los principales probióticos disponibles no son de origen humano, se cree que si el probiótico es aislado del tracto gastrointestinal, es seguro para el consumo humano y quizás sea más efectivo en la colonización del intestino delgado (Cervantes, 2014).
- Estatus GRAS, (Generally Regarded as Safe) Generalmente Reconocido como Seguro. Estatus GRAS es concedido por la FDA a alimentos o componentes de alimentos que son seguros para el consumo humano, probados a través de procedimientos científicos, de la experiencia basada en el uso común de los alimentos y en la historia sustancial de consumo por un número significativo de consumidores (Cervantes, 2014; Rodríguez, 2015).
- Los probióticos deben ser capaces de ser preparados en gran escala de manera viable. Es importante que sean viables y activos en un vehículo específico determinado.

- Los probióticos tienen que ser resistentes a la acidez gástrica y a la toxicidad de los ácidos biliares. El bajo pH gástrico, es una de los principales mecanismos de defensa del hospedero contra los microorganismos ingeridos, incluidos los probióticos.
- Adherencia a las células epiteliales intestinales humanas (CEI) y a la mucina intestinal, lo que mejora la persistencia y multiplicación en el colon de los probióticos y promueve la exclusión competitiva de patógenos potenciales de las superficies mucosas.
- Producción de sustancias antimicrobianas contra patógenos intestinales para la restauración de la composición de la microbiota intestinal.
- Eficacia y seguridad demostrada en estudio aleatorizados, doble ciego y en estudios en humanos controlados con placebo.

A su vez, los criterios a evaluar para seleccionar una cepa probiótica para fines industriales se muestran a continuación en el cuadro 3.

Cuadro 3. Criterios a tener en cuenta para la selección de probióticos de aplicación comercial

Criterio	Propiedad
Seguridad	Origen Patogenia e infectividad (ausencia) Factores de virulencia – toxicidad, actividad metabólica y propiedades intrínsecas como la resistencia a antibióticos
Tecnológico	Cepas genéticamente estables Viabilidad durante el procesamiento y almacenamiento Buenas propiedades sensoriales Resistencia a fagos Producción a gran escala
Biológico/Funcional	Tolerancia al ácido y a los jugos gástricos Tolerancia a la bilis Adhesión a la mucosa Efectos beneficiosos sobre la salud validados y documentados
Fisiológicos	Inmuno-modulación

	<p>Actividad antagonista frente a patógenos gastrointestinales</p> <p>como <i>Helicobacter pylori</i> o <i>Candida albicans</i></p> <p>Metabolismo del colesterol y de la lactosa</p> <p>Propiedades antimutagénicas y anticancerígenas</p>
--	---

Fuente: (Páez, 2014).

1.3.5 Géneros de bacterias de importancia industrial.

1.3.5.1 GÉNERO: Lactobacilos

Morfología

Son bacterias ácido lácticas gram positivas, son microorganismos anaerobios y estrictamente fermentativos (Cipagauta et al., 2010), no patógenas, organotrófas en forma de barra. Pueden formar espirales o formas cocobacilares, su tiempo de generación es de 25 minutos a varias horas y crecen en forma óptima a temperaturas entre 30 a 40 °C (Guarderas, 2012). Su lugar de acción es el intestino (*Lactobacillus casei*) actúa a nivel del intestino delgado (Motta, 2013).

Son sacarolíticos obligados, su característica principal es la de fermentar azúcares con producción de ácido láctico, Tienen una gran importancia industrial, pues se utilizan en diversos procesos de fermentación láctica de yogur, quesos, etc. (Amores y Pérez, 2004; Collado, 2008). Fueron los primeros organismos usados por el hombre para la producción de alimentos (Guevara, 2011). Las especies de *Lactobacillus* que han sido aisladas incluyen a: *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus johnsonii*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus gasseri* y *Lactobacillus reuteri* (Pérez, 2008).

El mecanismo de acción de *Lactobacillus* es el siguiente:

- Adherencias a tejidos intestinales.
- Estímulos de macrófagos y producción de bacteriocinas.
- Modulan inmunidad mucosa intestinal.
- Inhibición competitiva de bacterias patógenas y restauración de la homeostasis microbiana.
- Digestión de proteínas y carbohidratos.
- Formación de vitaminas, maduración y diferenciación de la mucosa intestinal.

1.3.5.2 GÉNERO: *Bifidobacterium*

Morfología

Son bacilos gram positivos anaeróbicos, no móviles no formadores de esporas, se tiñen irregularmente con azul de metileno, el pH requerido para su crecimiento oscila entre 6.5 y 7, no existiendo crecimiento en pH menor de 4.0 o mayor de 8.0 (Scardovi, 1986; citado por Collado, 2008), su temperatura óptima de crecimiento oscila entre 36 y 38°C para las especies de origen humano y de 41 a 43°C para las especies de origen animal (Collado, 2008).

Representa el 3% de la microbiota total del intestino de humanos adultos sanos y son la especie predominante en el tubo GI de niños estando presentes en una concentración del 95% (Guarderas, 2012) y su lugar de acción es el colon (Motta, 2013). Producen enzima B-galactosidasa que mejora la intolerancia a la lactosa y son antagonistas con *E. Coli* y *Shigella*, que modifican las condiciones de acidez y condicionan la formación de ácido láctico y acético (Olagnero et al., 2007). Las especies de *Bifidobacterium* de importancia industrial incluyen: *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium longum* y *Bifidobacterium infantis* (Heller, 2001). Aunque, en la actualidad el género se encuentra formado por un total de 28 especies (Amores y Pérez, 2004).

El mecanismo de acción es el siguiente:

- Incremento en la producción de IgA mucosa.
- Estímulo de actividad fagocítica por las células mononucleares.
- Incremento en la respuesta linfocítica a cambios antigénicos sistémicos o por vía oral.
- Se asocian a la secreción de sustratos con propiedades antimicrobianas y secreción de mucinas.
- Disminuyen la conversión de sales biliares primarias a secundarias.
- Producen vitaminas en especial complejo B.

1.3.5.3 GÉNERO: *Bacillus*

Morfología

Las bacterias del género *Bacillus* se consideran gram positivas. Tienen forma de bastoncillo y están agrupadas en cadenas, son móviles y poseen flagelación peritrica. Forman endosporas, son anaerobias estrictas o facultativas (Milián y Pérez, 2008). No son bacterias adherentes y son productoras de sustancias antimicrobianas, así como de enzimas hidrolasas. Varias especies del género *Bacillus* son usadas como probióticos en humanos y en animales, pero a pesar de su extenso

uso, su mecanismo de acción no está totalmente entendido (Wang et al., 2009). Tagg (1976) citado por Lázaro (2005) menciona que las especies del género *Bacillus* producen diversos metabolitos biológicos como antibióticos, proteinasas y bacteriocinas (Guevara, 2011), los cuales hacen a esta bacteria un candidato atractivo para el control biológico contra otras bacterias (Amores y Pérez, 2004). Entre las especies de mayor importancia alimentaria, como probióticos pertenecientes a este género, están *B. cereus*, *B. licheniformis*, *B. subtilis* y *B. natto*. (Milián y Pérez, 2008).

1.3.5.4 GÉNERO: Streptococcus

Morfología

Son células esféricas u ovoides de 0,7-0,9 μm de diámetro, distribuidas en parejas o formando cadenas. Son anaerobios facultativos, quimioorganotrofos con metabolismo fermentativo (Collado, 2008). Son catalasa negativos, crecen con un 2,5% de cloruro sódico. La temperatura mínima de crecimiento es de 19 a 21°C, teniendo la habilidad para crecer a 52 °C. Aunque existen más de 66 especies, la única especie de estreptococos que está asociada a la tecnología alimentaria es *Streptococcus thermophilus* y su nombre procede del término griego “*therme*” que significa calor y del término “*philus*” que significa afinidad. El conjunto de carbohidratos que puede fermentar, distingue a *Streptococcus thermophilus* de muchos otros estreptococos y en la industria lo emplean para la fabricación de yogur (junto con *Lactobacillus delbruekii subsp. bulgaricus* y con otros microorganismos *Lb. casei*; *Lb. acidophilus*; *Bifidobacterium*). (Amores y Pérez, 2004).

1.3.5.5 GÉNERO: Pediococcus

Morfología

Son cocos gram positivos, catalasa negativos, anaerobios facultativos. Son homofermentativos, fermentan azúcares para producir una concentración de ácido, comprendida entre el 0.5 y el 0.9%, crecen en concentraciones de 5.5% de NaCl, mientras que a 10% de NaCl su crecimiento es escaso. Sus temperaturas de crecimiento oscilan desde los 7 hasta los 45°C, aunque su temperatura óptima está entre 25 y 32°C. Se presentan en parejas o en tétradas como consecuencia de la división celular en dos planos, el tamaño celular varía de 0.6-2.0 μm dependiendo de la especie. Raramente se observan células aisladas y por lo general se emplean como cultivo iniciador para salchichas semisecas. Estos pueden ser deterioradores de sidra y cerveza realizando una infección que la enturbia y acidifica con un olor peculiar denominado “enfermedad de la cerveza por sarcinas”.

Algunas cepas son productoras de bacteriocinas (Wood y Holzapfel, 1995; Fernández, 2000; Jay, 2000; Citado por Romero, 2014).

1.3.5.6 GÉNERO: *Lactococcus*

Morfología

Se presenta en forma de cocos, dispuestos en pares o en cadena de longitud variable. Son bacterias gram positivas, no esporuladas, sin flagelo, homofermentativas, que producen sólo ácido láctico, anaerobias facultativas y microaerófilas. Su temperatura óptima de crecimiento es próxima a 30°C, estas bacterias son termo sensibles; a su vez no pueden crecer a concentraciones de NaCl de 6.5% o cuando el pH es superior a 9.6 (Dellaglio et al., 1994; citado por Romero, 2014).

1.3.5.7 GÉNERO: *Leuconostoc*

Morfología

Son cocos gram positivos, catalasa negativos, anaerobios facultativos, pueden ser alargados o elípticos y dispuestos en parejas o cadenas, heterofermentativos, temperatura óptima de crecimiento de 20 a 30°C. Pueden aislarse de plantas, ensilados y leche. Muy utilizados en la industria láctea (en la manufactura del suero de la leche, mantequilla y queso) como cultivos iniciadores; ya que producen compuestos responsables del sabor como diacetilo o acetoína (productos de la ruptura metabólica del citrato), en la fermentación de verduras como las coles (chucrut) y pepinillos en vinagre. *Lc. oenos* es la única especie acidófila del género, siendo importante en la producción de vinos. Las especies de *Leuconostoc* están implicadas en el deterioro de los alimentos azucarados; ya que toleran concentraciones elevadas de azúcar, lo que facilita su multiplicación en los jarabes, constituyendo un importante problema en las refinerías de azúcar (Prescott y col., 1999; Jay, 2000; Madigan y col., 2004; citado por Romero, 2014).

1.3.5.8 GÉNERO: *Saccharomyces*

Morfología

El ejemplo más representativo de levadura con capacidad probiótica lo encontramos en *Sacharomyces boulardii*. Es la única levadura no patógena, clínicamente probada, que no pertenece a la flora endógena del humano y por ello llamada agente bioterapéutico (Guarderas, 2012). Fue descubierta en Indochina en 1923 por el científico Francés Henri Boulard, que consiguió aislar la levadura a partir de la corteza de diversas frutas tropicales (litchi, mangostán) tras haber

comprobado que las poblaciones indígenas utilizaban la corteza de dichas frutas como medicamento antidiarreico (Tomasik y Tomasik, 2003; citado por Pérez, 2008). Esta fue utilizada por primera vez en Francia para el tratamiento de la diarrea a comienzos de 1950 (McFarland, 2001; Vandenplas, 2007). Actualmente las especies de levadura *S. boulardii*, *S. cerevisiae*, *K. fragilis* y *K. lactis* son consideradas microorganismos GRAS (Reconocido como Seguros) y han sido aprobadas como aditivos alimentarios (Pérez, 2007).

El mecanismo de acción de las levaduras es el siguiente:

- Refuerza las uniones estrechas entre enterocitos, de este modo reduce la permeabilidad de la mucosa.
- Se adhiere a las células intestinales y no produce translocación bacteriana.
- Tiene un efecto de antagonismo microbiano, gracias a la manosa presente en su membrana externa, las bacterias patógenas se adhieren sólidamente a los receptores de la levadura (adhesinas). Posteriormente los patógenos son eliminados mediante flujo intestinal. Este mecanismo preventivo inhibe la adhesión de microorganismos patógenos a la mucosa intestinal.
- Estimulan la producción de ácidos grasos de cadena corta, desempeñando un papel determinante en los procesos de maduración y renovación celular, así como en la absorción de agua y electrolitos.
- Además, puede reducir la inflamación en el tracto gastrointestinal la estimulación de las células T reguladoras.

1.3.6 Bacterias ácido lácticas BAL

Las BAL son un grupo de microorganismos no formadores de esporos, catalasa y oxidasa negativos, tienen formas de cocos o de bastoncitos, gram positivos, que prefieren condiciones de anaerobiosis, pero son aerotolerantes y fermentadores estrictos, generan ácido láctico como producto principal de la fermentación de carbohidratos, son ácido tolerantes, soportan rangos de pH entre 4.8 y 9.6, lo que les permite sobrevivir naturalmente en medios donde otras bacterias no sobrevivirían. Se encuentran en la leche y en otros ambientes naturales (Páez, 2014). Entre las BAL destacan los géneros *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc* y *Pediococcus* (Mondragón y Mauregui, 2008). Algunos otros géneros menos conocidos de BAL son *Aerococcus*,

Carnobacterium, *Enterococcus*, *Oenococcus*, *Teragenococcus*, *Vagococcus* y *Weisella* (Romero, 2014).

Las BAL sintetizan su ATP en la fermentación láctica de los glúcidos, el ácido láctico es en algunos casos el único producto final (homofermentación) y en otras ocasiones se produce además etanol, acetato y CO_2 (heterofermentación) (Guevara, 2011). Las BAL requieren aminoácidos específicos, vitamina B y otros factores de crecimiento y son incapaces de utilizar hidratos de carbono complejos (Hassan et al., 2001).

1.3.7 Importancia tecnológica de las BAL

Desde el punto de vista de la industria alimentaria resaltan en el sector lácteo; ya que se utilizan las BAL como starters (cultivo acidificante en los procesos de elaboración de queso y yogurt) o como probióticos (cultivo adjunto), las BAL proporcionan sabor y textura e incrementan el valor nutricional de los alimentos (Mateos, 2002; González, Gómez y Jiménez, 2003). En el cuadro 2 se presentan un resumen de algunos productos fermentados por acción de bacterias ácido lácticas.

Cuadro 4. Aplicaciones de las BAL en alimentos fermentados

Alimentos Fermentados	Bacteria Ácido Lácticas Reportadas
Productos lácteos	<i>Lb. delbrueckii subsp. bulgaricus</i> , <i>S. thermophilus</i>
Yogurt	
Queso Cheddar	<i>L. lactis subsp. lactis</i> , <i>L. lactis subsp. cremoris</i> , <i>S. thermophilus</i>
Queso Italiano (mozzarella)	<i>Lb. delbrueckii subsp. bulgaricus</i> , <i>Lb. helveticus</i> , <i>Lb. lactis</i> , <i>S. thermophilus</i>
Queso tipo Suizo	<i>Lb. delbrueckii subsp. bulgaricus</i> , <i>Lb. lactis</i> , <i>Propionibacterium shermanii</i> , <i>L. lactis subsp. biovar diacetylactis</i> , <i>Leuc. mesenteroides subsp. cremoris</i> , <i>L. lactis subsp. lactis</i> , <i>L. lactis subsp. cremoris</i> , <i>S. thermophilus</i>
Quesos de bovino y cabra	<i>L. lactis subsp. lactis</i> , <i>L. lactis subsp. cremoris</i> , <i>L. lactis subsp. biovar diacetylactis</i> , <i>Leuc. mesenteroides subsp. cremoris</i>
Mantequilla y crema acidificada	<i>L. lactis subsp. lactis</i> , <i>L. lactis subsp. lactis biovar diacetylactis</i> , <i>L. lactis subsp. cremoris</i> , <i>Leuc. Mesenteroides subsp. Cremoris</i>
Kefir	<i>Lb. kefir</i> , <i>Lb. kefirianofacies</i> , <i>Lb. brevis</i>
Leche fermentada con probióticos	<i>Lb. casei</i> , <i>Lb. acidophilus</i> , <i>Lb. rhamnosus</i> , <i>Lb. johnsonii</i> , <i>B. lactis</i> , <i>B. bifidum</i> , <i>B. breve</i>
Productos cárnicos	<i>Lb. sakei</i> , <i>Lb. curvatus</i> , <i>P. acidilactici</i> , <i>P. pentosaceus</i>
Salchichones	
Jamón curado	<i>Lb. casei</i> , <i>Lb. Plantarum</i>

Pescado fermentado	<i>Varios géneros y especies</i>
Productos de origen vegetal	<i>Lb. plantarum, Lb. brevis, P. acidilactici, P. cerevisiae, Leuc. Mesenteroides</i>
Sauerkraut (col ácida)	
Pepinillos (pickles)	<i>Lb. plantarum, Lb. pentosus, Lb. plantarum, Leuc. mesenteroides</i>
Kimchi (Korea)	<i>Lb. plantarum, Leuc. mesenteroides, L. brevis</i>
Idli/dosa (India)	<i>Leuc. mesenteroides, E. faecalis</i>
Vino (fermentación maloláctica)	<i>O. oeni</i>
Vino de arroz	<i>Lb. sakei</i>
Aceitunas	<i>Lb. Plantarum. Lb. Brevis, P. pentosaceus</i>
Productos de soya (salsa, miso, tempeh, leche)	<i>Lb. delbrueckii, Lb. casei, Lb. delbrueckii, Lb plantarum, Lb. helveticus, L. lactissubsp. lactis, Leuconostoc spp, S. thermophilus</i>
Panadería	<i>Lb. brevis, Lb. fermentum, Lb. plantarum, Lb. sanfrancisco, S. thermophilus, Saccharomyces cerevisiae</i>
Pulque	<i>L. plantarum, Leuconostoc spp</i>

Fuente: (Ramírez, 2011).

A las BAL se les conoce también como bioconservadores debido a la producción de bacteriocinas y otras sustancias que ejercen acción antibacteriana que contribuyen a la prevención de la descomposición de los alimentos (Campos, 2002; Santiago, 2011).

A su vez se ha demostrado que las BAL reducen el crecimiento de gérmenes indeseables en el tracto intestinal (Páez, 2014). Esta reducción sería consecuencia tanto de la producción de compuestos antibacterianos, como la acidez intestinal originada o del antagonismo competitivo (Guevara, 2011).

En conclusión, la actividad antimicrobiana de las BAL mediante la producción de bacteriocinas representa un gran potencial para la industria alimenticia; ya que se pueden utilizar como conservadores biológicos puros que en un momento dado podrían reemplazar a los conservantes químicos; ya que las bacteriocinas tienen la ventaja de ser proteínas que al biodegradarse no forman compuestos secundarios (González, Gómez y Jiménez, 2003). Lo que representa un beneficio invaluable para la industria.

1.3.8 Aspecto tecnológico de los probióticos

El problema que se presenta a la hora de incorporar probióticos a cualquier producto alimenticio, es la escasa resistencia de los microorganismos a los procesos tecnológicos y a las diferentes condiciones ambientales como el pH, el oxígeno o la temperatura presentes (Martín et al., 2010). Por todo esto, es necesario que los microorganismos se introduzcan a los alimentos protegidos por una barrera física que evite su exposición a las condiciones adversas del entorno (Páez, 2014).

Para ello, se recurre a procesos como la microencapsulación, que consisten en el recubrimiento de pequeñas cantidades de un determinado compuesto mediante un material protector que es generalmente de naturaleza polimérica (Martin et al., 2009). Para el caso de fármacos la liberación del probiótico se lleva a cabo en el estómago o en el intestino, permitiendo una máxima absorción de los compuestos con un mínimo de reacciones adversas. Además la microencapsulación protege a los probióticos de los bacteriófagos y de los ambientes adversos, como la congelación y las soluciones gástricas, y facilita la manufacturación de productos fermentados, ya que proporciona unas condiciones más constantes (Martin et al., 2009).

1.3.9 Microencapsulación

La microencapsulación es un proceso en el cual pequeñas partículas de compuestos activos son rodeados por una cobertura (material pared), matriz homogénea o heterogénea, para obtener pequeñas cápsulas del orden de micras (Gharsallaoui, 2007; Rodríguez et al., 2012; Montes et al., 2013). El material exterior utilizado como cubierta se llama agente de encapsulación, mientras que el ingrediente doméstico es el material activo (Champagne y Fustier, 2007; Favaro et al., 2008; Fritzen et al., 2013; Citados por Menezes et al., 2013). Esta cobertura protege los elementos bioactivos de reacciones adversas con otros compuestos presentes en el medio e impide que sufran reacciones de oxidación debido a la luz o al oxígeno, protege de la sensibilidad a factores ambientales e impide la pérdida nutricional (Adhikari et al., 2000; Kadiya, Kanawjia y Solanki, 2014). Su aplicación en alimentos permite obtener productos con mejores características sensoriales, nutricionales y texturales. Es por ello, que se vienen empleando las técnicas de microencapsulación para proteger y mantener viables a los microorganismos probióticos debido a la escasa resistencia de estos a las diferentes condiciones ambientales y tecnológicas que se presentan durante su incorporación a los productos alimenticios.(Martin et al., 2009; Montes et al., 2013).

1.3.9.1 Técnicas de microencapsulación

Existen diversas técnicas para la producción de microcápsulas. En general, estas se pueden dividir en tres grupos por procesos:

- Procesos físicos: secado por aspersión.
- Procesos químicos: polimerización interfacial e inclusión molecular.
- Procesos fisicoquímicos: coacervación, liposomas y gelificación iónica

1.3.9.2 Secado por aspersión, atomización o pulverización.

La atomización es un proceso en el cual el líquido se fracciona en millones de gotas individuales formando un spray en un medio de secado en caliente (Pedroza, 2002). La distribución del tamaño de las partículas obtenidas por este método es en general, menor a 100 μ . La selección de la configuración del atomizador depende de la naturaleza y viscosidad de la alimentación y de las características deseadas del producto seco (Ver anexos). Cuanto mayor sea la energía utilizada, serán más finas las gotas formadas (Montes et al., 2013).

El producto final consiste en partículas deshidratadas suspendidas en aire, de ahí que un eficiente sistema de remoción resulta esencial (Gómez et al., 2010). Este método consta de 2 pasos:

1. La preparación de la emulsión o suspensión del material por encapsular en una solución encapsulante o material pared
2. La atomización y la deshidratación de las partículas atomizadas.

Las bajas tasas de supervivencia de cultivos deshidratados por atomización y el subsecuente almacenamiento y las dificultades para rehidratar el producto han limitado el uso del secado por atomización en la preservación bacteriana (Gómez et al., 2010). No obstante la ventaja de este proceso es su simplicidad y es apropiado para materiales sensibles al calor, ya que el tiempo de exposición a temperaturas elevadas es muy corto (Martin et al., 2009; Pasin, 2012). Además, es un proceso energéticamente eficiente y puede ser utilizado para producir grandes cantidades de cultivos de bacterias (Páez, 2014).

1.3.9.3 Polimerización interfacial

En este proceso se produce la polimerización de un monómero en la interfase de dos sustancias inmiscibles, formando una membrana, que dará lugar a la pared de la microcápsulas (Pedrozas, 2002; Martín et al., 2009).

Este proceso tiene lugar en tres pasos:

1. Dispersión de una solución acuosa de un reactante soluble en agua, en una fase orgánica para producir una emulsión agua en aceite
2. Formación de una membrana polimérica en la superficie de las gotas de agua, iniciada por la adición de un complejo soluble en aceite a la emulsión anterior.
3. Separación de las microcápsulas de la fase orgánica y su transferencia en agua para dar una suspensión acuosa. La separación de las microcápsulas se puede llevar a cabo por centrifugación (Martín et al., 2009).

1.3.9.4 Incompatibilidad polimérica

En este método se utiliza el fenómeno de separación de fases, en una mezcla de dos polímeros químicamente diferentes e incompatibles en un mismo solvente (Pedrozas, 2002). El material a encapsular interaccionará solo con uno de los dos polímeros, el cual se adsorbe en la superficie del material a encapsular formando una película que los engloba. De manera general, este proceso se lleva a cabo en solventes orgánicos y cuando el material a encapsular es sólido (Martín et al., 2009).

1.3.9.5 Coacervación

Es un método físico-químico que se basa en la separación de fases, consiste en tres pasos:

1. Formación de un sistema de tres fases químicamente inmiscibles (una fase líquida o fase continua, un material a recubrir y un material de cobertura o de pared) (Pedrozas, 2002; Martín et al., 2009).
2. Deposición del material polimérico líquido que formará la cubierta sobre el material a cubrir (Martín et al., 2009).
3. Solidificación de la cubierta. Con esta técnica, se pueden obtener microcápsulas esféricas muy pequeñas, de hasta de 4 μm y con una carga de material a encapsular de alrededor del 90%.

Además, proporcionan una buena protección contra las pérdidas por volatilización y contra la oxidación (Martín et al., 2009).

1.3.9.6 Liposomas

Los liposomas son partículas microscópicas hechas de lípidos y agua principalmente. Son estructuras compuestas de una bicapa de lípidos que engloban un volumen acuoso. Se elaboran con moléculas anfífilas que poseen sitios hidrofóbicos, por ejemplo, fosfolípidos como la lecitina. En la fase acuosa, se coloca en material a encapsular cuando es hidrofílico o bien se agrega en el solvente orgánico donde se disuelven los fosfolípidos, si es lipofílico (Martín et al., 2009).

1.3.9.7 Gelificación iónica

Existen dos técnicas de gelificación (Rodríguez, 2003).

1.3.9.7.1 Gelificación externa o emulsificación

Consiste en la gelificación del alginato en una emulsión agua/aceite (W/O), donde una sal de calcio soluble es agregada en el seno de la emulsión W/O, siendo la más estudiada. El tamaño de partícula que se obtiene es relativamente grande, entre 400 μm y 1mm. (Liu y Wu, 2007). El procedimiento aplicado a microorganismos consiste en tomar un pequeño volumen de suspensión de células de polímeros (fase discontinua) se añade a un gran volumen de aceite vegetal (fase continua) para formar las microcápsulas. El tamaño obtenido de las perlas oscila entre 2mm a 25mm y depende del procedimiento de emulsión, ajuste de la velocidad de aplicación y la proporción de la fase. Para el control de la transición sol-gel, durante el proceso de gelificación externa los factores a manipular son la concentración de calcio y su composición (Draget, 2000). Esta técnica ha sido usada para encapsular bacterias ácido lácticas, como se reportó en el trabajo de (Homayouni, 2008, citado por Cipagauta, 2010).

1.3.9.7.2 Gelificación interna, extrusión o método de goteo.

La gelificación interna se basa en la liberación del ión calcio desde un complejo insoluble en una solución de alginato de sodio (Montes et al., 2013). Esto se lleva a cabo por acidificación de un sistema aceite-ácido soluble, con participación en la fase acuosa del alginato, se adiciona los microorganismos a esta y luego se hace pasar por una aguja de jeringa (a nivel laboratorio) o tubos de extrusión (para planta piloto), para formar gotas, estas se dejarán caer en caída libre a una solución endurecedora (como el cloruro de calcio). El tamaño y la forma de la perla dependen del diámetro de la boquilla y la distancia de adición (Cipagauta, 2010; Montes et al., 2013). Este método

es el más popular debido a su facilidad, simplicidad, bajo costo y esta técnica permite obtener partículas de un tamaño de aproximadamente 50 μm . (Liu y Wu, 2007). Las microcápsulas obtenidas con esta tecnología tienen la desventaja de ser generalmente grandes y el empleo de jeringas para el goteo, no la hace aplicable para una escala industrial (Xiu et al., 2007; Martín et al., 2010; Montes et al., 2013).

Esta consta de 2 fases:

- **Fase acuosa de la emulsión**

Se parte de una solución acuosa de alginato sódico al 5% (P/V), a una temperatura de 37 °C, se mantiene la temperatura constante toda la síntesis, así como la agitación mecánica de 700 rpm. A la solución se le añade 1 gramo del probiótico liofilizado bajo agitación continua hasta su completa dispersión. A continuación, se añade carbonato cálcico (Martín et al., 2010).

- **Fase oleosa**

Formada por aceite vegetal que se incorpora a la fase acuosa, agitando hasta obtener una emulsión de fase externa oleosa. A la emulsión A/O resultante, se le adiciona ácido acético glacial. Este ácido actúa como precursor en la formación de las micropartículas, es decir, inicia la gelificación interna propiamente dicha. Se produce un intercambio de los iones sodio del alginato por los iones calcio presentes en el medio y esto origina la gelificación del polímero presente en las gotas de agua. De este modo, se forman las micropartículas pregelificadas quedando las bacterias atrapadas en la matriz polimérica. Las micropartículas formadas se separan de la emulsión oleosa mediante la incorporación de cloruro cálcico. Esta sal aporta más iones calcio, por lo que contribuye a la consolidación de la estructura tridimensional originada por el polímero y al endurecimiento de las partículas que ofrecen, de este modo, una mayor protección a las bacterias microencapsuladas (Martín et al., 2010).

1.3.9.8 Materiales de microencapsulación

Existe una amplia variedad de materiales para cobertura que pueden ser usados para microencapsular ingredientes alimentarios, donde se incluyen aceites hidrogenados, ceras, maltodextrinas, almidones y gomas que proporcionan una encapsulación uniforme. En general existen tres categorías: grasas, proteínas y polímeros (Cipagauta et al., 2010).

Cuadro 5. Materiales empleados para encapsulación de probióticos

Tipo de cobertura	Cobertura Especifica
Gomas	Agar, Alginato de sodio, carragenina, goma arábica.
Carbohidratos	Almidón, dextranos, sacarosa, jarabes de maíz.
Celulosas	Etilcelulosa, metilcelulosa, acetilcelulosa, nitrocelulosa, carboximetilcelulosa.
Lípidos	Ceras, parafinas, digliceridos, monogliceridos, aceites, grasas, ácido esteárico, trisetearina.
Proteínas	Gluten, caseína, albumina.
Materiales Inorgánicos	Sulfato de calcio, silicatos.

Fuente: (Martín et al., 2009).

Cuadro 6. Aplicaciones de Microencapsulación de probióticos en alimentos

Bacterias	Técnica	Matriz	Aplicación
<i>L. acidophilus</i> , <i>B. lactis</i>	Emulsión	Alginato	Leche; queso feta
<i>L. acidophilus</i> , <i>B. bifidum</i>	Emulsión-Extrusión	Alginato	Quesos kasar y blanco
<i>L. plantarum</i>	Emulsión	Alginato/pectina/quitosano	Yogurt
<i>L. acidophilus</i> , <i>B. lactis</i>	Extrusión	Alginato	Leche fermentada
<i>L. casei</i> , <i>B. lactis</i>		Alginato	Helados
<i>L. acidophilus</i> , <i>Bifidobacterium</i>	Emulsión	Alginato	Postres congelados
<i>Lactobacillus</i> , <i>L. acidophilus</i>		Alginato/almidón	Yogurt
<i>L. acidophilus</i>	Extrusión	Alginato/xantana	Zumos vegetales
<i>L. reuteri</i>	Emulsión-Extrusión	Alginato	Salchichas

Fuente: (Pasin, 2012).

1.3.10 Liofilización (freeze Drying)

Liofilización es un proceso de secado mediante sublimación que consta de dos etapas; primero se congela el producto y después el producto es secado por sublimación directa del hielo bajo presión reducida. En el secado se distinguen dos fases: la primera fase llamada difusiva o secado primario donde se da la mayor remoción de agua del producto (75-90%) seguida de una segunda fase difusiva o de secado secundario (Alzate, 2008).

La liofilización es considerada uno de los métodos más adecuados para el secado de materiales biológicos y alimentos sensibles; ya que no implica una exposición prolongada a tratamientos

térmicos severos (Páez, 2014). Sin embargo, cuando este método se emplea para el secado de bacterias probióticas y otras células, ocurren efectos no deseados, tales como la pérdida de la membrana celular debido a los cambios en el estado físico de la membrana lipídica o cambios en la estructura de las proteínas sensibles que se encuentran en la célula bacteriana (Teixeira, Castro y Kirby, 1996). Es el caso de cepas de *Lactococcus* y *Lactobacillus* que no alcanzan una viabilidad satisfactoria y recuperación luego de la liofilización, además el tamaño celular de estos afecta la supervivencia durante la congelación y liofilización (Gómez et al., 2010). Para disminuir dichos efectos se emplea solutos de protección, tales como crioprotectores (sacáridos y polioles) y otros solutos compatibles como adonitol, betaína, glicerol y leche descremada, aumentando la viabilidad y la supervivencia de las bacterias durante la liofilización y posterior almacenamiento (Hamoudi, Goulet y Ratti, 2007).

Si bien es cierto, la liofilización es ampliamente utilizada para la formulación de cultivos iniciadores y probióticos; no obstante, es un proceso costoso, discontinuo y con bajos rendimientos (Páez, 2014).

1.3.11 Probióticos en la industria alimentaria

1.3.11.1 Probióticos en alimentos

Los alimentos probióticos son aquéllos a los cuales se les han adicionado microorganismos que benefician la salud del hospedero, manteniendo un equilibrio en la flora intestinal (Barboza et al., 2004). A continuación se presenta un resumen de las principales investigaciones con productos alimentarios que han tenido éxito como matrices para incorporar probióticos en alimentos.

1.3.11.1.1 Probióticos en productos lácteos

1.3.11.1.1.1 Probióticos en yogurt

El efecto de las bacterias probióticas en productos lácteos fermentados es bastante complejo, ya que no solo contribuyen con la preservación del alimento debido a la producción de ácido láctico y otros compuestos antimicrobianos, sino que también aportan compuestos responsables del aroma y sabor (acetaldehído entre otros) y polisacáridos extracelulares que le dan al producto características organolépticas deseables e incrementan su valor nutricional mediante la liberación de aminoácidos y vitaminas (Córdoba, Cháves y Arias, 2009).

En una investigación realizada en Venezuela, se evaluó el efecto de cultivos probióticos adicionales (*Lactobacillus casei* y *L. acidophilus*) incorporados en yogurt comercial sobre bacterias patógenas

como *Listeria monocytogenes* y *Escherichia coli* O157:H7 en una concentración de (10^6 UFC/g) inoculadas en el yogurt durante el almacenamiento a 5°C por 32 días. Se realizó el recuento cada 4 días, observándose que el número de bacterias lácticas y el pH se mantuvieron constantes durante el período de evaluación. A su vez, el yogurt con probióticos redujo la población de *L. monocytogenes* a niveles no detectables en 8 días de almacenamiento y para la población de *E. coli* O157:H7 en 16 días. Mientras que en el yogurt sin probióticos (control) fueron necesarios 20 días para reducir la población de *L. monocytogenes* a niveles no detectables y para las cepas de *E. coli* O157:H7 aun después de 28 días seguían vigentes (Barrantes et al., 2004). Resultados similares a los obtenidos por Calderón et al. (2007) que investigo la existencia de diferencias entre yogures sin probióticos y el yogurt comercial con probióticos, en cuanto a la inhibición de patógenos. Observándose un efecto inhibitorio evidente, por parte del yogurt probiótico sobre las poblaciones de *S. aureus*, *E. coli* O157:H7 y *L. monocytogenes* (Calderón et al., 2007).

Asimismo, en otro estudio que se realizó en Costa Rica empleando la misma metodología descrita anteriormente se evaluó el efecto de cultivos probióticos sobre poblaciones conocidas de *Staphylococcus aureus* inoculadas en yogurt, a lo largo de su vida útil normal (28 días) confirmándose de nuevo los efectos beneficiosos de los cultivos probióticos en yogurt sobre bacterias patógenas. No obstante se recuerda la necesidad de mantener las normas de higiene durante la producción para evitar que *S. aureus* contamine los alimentos y produzca entero toxinas, ya que éstas toxinas no son afectada por los probióticos (Salvatierra et al., 2004).

En otro estudio se evaluó el comportamiento del microorganismo probiótico *Lactobacillus casei* añadido al yogur en diferentes etapas de la producción. Esto fue antes de la adición de iniciador (*L. salivarius subsp thermophilus Streptococcus* y *Lactobacillus delbrueckii. subsp bulgaricus*), junto con esta cultura y al final de la fermentación; los productos se almacenaron a 4 grados °C y se analizaron después de 1, 7, 14 y 21 días de almacenamiento. En estos períodos, se enumeraron las poblaciones de células probióticas y de cultivos iniciadores, también se analizaron los parámetros de pH y acidez. Como resultado se encontró que *L. casei* se mantuvo viable en poblaciones de más de 10^8 UFC / g durante 21 días de almacenamiento, cantidad adecuada de células para definir las formulaciones como probióticos (Bandiera et al., 2013). Estos trabajos confirman los efectos beneficiosos de los cultivos probióticos adicionados en yogurt; ya que se mantiene un producto inocuo y de sabor característico.

1.3.11.1.1.2 Probióticos en queso

El queso ofrece ciertas ventajas como vehículo de transporte de los microorganismos probióticos por tener un pH más alto que otros productos lácteos actualmente comercializados con agregado de probióticos, lo que provee de un medio más estable para mantener la sobrevivencia de los probióticos; además, su contenido graso puede ofrecer protección a las bacterias probióticas durante su paso a través del tracto gastrointestinal (Brito et al., 2011). Es el caso del queso Cheddar con agregado del probiótico *Enterococcus faecium*, donde se probó que el queso es mejor vehículo que el yogurt para el transporte de este probiótico al tracto gastrointestinal (Gardiner et al., 1999).

A su vez, en un estudio realizado en Chile donde se inocularon dos bacterias probióticas, *Lactobacillus casei shirota* y *Bifidobacterium lactis*, en quesillo de leche de soya, que luego fue almacenado a 5°C por 10 días; pasado este tiempo el queso fue sembrado en agar MRS para su recuento e identificación presentando una concentración final de 2.98×10^8 ufc/g, cantidad suficiente de microorganismos viables capaces de proporcionar beneficios para la salud; por lo que se considera a este producto una buena alternativa para albergar probióticos (Olmos, 2006).

Otro estudio en el que se inoculo cepas probioticas a un queso cheddar-like producido con leche microfiltrada estandarizada con crema enriquecida con material retenido fosfocaseinato nativo y fermentada por *Bifidobacterium infantis*, estos quesos se envasaron en bolsas selladas al vacío y mantenidas a 4 ° C durante 84 días, luego se determinó la viabilidad de las *Bifidobacterias*. Estas mostraron resultados de sobrevivencia muy buenos por encima de 3×10^6 ufc / g de queso; a su vez, no se observó ninguna diferencia significativa entre los quesos producidos con o sin *bifidobacterias* para la grasa, proteína, humedad, sal, ceniza, o pH (Daigle et al., 1999). Paralelamente, se encontró que el uso de probióticos como *Lb. casei* IFPL731 en quesos muestra la actividad de aminotransferasa metionina que conduce a la producción del aroma típico en quesos (Martínez et al., 2001).

Daigle et al. (1999) informó de un estudio similar realizado con queso Cheddar fabricado con leche microfiltrada. La leche se estandarizó por la adición de crema retenido enriquecido fosfocaseinato fermentada con *Bifidobacterium infantis* (concentración inicial de 10^7 y 10^8 UFC / g de crema). Los autores obtuvieron los recuentos de bifidobacterias en niveles por encima de 10^6 UFC / g durante al menos 12 semanas. Al mismo tiempo, no hubo efectos del cultivo en las características organolépticas del queso (Oliveira, Sivieri y Alegro, 2002).

En otro estudio usando cepas de *Lactobacillus casei* ssp. se observó una fuerte actividad contra péptidos amargos (fenilalanina-prolina, fenilalanina-prolina, prolina-isoleucina) y aminoácidos derivados que contienen azufre (metionina *p* nitroanilida, cisteína *p* nitroanilida, y la alanina-metionina), influyendo directamente en la eliminación de la amargura de los quesos durante la maduración (Arora et al., 1990); resultados similares a los obtenidos por Thage (2005) con el empleo de cepas de *Lactobacillus paracasei* subsp. que aportaron al queso bajo en grasa características sensoriales superiores, aromático y dulce sin amargura (Thage et al., 2005).

1.3.11.1.1.3 Probióticos en helado

En este estudio analizaron el comportamiento de poblaciones inoculadas de *Bifidobacterium lactis* y *Lactobacillus acidophilus* durante el procesamiento y almacenamiento de helado batido, evaluando además los cambios en el sabor y en el costo resultantes de la incorporación de estas bacterias en el proceso. Si bien es cierto se sabe que gran parte de los beneficios sobre la salud de las bacterias lácticas proviene de los metabolitos producidos durante la fermentación; en este estudio se incorporó los cultivos probióticos sin fermentar para no afectar las características sensoriales del producto final y aprovechar el beneficio que podría obtenerse en el equilibrio de la flora normal el consumo del probiótico en sí (Corrales, 2007). En este estudio se concluyó que la adición de los microorganismos probióticos *B. lactis* BB-12 y *L. acidophilus* LA-5 no produjo un cambio significativo ($p > 0,05$) en el sabor del helado, pero sí un cambio importante en los costos variables del producto, con un aumento del 28%. De acuerdo con los resultados obtenidos, el helado batido adicionado con *B. lactis* BB-12 y *L. acidophilus* LA-5 resulta ser un buen vehículo para la introducción de microorganismos probióticos en la dieta. De igual manera, en otro estudio se confirmó que un producto lácteo como el helado puede servir como vehículo para llevar microorganismos probióticos al ser humano, donde la cepa de *Lactobacillus acidophilus* se incorporó a un helado de crema sin sabor, encontrándose que después de seis semanas de almacenamiento las bacterias probióticas sobreviven a las condiciones y se mantienen en un valor aceptable (Cipagauta et al., 2010).

1.3.11.1.1.2 Probióticos en cereales

En este estudio se incorporó una cepa de *Bacillus Coagulans* a una mezcla en polvo a base de cereales instantáneos, se analizó la concentración de microorganismos, para así determinar la dosis adecuada, con la finalidad de que cada gramo del cereal infantil contenga 10^6 UFC. Tomando como base de cálculo 15 billones de microorganismos de probióticos, se realizó un cálculo teórico de adición de 0.013 % para garantizar la viabilidad del probiótico, durante la vida útil del alimento.

Durante el estudio el producto presentó un comportamiento estable a los 50 días; observándose que cumple con las especificaciones de calidad establecidas y que los microorganismos evaluados se mantuvieron viables en la cantidad necesaria; a su vez, la adición del probiótico, *Bacillus coagulans*, no generó alteración de las características organolépticas durante el tiempo del estudio (López y Jiménez, 2015).

A su vez, en otro estudio se evaluaron barras de cereales como matriz sólida para la incorporación de un microorganismo probiótico, se evaluó su aceptabilidad, sabor, textura y valor nutricional. Para ello se utilizó la bacteria ácido láctico *Weissella confusa* liofilizada y como vehículo del probiótico se utilizó cobertura blanca sabor a chocolate. Encontrando que la aceptabilidad del producto en términos de sabor, color, olor y textura fue superior al 50%, en cuanto al perfil de sabor se indicó que el arroz inflado, dulces y pasas fueron los sabores más pronunciados; no obstante, el sabor rancio no se percibió. La formulación de prebióticos fue de (5,91% en base seca de fibra dietética). En cuanto a la viabilidad de las bacterias probióticas hubo una reducción de 3.73×10^{11} a 5.62×10^7 UFC / g. Sin embargo, el recuento se mantuvo dentro de un rango en el que el producto puede ser considerado como probiótico (Páez, 2014). Lo que demuestra que las barras de cereales se pueden utilizar como matriz sólida para el desarrollo de formulaciones sinérgicas de probióticos y prebióticos (Serna, Angulo y Ayala, 2015).

1.3.11.1.3 Bacterias probióticas en jugo de frutas

En un estudio realizado en el 2010 se examinó la supervivencia de las bacterias probióticas en un sistema de zumo de frutas, utilizando tres cepas diferentes de bacterias probióticas (HOWARU *Lactobacillus rhamnosus* HN001, HOWARU *Bifidobacterium lactis* HN001, y *Lactobacillus paracasei* LPC 37), estas se inocularon en el jugo con diversas vitaminas y antioxidantes y una muestra de jugo como control que no contenía aditivos. Se evaluó la viabilidad de las cepas cada semana utilizando el método de recuento en placa, de manera similar a lo realizado por Pereira *et al.* (2013). El jugo modelo se hizo con sacarosa, citrato de sodio, polvo de ácido cítrico, y agua destilada y se pasteurizó antes de su uso, los resultados mostraron que las bacterias probióticas no sobreviven bien en el duro ambiente ácido del jugo de fruta control información que concuerda a la encontrada por Nualkaekul y Charalampopoulos, (2011) y lo encontrado por Perricone *et al.* (2014). Sin embargo, el jugo que contenía vitamina C, extracto de uva y extracto de té verde mostro mejores resultados en cuanto a supervivencia de las bacterias probióticas manteniendo la población inicial inoculada de 8,32 log CFU / mL. a una viabilidad media

de 4,29 log UFC / ml al final del período de almacenamiento de 6 semanas (Shah, 2010). Por lo que, este estudio muestra una prometedora opción para incorporar probióticos a los alimentos.

En otro estudio se utilizaron jugos de fruta inoculados con una cepa de *L. plantarum* para evaluar la viabilidad del microorganismo. Los jugos de fruta fueron estandarizados y de sabores variados (mango, lulo y fresa), estos fueron almacenados en condiciones de refrigeración a 8 °C. Los jugos de frutas fueron inoculados con concentraciones de 10^{10} UFC/mL. y después de 30 días de almacenamiento se observó que las cepas inoculadas solo disminuyeron su concentración celular en 2 ciclos logarítmicos obteniendo poblaciones finales cercanas a 10^8 UFC/mL, concentración final de células similar a las obtenidas por Champagne y Gardner (2008) y lo obtenido por Sheehan, Ross y Fitzgerald (2007), trabajando con cepas de *L. casei* DN-114 001, *L. rhamnosus* GG y *L. paracasei* NFBC43338 en jugo de naranja, piña y arándano. Los resultados obtenidos mostraron una alta tolerancia de la cepa de estudio a las condiciones fisicoquímicas de los tres jugos, y una buena aceptabilidad comparable con los obtenidos con los jugos de control, lo que indica que estos jugos pueden llegar a ser matrices efectivas en la elaboración de jugos funcionales adicionados con microorganismos probióticos (Serna et al., 2012).

1.3.11.1.4 Probióticos en bebidas alcohólicas

Hay estudios que demuestran la presencia de microorganismos probióticos en bebidas como el pulque mexicano tradicional que se obtiene por la fermentación de la savia azucarada conocida como aguamiel obtenida a partir de diferentes especies de maguey (Posteraro et al., 2005). Entre los microorganismos que intervienen en la fermentación del pulque están *Lactobacillus* y *Leuconostoc*, responsables de la viscosidad característica produciendo polisacáridos del tipo de las dextranas y bacterias como *Zymomonas mobilis* y levaduras del tipo *Saccharomyces carbajali* y *Saccharomyces cerevisiae* responsables de la fermentación alcohólica transformando la glucosa en alcohol y dióxido de carbono liberando ácido láctico (Cervantes, 2002).

Estudios reportan poblaciones microbianas hasta de 45×10^8 UFC/mL para *Saccharomyces sp.* y de 41×10^7 UFC/mL para *Zimomonas sp.* y de 34×10^6 UFC/mL para *Lactobacillus sp.*, que le dan a la bebida un elevado valor nutricional; a su vez, la presencia de estos microorganismos probióticos aislados podrían tener efectos benéficos para el sistema digestivo al ser consumidos vía oral (Mendoza, 2013).

1.3.11.1.5 Probióticos en productos cárnicos

Los productos cárnicos fermentados son alimentos que dependen de muchos tipos de microorganismos para su fermentación, uno de los más importantes es *P. acidilacti*, se ha comprobado que esta cepa puede producir una potente bacteriocina llamada pediocina PA-1/AcH (Stiles, 1996; citado por Pérez, 2008). Kaya y Aksu en Turquía el año 2005, estudiaron el efecto de la inoculación de las cepas probióticas (*Lactobacillus acidophilus* y *Bifidobacterium lactis*) en un producto cárnico fermentado muy popular en esta región llamado “sucuk”. Ellos encontraron que el uso de probióticos en embutidos previene la oxidación de lípidos; a su vez, tienen un efecto positivo respecto a los conteos de enterobacterias que disminuyen durante el almacenamiento (Pérez, 2008). Lo que demuestra que la incorporación de probióticos en embutidos cárnicos fermentados es una alternativa sumamente eficaz y beneficiosa para la industria alimentaria.

En cuanto a productos cárnicos cocidos no se han podido emplear probióticos debido al tratamiento térmico que llevan estos productos y en donde los microorganismos probióticos no pueden sobrevivir. Sin embargo, Desmond y col. (2001) reportaron que la adaptación al calor incrementa la termotolerancia de *Lactobacillus*. Estos investigadores demostraron que la cepa *Lactobacillus paracasei* NFBC 338 exhibe una gran termotolerancia pudiendo llegar a sobrevivir a temperaturas por arriba de 60 °C (Gómez, 2010).

A pesar de estos hallazgos en productos cárnicos cocidos es necesario realizar más estudios para lograr que las bacterias lácticas puedan llegar viables al intestino. No obstante es posible tener bacterias que resistan el tratamiento térmico y puedan sobrevivir en el intestino, estas innovaciones pueden resultar en bacterias más eficaces y lograr en el futuro tener una gran diversidad de productos cárnicos cocidos que contengan probióticos (Pérez, 2008).

1.3.12 Probióticos y su efecto en la salud humana

1.3.12.1 Condiciones que deben cumplir los probióticos para producir efectos benéficos a la salud

Hoy en día con todos los estudios científicos que se han realizado con probióticos, no hay duda que ayudan a equilibrar las funciones vitales esenciales para el hospedero y a su vez participan en el mantenimiento de la salud (Cervantes, 2014).

Para que los probióticos lleven a cabo la mayoría de los beneficios a la salud, es necesario que una cantidad suficiente de probióticos viables lleguen al intestino humano, esta cantidad se conoce como “dosis mínima terapéutica”. Con base en estudios previos que caracterizan una gran variedad

de especies y géneros de probióticos se estableció una dosis mínima de 10^8 UFC/día de microorganismos probióticos viables y activos (Lourens et al. 2001; citado por cervantes, 2014). Otros investigadores sugieren para que cobre importancia fisiológica el consumo de los probióticos, estos deben llegar a las personas por encima de 10^6 ; ósea 10^7 UFC / g o ml. (Sema, Angulo y Ayala, 2015). Tanto el número mínimo de viables para cada cepa, vida de anaquel, condiciones de almacenamiento del producto y la dosis requerida para tener un efecto benéfico a la salud deben estar reportados y disponibles en la etiqueta del alimento donde sean usados (FAO/WHO, 2002). Algunos de los efectos a la salud sugeridos por probióticos son: Incrementar el valor nutricional (mejor digestibilidad, aumentan la absorción de minerales y vitaminas), promover la digestión de lactosa, prevenir infecciones gastrointestinales, regular la motilidad del intestino (estreñimiento, síndrome del intestino irritable), mejorar el sistema inmune, entre otras (Cervantes, 2014).

1.3.12.2 Efecto Inmunomodulador

1.3.12.2.1 Flora Intestinal y su relación con probióticos

Para hablar de flora intestinal es conveniente recordar que el tracto gastrointestinal, antes del nacimiento, es estéril y es recién durante el parto donde se produce la primera exposición microbiana del recién nacido por el contacto con la flora fecal y vaginal de la madre (Álvarez et al., 2015), incluso se ha observado diferencias entre la flora de niños nacidos por cesárea y los nacidos por vía vaginal (Wallace, 2011). En los meses siguientes al nacimiento ya se establece una flora comensal estable. Se estima que las colonias de bacterias que viven en nuestro organismo de forma natural y que ayudan a su correcto funcionamiento representan hasta 1 kilogramo del peso corporal total, señaló Juan Carlos López, director de investigación del Hospital General de México (Vitela y Villanueva, 2015). A su vez, cabe resaltar que a lo largo de la vida puede haber modificaciones transitorias de la microflora intestinal en el individuo, por el uso de antibióticos, éstas suelen ser reversibles, de forma que cada individuo mantiene una flora predominante relativamente invariable durante toda su vida. Al ingresar los probióticos, llegando al nivel del intestino encuentran numerosos microorganismos, que ya están allí para el mantenimiento de la necesaria homeostasis intestinal y que son capaces de promover efectos beneficiosos para la salud, pero también allí conviven otros considerados potencialmente patógenos por su capacidad de invadir al hospedador (Fernández, 2013). A nivel de intestino enseguida a su llegada los probióticos cumplen un importante papel al tener efectos ventajosos como barrera entre las células epiteliales del intestino y los microorganismos dañinos (Turner, 2009); a su vez tienen la capacidad de adaptarse al nuevo entorno de acuerdo con los nutrientes disponibles y competir con otros microorganismos (Sonnenburg et al., 2010). Asimismo, el hospedador se beneficia de las bacterias por la capacidad

que tienen estas de sintetizar vitamina K, inhibir el crecimiento de microorganismos potencialmente patógenos y mantener la integridad y funcionalidad de la mucosa (Dobson et al., 2011).

1.3.12.2.2 Competencia por los sitios de adherencia en el intestino.

Anteriormente se explicó que, los probióticos son bacterias sin capacidad patógena, capaces de prevenir la adherencia, establecimiento, replicación y accionar de las bacterias nocivas. Estudios específicos han puesto en evidencia de como una modificación en el pH del lumen intestinal (Ph < 4) no logra ser tolerado por determinados gérmenes patógenos), debido fundamentalmente a la producción de ácidos orgánicos, principalmente lactato y los ácidos grasos de cadena corta (acetato, propionato y butirato), como consecuencia de la capacidad fermentativa de los probióticos sobre la fibra dietética (Morrison et al., 2006). Algunos autores involucran otros mecanismos en la producción de compuestos antibacterianos, como pueden ser bacteriocinas o peróxido de hidrógeno (Corr et al., 2007), sin embargo, el desplazamiento de bacterias nocivas no necesariamente implica actividad bacteriostática o bactericida, sino que también puede ser consecuencia de la competencia física por unirse al epitelio, ya que los probióticos consumen también los sustratos disponibles para las bacterias patógenas (Fernández, 2013).

1.3.12.2.3 Sistema de defensa del organismo.

Los probióticos poseen un amplio espectro de efectos inmunomoduladores ya que son capaces de actuar sobre la inmunidad innata y la adquirida o específica, pudiendo proteger al hospedador frente a infecciones y procesos de inflamación intestinal crónica (enfermedad de Crohn, enfermedad celíaca, etc.). Las células epiteliales y las células del sistema inmune innato poseen receptores celulares capaces de discriminar entre la microbiota comensal y la patógena, induciendo la síntesis de distintos mediadores de la respuesta inmune innata (citoquinas, quimioquinas, moléculas de adhesión, etc.) y de adecuadas respuestas adaptativas destinadas a combatir a los patógenos (Werner y Haller, 2007). Además, parece que la presencia de los microorganismos probióticos favorece la reproducción de anticuerpos, especialmente las IgA secretoras en la luz intestinal. Las IgA pueden inhibir la adherencia de las bacterias patógenas a la superficie de las mucosas (Mcfarland, 2000) causando la aglutinación de las bacterias, fijándose en las adhesinas, o sea, sobre los factores de adherencia presentes en la superficie de las bacterias, e interfiriendo con las interacciones adhesinas/receptores celulares (Cabrera y Fadragas, 2005).

En otras situaciones patológicas, los probióticos pueden actuar estimulando la respuesta inmunitaria antígeno-específica en casos de sensibilización a antígenos (alergias) o bien ejercer efectos intestinales claramente antiinflamatorios. Se ha documentado que ciertas cepas probióticas

pueden actuar sobre receptores opioides y canabinoides de las células epiteliales, mediando así en funciones analgésicas, lo que daría lugar a nuevos enfoques en el tratamiento del dolor abdominal y la enfermedad del colon irritable (Rousseaux et al., 2007).

1.3.12.3 Efecto gastro-protector

1.3.12.3.1 Tratamiento y prevención de diarreas

La diarrea es el incremento en el volumen o cambio en la consistencia de la materia fecal; esto se traduce en tres o más deposiciones de materia fecal líquida en un período de 24 horas (Kahn, Fuentes y Villarroel, 2009). Para tratar dicho mal se vienen realizando estudios en los que se utiliza cepas de *Saccharomyces boulardii*, *Lactobacillus casei* y *Lactobacillus rhamnosus* que demuestran tener eficacia en el tratamiento de la diarrea infecciosa aguda infantil, sobre todo en estudios de gastroenteritis virales (Fernández, 2013). También existe evidencia de la eficacia de algunas cepas de estas especies para evitar la diarrea asociada al tratamiento con antibióticos; ya que el uso de antibióticos puede producir diarrea, al alterar el equilibrio de la flora intestinal con descenso de los *Lactobacillus* y *Bifidobacterias*, que pueden oponer resistencia a la colonización por patógenos, produciéndose infecciones por distintos microorganismos oportunistas (Dinleyici et al., 2012). Por el contrario, no hay evidencias concluyentes sobre la eficacia de los probióticos en la prevención y tratamiento de la diarrea asociada a *Clostridium difficile* (Kee, 2012). En general, el nivel de evidencia sobre el beneficio de emplear cepas probióticas en el tratamiento de la diarrea en adultos es menor que en niños; sin embargo es una alternativa muy prometedora al tratamiento convencional con antibióticos (Álvarez et al., 2012).

1.3.12.3.2 Enterocolitis necrotizante

Existen ensayos clínicos que destacan el potencial de algunas cepas probióticas en la reducción del riesgo de incidencia de enterocolitis necrotizante (ECN) en neonatos prematuros y la reducción de mortalidad (Deshpande et al., 2011; Vecchiarelli, 2012), información que difiere a la facilitada por Álvarez et al. (2012) que menciona que el tratamiento con probióticos hasta ahora no ha demostrado eficacia en la disminución de la mortalidad por ECN. Dentro de los probióticos empleados para tratar ECN encontramos combinaciones de cepas de *Bifidobacterium infantis*, *Lactobacillus acidophilus* y *Bifidobacterium bifidum*, siendo estas las más eficaces (Martínez et al., 2012). Por otro lado, en el IV WORKSHOP de la sociedad española de probióticos y prebióticos mencionan que el uso de suplementos enterales de probióticos puede reducir la incidencia de ECN, el riesgo de ECN severa y la mortalidad en prematuros. Sin embargo, la seguridad y eficacia de los suplementos necesita mayor evaluación dado el riesgo potencial de la administración de bacterias vivas en grandes dosis en recién nacidos (Román y Álvarez, 2013). Se hace necesaria la realización

de más estudios controlados y multicéntricos para evaluar su eficacia y seguridad; más aún, si se va a utilizar otras cepas de probióticos que hayan resultado ser beneficiosas en otras patologías gastrointestinales (Vecchiarelli, 2012; Ascensión y Culebras, 2013).

1.3.12.3.3 Erradicación de *Helicobacter pylori*

El *Helicobacter Pylori* (Hp) es un microorganismo gram negativo que coloniza la mucosa gástrica e induce una gastritis crónica asintomática en la mayoría de la gente (Martínez y Noa, 2009). Hp es reconocido hoy en día como un agente causal de úlceras gastro-duodenales y un factor de riesgo importante para el desarrollo de Linfoma Gástrico y Adenocarcinoma (OMGE, 2008). Estudios invitro con cepas específicas de *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* han demostrado que estos producen efectos bactericidas contra *H. pylori* a través de la liberación de bacteriocinas o la producción de ácidos orgánicos, y / o inhiben su adhesión a células epiteliales mediante competencia (Román y Álvarez, 2013). Estos efectos protectores se han confirmado por el momento en modelos animales, mientras que otros resultados de ensayos clínicos indican que los probióticos generalmente no erradican a *H. pylori*, pero si disminuyen la densidad de la colonización, lo cual mantiene niveles más bajos de este patógeno en el estómago; en el caso de asociación con los tratamientos antibióticos, algunos probióticos incrementaron las tasas de erradicación y disminuyeron los efectos adversos producidos por los antibióticos suministrados (Álvarez et al., 2012; Díaz, 2015). Muchos estudios muestran una tasa moderada de mayor erradicación (10%) de *H. pylori* cuando se añaden probióticos para el inhibidor de antibióticos y la bomba de protones (Vandenplas, 2009; Di Caro, 2002). Sin embargo, hasta la fecha no se dispone de datos suficientes que avalen la eficacia de los probióticos en la erradicación de la infección por *H. pylori*. No obstante, se considera que el empleo de probióticos conjuntamente con la antibioterapia puede ser eficaz para aumentar los niveles de erradicación de la infección por *H. pylori* (Martínez et al., 2012).

1.3.12.4 Enfermedad inflamatoria intestinal

1.3.12.4.1 Enfermedad de Crohn

Es una afección que se presenta cuando el sistema inmunitario del propio cuerpo ataca por error y destruye el tejido corporal sano (trastorno auto inmunitario).

Los estudios de probióticos en esta enfermedad no han generado suficiente evidencia científica que sugiera el empleo de probióticos (Guarner et al., 2011). Se han realizado estudios clínicos usando distintos marcadores como índice de actividad de la enfermedad: remisión prolongada de los síntomas, signos clínicos y endoscópicos de recaída y tamaño y gravedad de las lesiones recurrentes. No obstante, ninguna de las cepas de probióticos clínicamente evaluadas hasta el

momento ha demostrado su eficacia en el mantenimiento de la remisión ni en la prevención de la recurrencia clínica de esta enfermedad (Rahimi et al., 2008).

De manera similar Ballesteros *et al.* (2010), indican que a pesar de haberse realizado varios estudios con distintas cepas probióticas (*Escherichia coli* Nissle, *Lactobacillus GG*, *Lactobacillus johnsonii* LA1, *Saccharomyces boulardii* y VSL#3), el número de pacientes tratados es aún insuficiente para concluir a favor de los probióticos (Ballesteros et al., 2010). De igual manera, se refirieron sobre esta enfermedad en el “V Workshop Probióticos, Prebióticos y Salud: Evidencia Científica”, realizado en España, donde se manifestó que los resultados de probióticos y prebióticos son un poco desalentadores y la verdad no parece que sean efectivos (Ascensión, 2013); opinión compartida por Guarner et al. (2011) quienes dicen que estudios de probióticos en la enfermedad de Crohn han sido decepcionantes.

1.3.12.4.2 Pouchitis

La pouchitis o reservoritis crónica es una inflamación recidivante de la mucosa del reservorio que aparece en el 5% a 15% de pacientes sometidos a colectomía y reconstrucción con anastomosis ileoanal. Su origen es desconocido, aunque también parecen intervenir factores de desequilibrio bacteriano (Ballesteros et al., 2010). Por ello se vienen realizando estudios con cepas de *Bifidobacterium longum*, en combinación con alopurinol y tinidazol para la prevención de pouchitis evidenciando que no existe diferencias en los resultados de pacientes que recibieron el tratamiento y los que solo recibieron placebo. Resultados que aún son inciertos debido a la falta de evidencia. Aunque otros estudios sugieren que el empleo de la mezcla de probióticos VSL # 3 puede ser más eficaz que el placebo en la prevención de la pouchitis (Mimura et al., 2004).

1.3.12.4.3 Síndrome del intestino irritable

El síndrome de intestino irritable (SII) es un trastorno intestinal funcional recurrente, en ausencia de causas orgánicas detectables. Hay datos que apoyan su relación con la microbiota intestinal, siendo ésta diferente de la de los individuos sanos (Román y Álvarez, 2013; Alvarez y Azpiroz, 2015). Su definición se basa en que la defecación se acompaña de dolor o molestia abdominal y alteraciones del hábito del movimiento intestinal. Los síntomas no son específicos, ya que pueden presentarse ocasionalmente en cualquier individuo (Guzmán, Montes, Monge, 2012). Algunos estudios clínicos realizados recientemente con cepas probióticas, como *B. infantis* 35624, han resultado prometedores en la reducción de los síntomas de dolor abdominal e hinchazón asociados a esta enfermedad (Whelan, 2011). Mientras que el suministro de *L. rhamnosus* GG en niños tuvo un éxito moderado ante presencia de dolor abdominal y ayudó a disminuir la sensación de distensión abdominal (Quigley, 2012). A su vez en una revisión sistemática de ensayos clínicos sobre

esta enfermedad se ha concluido que existe un beneficio en los síntomas por el tratamiento con probióticos (Álvarez et al., 2012); aunque todavía no está confirmado cuales son las cepas más efectivas (Whitehead, 2004). Resultados que concuerdan con la investigación realizada por médicos peruanos de prestigiosos hospitales en el Perú que concluyen que a la fecha ya se ha acumulado suficiente información acerca de probióticos para que sea el momento de probar su uso en una serie de problemas digestivos entre los que se encuentra el SII. (Guzmán, Montes, Monge, 2012).

1.3.12.4.4 Estreñimiento

El estreñimiento es un trastorno gastrointestinal común que afecta a individuos de todas las edades y los laxantes son usados para mejorar esta afección (Remes, 2005). El uso de los probióticos como terapia del estreñimiento se basa en el desequilibrio de la microbiota intestinal que se ha observado en los niños que lo padecen, pero no está claramente establecida su eficacia en la edad pediátrica (Román y Álvarez, 2013). Esto ha motivado que a la fecha se vengán realizando investigaciones que proponen el uso de probióticos para el tratamiento del estreñimiento; una de estas investigaciones se realizó utilizando una mezcla de cepas de probióticos que contiene *B. bifidum*, *B. infantis*, *B. longum*, *L. casei*, *L. plantarum* y *L. rhamnosus* las cuales muestran efectos positivos en los síntomas del estreñimiento, por ejemplo *L. rhamnosus* Lcr35 fue eficaz en el tratamiento de niños con estreñimiento crónico; opuesto a ello, se informó que *B. lactis* no es eficaz para el tratamiento del estreñimiento; mientras tanto *L. reuteri* DSM 17938 tuvo un efecto positivo en los lactantes con estreñimiento crónico en la frecuencia intestinal (Rosón, 2012). A su vez; un estudio brasileño mostró una influencia positiva de yogur suplementado con *B. longum* sobre la frecuencia de las heces en los niños con estreñimiento, pero este aumento fue comparable con el observado en el grupo control; por lo que se concluye que en este momento no hay pruebas suficientes para recomendar productos lácteos fermentados que contienen la cepa DN-173 010 hasta que se disponga de más datos, el uso de probióticos para el tratamiento de la condición de estreñimiento se debe considerar en investigación (Vandenplas, 2009).

1.3.12.5 Efecto nutricional

1.3.12.5.1 Metabolismo de lípidos

Existen estudios experimentales que demuestran un efecto benéfico del consumo de probióticos en el metabolismo de los lípidos (disminución de los niveles de colesterol y lipoproteínas de baja densidad, así como un aumento en los niveles de lipoproteínas de alta densidad) (Nguyen, Kang y Lee, 2007; Park et al., 2007). Se han documentado estudios en humanos que evidencian un efecto benéfico sobre el nivel de lípidos tras el consumo de productos fermentados y adicionados con

probióticos con combinación de cepas de *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* (Sadrzadeh et al., 2010). A su vez, varias investigaciones realizadas no han podido evidenciar diferencias significativas entre el efecto del consumo de un yogur convencional y un yogur con probióticos o en su defecto, sólo se han observado diferencias significativas en los niveles de colesterol en personas con hipercolesterolemia moderada (Ataie et al., 2009).

Los mecanismos por los cuales los probióticos disminuyen el colesterol sérico no son claros, algunos estudios lo atribuyen a su habilidad de suprimir la reabsorción de ácidos biliares mediante la producción de hidrolasas de sales biliares responsables de su desconjugación en la circulación entero hepática y aumentar la excreción de esteroides ácidos en heces (Ramasamy et al., 2010). El colesterol sérico se reduce como consecuencia del aumento de su conversión en ácidos biliares, debido a una mayor excreción fecal de éstos o por disminución de su solubilidad y su absorción a lo largo del lumen intestinal (Pereira, McCartney y Gibson, 2003). Además, como consecuencia de la desconjugación de los ácidos biliares, éstos pierden eficiencia en la solubilización y absorción de lípidos en el intestino (Sanz et al., 2004). También se ha observado que el consumo de probióticos disminuye en el hígado la enzima HMG Coa reductasa que participa en la síntesis de colesterol, limitando la síntesis endógena de colesterol.

Igualmente, los probióticos pueden unirse a la molécula de colesterol en el intestino delgado, habilidad que parece ser cepa específica (Kimoto, Ohmomo, y Okamoto, 2002), o tener la capacidad de convertir el colesterol a coprostanol en el intestino para ser excretado directamente en las heces, permitiendo por un proceso de homeostasis la reducción del colesterol sanguíneo (Lye, Rusul y Liong, 2010).

1.3.12.5.2 Metabolismo de Proteínas.

Estudios recientes manifiestan que los integrantes de la flora láctica, así como otros grupos de la flora intestinal (*Bacteroides*, *Clostridium*, etc.), pueden contribuir a la hidrólisis de proteínas derivadas de la dieta y a la mejoría de su biodisponibilidad a través de la generación de aminoácidos (Manzano, Estupiñán y Poveda, 2012).

Debido a que las bacterias lácticas han desarrollado un complejo sistema proteolítico que, durante la elaboración de derivados lácteos, actúa incrementando el valor nutritivo y funcional de los productos finales (Sanz et al., 2001). Fruto de la actividad proteolítica, además de mejorar la biodisponibilidad de las caseínas, se pueden generar péptidos con actividad biológica, entre los que se han descrito péptidos inmunomoduladores e inhibidores de la enzima de conversión de la angiotensina (IECA), que están indicados para problemas de hipertensión (Meisel y Bockelmann, 2013). Por el contrario, la fermentación de los aminoácidos libres, llevada a cabo principalmente

por la flora gram negativa, genera productos tóxicos (amonio, aminos, tioles, sulfuro de hidrógeno, indoles, etc.) relacionados con coma hepático, síntomas neurológicos, citotoxicidad y cáncer de colon (Sanz et al., 2004). La flora intestinal también puede estar implicada en el aporte de aminoácidos al huésped derivados de su actividad biosintética, como lisina, treonina, arginina, ácido glutámico, glutamina y cisteína (Metges, 2000; Molin, 2003). En concreto, la arginina es un aminoácido esencial para el feto y el neonato, y la glutamina es crucial en los flujos de carbono y nitrógeno y se le atribuyen funciones en la prevención de infecciones (Huang, Shao y Neu, 2003).

1.3.12.5.3 Metabolismo de carbohidratos

Los componentes alimenticios que no son digeridos en la parte superior del tracto intestinal y los glicanos endógenos (mucinas, glicosfingolípidos, etc.) constituyen los principales nutrientes para la flora que reside en la parte distal del intestino delgado y en el colon (Schell et al., 2002). Entre éstos, los oligosacáridos y polisacáridos, son los principales carbohidratos aportados por la dieta y constituyen el grupo de sustratos fermentables más abundantes. Es así que, los integrantes de la flora intestinal han desarrollado un complejo sistema de glicohidrolasas que les permiten utilizarlos, favoreciendo así su supervivencia, a la vez que generan energía metabólica para los enterocitos (Sanz et al., 2004). Obteniéndose como productos de la fermentación a ácidos grasos de cadena corta, principalmente propiónico, butírico y acético (Cervantes, 2014), que constituyen entre el 83 y 95% del total. El ácido butírico es, en su mayor parte, metabolizado por el epitelio intestinal, aportándole entre un 60 y 70% de toda la energía necesaria. A su vez el ácido propiónico es transportado hasta el hígado, mientras que el acético pasa a la circulación periférica llegando al músculo esquelético y cardiaco. La mayor parte del conocimiento existente sobre los mecanismos de acción y efectos derivados del metabolismo de polisacáridos se ha obtenido con uno de los principales anaerobios intestinales: *Bacteroides thetaiotaomicron* (Hooper, Midtvedt y Gordon, 2002). No obstante, el análisis del genoma de *Bifidobacterium longum* ha puesto de manifiesto la presencia de un número alto de proteínas (más de 40) implicadas en el metabolismo de polisacáridos y glicanos del huésped, indicadores de su adaptación a este nicho ecológico y de su estrecha interacción con el huésped (Schell et al., 2002).

1.3.12.5.4 Digestión de Lactosa y asimilación de aminoácidos.

El termino intolerancia a la lactosa describe la incapacidad de digerir cantidades significativas de lactosa. Esta incapacidad es resultado de la falta de la enzima lactasa que es normalmente producida por las células en el intestino delgado. Los probióticos se pueden alimentar de lactosa, por lo que la lactosa es hidrolizada por las cepas probióticas (Patil y Reddy, 2006; Aguilera et al., 2007; Álvarez et al., 2012). El alivio a la intolerancia a la lactosa por los probióticos fue uno de sus

primeros efectos demostrados (Marteau et al., 1990) y son ahora *S. thermophilus* y *L. delbrueckii bulgaricus* los probióticos considerados como los más eficientes en mejorar la digestión de la lactosa y aliviar los síntomas de la intolerancia a la lactosa. Razones que no son suficientes para la Asociación Española De Probióticos y Prebióticos quienes nos dicen “si bien, hay estudios que demuestran una mejor digestión de lactosa y menor excreción de hidrógeno en el aire espirado en pacientes que consumen lácteos fermentados, en la actualidad, no existe evidencia suficiente para recomendar el uso de probióticos en el manejo sistemático de la intolerancia a la lactosa” (Álvarez et al., 2012; Ascensión y Culebras, 2013; Román y Álvarez, 2013).

1.3.12.6 Prevención de infecciones

1.3.12.6.1 Infecciones respiratorias

Las infecciones agudas de las vías respiratorias superiores incluyen el resfriado común, la inflamación de la tráquea y la laringe con síntomas que incluyen fiebre, tos, dolor y cefaleas. La mayoría de las infecciones agudas de las vías respiratorias superiores son causadas por infecciones virales y generalmente se resuelven después de tres a siete días (Hao et al., 2011).

Un estudio realizado recientemente que contó con la participación de 61 niños con un diagnóstico de los trastornos de *estreptococos* orales recurrentes fueron tratados con una tableta de liberación lenta para uso oral, que contenía no menos de 10^6 UFC./ Tableta de la cepa *S.salivarius* K12. Del total, solo 30 niños completaron la prueba de 90 días suministrándoles el suplemento probiótico para la prevención de la amigdalitis mostrando una reducción significativa de sus episodios de infección faríngea estreptocócica (> 90%), comparado con las tasas de infección del año anterior; en tanto, no se observó ninguna diferencia en el grupo de control. A su vez, el producto fue bien tolerado por los sujetos, sin efectos secundarios, y sólo una persona informó mala palatabilidad del producto y se retiró (Di Pierro et al., 2014). También se observó una reducción de los días de tratamiento comparado con el tratamiento de antibióticos o antipirético (Di Pierro et al., 2014).

Por otra parte, en un ensayo utilizando el probiótico *Lactobacillus* GG de forma profiláctica se encontró una disminución del 17% de infecciones respiratorias en niños entre 1 y 6 años de edad. Sin embargo, en otro estudio no se encontró diferencias en las enfermedades respiratorias en niños entre 4 y 10 meses de edad que recibieron fórmulas suplementadas con *B. lactis* BB12 o *L. reuteri* frente a un grupo control sin suplementación (Peña, 2006). No obstante, en un estudio realizado en Finlandia, el consumo de *Lactobacillus* GG si redujo la aparición de enfermedades respiratorias en un subgrupo de niños que asisten a guarderías en, pero no en la población total (Kumpu et al., 2012). En vista de este panorama, se espera que los futuros ensayos clínicos logren

aclarar las diferencias encontradas a la fecha en cuanto al tratamiento de infecciones respiratorias y garantizar la eficacia de los probióticos.

1.3.12.6.2 Infecciones urinarias

Las infecciones urinarias (IU) constituyen el principal motivo de consulta en atención primaria en la mujer (Jiménez y Jiménez, 2013); esto se incrementa con la progresiva aparición de resistencia a los antibióticos usados habitualmente para el tratamiento de las IU, que alteran la microbiota vaginal; por lo que se ha buscado otras alternativas terapéuticas para su tratamiento, entre ellas están los probióticos (Stapleton et al., 2011; Terriet et al., 2012). El biofilm bacteriano que cubre las células epiteliales del tracto genital en una mujer sana contiene elevadas poblaciones de *Lactobacillus* y cuando existe deficiencia de ellos (por fluctuaciones hormonales fisiológicas, principalmente estrógenos, tratamiento antimicrobiano, espermicidas, etc.) la barrera natural contra los potenciales microorganismos patógenos se altera, aumentando el riesgo de colonización por uropatógenos (Jiménez y Jiménez, 2013).

Estudios realizados sobre el papel defensivo de los *Lactobacillus* muestran que estas bacterias probióticas promueven mecanismos de barrera endógenos contra patógenos potenciales, debido a la capacidad de producir sustancias antimicrobianas tales como el peróxido de hidrógeno, que inhibe el crecimiento del patógeno, la producción de biosurfactantes que inhiben la adherencia bacteriana y su capacidad para cebar macrófagos, leucocitos, citoquinas y otras defensas del huésped (Stapleton et al., 2011; Cadieux et al., 2009; Isolauri, 2012). A pesar del escaso número de ensayos clínicos, parte de ellos apunta al efecto beneficio de los probióticos para la prevención de las IU en mujeres. Sin embargo, son necesarios un mayor número de estudios, con muestras más amplias, para poder considerarlos una alternativa terapéutica fiable y efectiva (Jiménez y Jiménez, 2013).

1.3.12.7 Prevención de reacciones alérgicas

1.3.12.7.1 Dermatitis atópica

La dermatitis atópica (DA) o eccema atópico es una enfermedad inflamatoria crónica de la piel que cursa en brotes (Sendagorta y De Lucas, 2009). Debido a que la enfermedad comúnmente se manifiesta en infantes se llega a subestimar el impacto de esta en la calidad de vida de los pacientes (Misery et al., 2008). El intenso prurito que acompaña a la enfermedad conduce muchas veces a un mal rendimiento escolar de los niños y a alteraciones del sueño. Por otra parte el deterioro físico y psicológico que conlleva, puede dificultar las relaciones con los demás y conducir al aislamiento social (Mckenna y Doward, 2008). La teoría de la higiene postula que el aumento en la incidencia

de la DA se debe a un descenso de la exposición a microorganismos durante los primeros años de vida, así se produciría una alteración en la regulación de la respuesta inmune y en el balance Th1/Th2, que daría lugar en estos pacientes a una respuesta excesiva a las infecciones por diferentes microorganismos (Sendagorta y De Lucas, 2009).

A causa de ello, se vienen realizando múltiples investigaciones con cepas probióticas administradas a pacientes con DA; entre ellas se encuentra una revisión sistemática reciente de 13 estudios aleatorios controlados que sintetiza la evidencia actual respecto al uso de probióticos para la prevención de DA durante el embarazo en madres de alto riesgo, y como tratamiento en los primeros meses de vida. Encontrándose que *L. rhamnosus* podría ser efectivo en la prevención de la DA; sin embargo, son necesarios más estudios al respecto. En otros estudios los probióticos solo fueron eficaces en niños con sensibilización alimentaria y son pocos los estudios que han encontrado resultados positivos sobre el uso terapéutico de probióticos en pacientes alérgicos, especialmente a temprana edad (Perry, 2006; Boyle, 2009). Por otro lado, en un meta análisis que evaluó el efecto de los probióticos en la dermatitis atópica en niños, encontró un modesto efecto benéfico, sobre todo en pacientes con un nivel moderadamente severo de la enfermedad (Michail et al., 2008).

Son necesarios más estudios para aclarar la verdadera eficacia de los probióticos en la prevención y tratamiento de la DA (Sendagorta y De Lucas, 2009).

1.3.13 Otros

1.3.13.1 Diabetes

En investigaciones recientes, los probióticos han demostrado ser importantes para uso de los diabéticos; ya que estos microorganismos alteran el tipo de bacterias del intestino previniendo la diabetes, además podrían ser una estrategia de tratamiento para la diabetes (Cervantes, 2014). En un estudio con una cepa de *Lactobacillus reuteri GMN-32*, evaluada por su potencial reductor de los niveles de glucosa en la sangre en ratas con diabetes mellitus inducidas por estreptozotocina. Se observó que los niveles de glucosa en sangre de las ratas con diabetes mellitus inducidas por estreptozotocina al ser tratadas con *L. reuteri GMN-32* presentan una disminución de 4480 a 3620 mg/L con 10^7 UFC/d y a 3040 mg/L con 10^9 UFC/d. El tratamiento con probióticos también redujo los cambios en el corazón causados por los efectos de la diabetes mellitus (Lin et al., 2014). En otro estudio se encontró que la administración de probióticos mejora considerablemente el deterioro de la memoria espacial en los animales diabéticos; además que, la administración de suplementos probióticos en las ratas diabéticas hizo que se recuperara la transmisión sináptica básica disminuyendo y restaurando aún más la potenciación del hipocampo a largo plazo. Por otra parte,

se observó que la administración de probióticos aumenta la activación de la superóxido dismutasa y aumenta el nivel de insulina del suero, produciendo que tanto el nivel de glucosa del suero y el factor de 8-hidroxi-2' desoxiguanosina se reduzcan (Davari et al., 2013). De acuerdo a los resultados presentados en estos estudios se puede concluir que los probióticos pueden revertir eficazmente las funciones cerebrales deterioradas causados por la diabetes mellitus y a la vez ser una alternativa prometedora para el tratamiento de la diabetes (Cervantes, 2014).

1.3.13.2 Cáncer

El uso de probióticos ocupa un lugar importante en la prevención del cáncer de colon, especialmente en los grupos de personas que tienen factores de riesgo asociado a este tipo de cáncer (poliposis, historia familiar, etc.) (Aguilera et al., 2007). Además, parece ser que existe una estrecha relación entre el cáncer de colon, la dieta y la microbiota intestinal (Bermúdez, 2012). Esto ha motivado a un intenso interés por encontrar más evidencia de los efectos protectores de los probióticos y prebióticos sobre el cáncer. Mediante estudios se han identificado algunos probióticos que inhiben el desarrollo de tumores malignos de colon, inducidos experimentalmente mediante carcinógenos químicos. Por lo que, se vienen realizando estudios *in vitro*, modelos animales, de epidemiología y estudios de intervención con humanos; pero son los estudios en animales los que proporciona un apoyo más fuerte para avalar los efectos anticancerígenos de los probióticos; ya que los datos de estudios en humanos (epidemiología y experimental) son limitados (Rafter, 2003). Entre las cepas probióticas estudiadas que han mostrado buenos resultados en la prevención del cáncer trabajando con ratas, tenemos a *Lactobacillus GG* y *Bifidobacterium B12* (Peña, 2006).

1.3.13.3 Enfermedad celiaca

La microbiota intestinal de los celíacos está constituida por una mayor proporción de bacterias proinflamatorias y un menor número de bacterias simbióticas (Álvarez et al., 2012). Entre estas bacterias beneficiosas se encuentran algunos de los probióticos que son capaces de disminuir la toxicidad del gluten y la respuesta inflamatoria desencadenada. Las líneas de investigación se orientan a intentar la detoxificación del gluten previa a la ingesta con la fermentación de harinas (Gobbettii et al., 2007). Algunos estudios con humanos evalúan el posible beneficio de esta opción. Sin embargo, hasta el momento no hay suficiente evidencia científica sobre el uso de probióticos en la restauración de la composición de la microbiota intestinal y la detoxificación del gluten para el tratamiento de la enfermedad celíaca. Es por ello, que en la actualidad el único tratamiento para enfermedad celiaca es una dieta exenta de gluten. Sin embargo, basándose en la alteración de la

microbiota intestinal existente en los pacientes celíacos, es posible que, en un futuro la administración de probióticos como *Bifidobacterium lactis*, *Bifidobacterium longum*, *Lactobacilli*, *Propionibacterium* y *F. meningosepticum*. puedan producir efectos beneficiosos, aunque para ello son necesarios más estudios (Ascensión y Culebras, 2013; Román y Álvarez, 2013).

1.3.13.4 Obesidad

La microbiota intestinal parece constituir un objetivo nutricional y farmacológico para el tratamiento de la obesidad. Estudios con ratones han demostrado que la microbiota intestinal tiene un papel importante en la homeostasis lipídica y de la glucosa y otras funciones metabólicas, participando en el desarrollo de la masa adiposa; por lo que, la modulación de la microbiota intestinal constituye un objetivo fundamental para la búsqueda de nuevos tratamientos preventivos de la obesidad (Álvarez et al., 2012). Los estudios apuntan a la diferencia temprana en la microbiota de los niños que parecería predecir la aparición posterior de sobrepeso, variando su composición entre individuos obesos y de peso normal. Estudios realizados a niños de 6 y 12 meses de edad demostraron un mayor número de *bifidobacterias* en niños de peso normal que en niños con sobrepeso y a la inversa, un mayor número de *Staphylococcus aureus* en niños que desarrollan obesidad (Kalliomaki et al., 2008). Otro ensayo demuestra diferencias significativas en la composición de la microflora de mujeres embarazadas, que condicionaría un aumento del riesgo de tener un recién nacido de alto peso, lo cual es un factor predictivo para el desarrollo de obesidad infantil (Collado et al., 2008).

Aunque esta línea de investigación está tan sólo en su inicio e implica a bacterias no consideradas clásicamente como probióticos, los estudios realizados están aportando una información clave para conocer nuevos factores implicados en el desarrollo de la obesidad y las enfermedades metabólicas, así como para mejorar las estrategias de intervención nutricional para prevenirlas (Ascensión y Culebras, 2013).

1.3.13.5 Probióticos en la prevención de caries dentales

Tradicionalmente los probióticos han sido usados para tratar enfermedades relacionadas con el tracto gastrointestinal. Sin embargo, en principio, cualquier parte del cuerpo que albergue microflora normal puede ser un blanco potencial para probióticos específicos (Duque, Hidalgo y Díaz, 2010); ya que los probióticos tienen el potencial de brindar beneficios muy importantes a la salud humana; por lo que pueden utilizarse para la prevención de las caries dentales, enfermedad que tiene alta prevalencia en el mundo (Zalba y Flichy, 2013).

Se observa que la cavidad bucal tiene una microflora con una complejidad similar al resto de la microflora intestinal. En ella muchos de los miembros de la microflora normal tienen un efecto perjudicial sobre el huésped, que causa caries dentales o enfermedad periodontal; por ejemplo las caries dentales, que son causadas por un bacteria llamada *Streptococcus mutans* (Hasslöf, 2010; Cañón, 2011). Esta bacteria vive en la boca y prospera sobre el azúcar y otros carbohidratos. En la presencia de carbohidratos, el *Streptococcus mutans* produce ácidos que disuelven el esmalte de los dientes, causando caries (Duque, Hidalgo y Díaz, 2010; Cannon et al., 2013).

Es así, que se viene usando probióticos bucales para prevenir las caries dentales, la formación de placa y la halitosis por medio de especies como el *Streptococcus salivarius*. La cepa de *Streptococcus salivarius* K12, aislada en un individuo sano produce altos niveles de salivaricin A y salivaricin B, péptidos antimicrobianos y bactericidas que actúan contra el *Streptococcus mutans* (Duque, Hidalgo y Díaz, 2010). Los probióticos bucales que han demostrado acciones alentadoras en la prevención de la caries dentales son el *Streptococcus salivarius* (cepa K12), *Lactobacillus salivarius* BGH01, *Lactobacillus gasseri* BGH089, *Streptococcus sanguinis* y *Streptococcus oligofermentans*. Los estudios in vitro sobre el uso de probióticos para la prevención de las caries dentales poseen resultados interesantes, pero, in vivo, el uso de probióticos bacterianos tienen pobres resultados, sin embargo constituyen una importante fuente de salud que debe ser explotada si se fomentan las investigaciones de nuevas cepas probióticas (Duque, Hidalgo y Díaz, 2010).

1.4 Formulación del problema

En vista de la gran tendencia actual que existe por investigar acerca de los alimentos con probióticos y sus múltiples aplicaciones en los diferentes campos de interés no solo alimentario es que surge la pregunta de ¿cuál será la situación actual y perspectivas de las aplicaciones de los probióticos en la industria alimentaria y sus efectos en la salud humana?.

1.5 Justificación del estudio

El desarrollo del presente trabajo surge a raíz de la preocupación y el interés de los consumidores por mejorar la calidad de la dieta y por seleccionar alimentos que puedan afectar positivamente la salud, pues ya es un hecho que los consumidores han comenzado a ver la dieta como parte esencial en la prevención de las enfermedades crónicas.

La organización mundial de la salud en conjunto con la organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura, ha establecido lineamientos para la fabricación de productos que incluyen probióticos con el fin de hacer más seguro su uso; razón por la cual es necesario hacer esta investigación de manera minuciosa referida a la utilización de los probióticos en la industria

alimentaria y sus efectos en la salud humana que permita esclarecer las dudas que se generan por parte del consumidor a la hora de elegir un producto de esta naturaleza.

Otra razón que motiva esta investigación es poder ayudar al tecnólogo alimentario a conocer los procesos que se emplean actualmente para añadir o incorporar una determinada cepa probiótica a un producto de tal manera que no se vea alterado el sabor del producto o la viabilidad del probiótico.

1.5.1 Relevancia

La presente investigación es de suma relevancia; debido a que esta recopilo información reciente y actualizada de un tema que es tendencia mundial para los investigadores y personas que se dedican no solo a la industria de alimentos; sino también a las ciencias de la salud; a su vez esta investigación permitirá realizar futuros trabajos con la información necesaria para orientar tanto a alumnos como a investigadores del medio.

1.5.2 Contribución

Este trabajo contribuirá a brindar información reciente sobre la situación actual y las perspectivas de los probióticos en la industria alimentaria; indispensable para orientar y servir de guía tanto al consumidor, para que pueda estar seguro de que tipo de probiótico va a actuar de manera benéfica en su organismo, como al tecnólogo agroindustrial, el cual podrá decidir que cepa probiótica usar para la elaboración de su producto alimentario que cumpla con determinada característica funcional.

1.6 Hipótesis

- La situación actual de los probióticos tiene un auge enorme donde las aplicaciones de estos en los productos alimenticios son múltiples, superando las limitaciones tecnológicas que los hacen inviables al ser sometidos a los procesos que los incorporan a los alimentos y productos.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general

- Conocer la situación actual y perspectivas de las aplicaciones de los probióticos en la industria alimentaria y sus efectos en la salud humana.

1.7.2 Objetivos específicos

- Revisar la evidencia bibliográfica sobre la situación actual de las investigaciones con probióticos en la industria alimentaria.

- Revisar los métodos empleados actualmente para mantener viables a los microorganismos probióticos.
- Revisar la evidencia científica sobre los principales efectos de los probióticos en la salud humana.

II. MÉTODO

2.1 Diseño de investigación

Se realizó el análisis de la situación actual y perspectivas de las aplicaciones de los probióticos en la industria alimentaria y sus efectos en la salud humana, donde se incluyeron las principales investigaciones relacionadas con probióticos, para ello se dividió el trabajo en tres fases: coordinación, búsqueda, análisis de la información.

2.1.1 Fase de coordinación

Se decidió en base a la tendencia actual del mercado mundial de probióticos que esta investigación estaría orientado hacia las investigaciones de nuevas tecnologías relacionadas con probióticos.

2.1.2 Fase de búsqueda

Se obtuvo información de bases de datos como (**SCIELO, Pub Med, Repositorio Nacional Digital de Ciencia "ALICIA", HubMed, Elsevier, Redalyc Google Académico, Scopus**) sobre artículos científicos, revistas electrónicas y trabajos de tesis, que abarcó el periodo comprendido entre 2000 y 2015. Para realizar la búsqueda, se definió los siguientes criterios (probióticos, salud, alimentos funcionales, relacionados con las tecnologías de probióticos).

2.1.3 Fase de análisis de la información

Para el análisis de la información se usó la triangulación de los resultados de distintos autores contrastados con otros autores sobre el mismo tema y para cada hallazgo.

El tipo de estudio fue descriptivo.

III. CONCLUSIONES

Se revisó la evidencia científica sobre la situación actual de las investigaciones con probióticos en la industria alimentaria concluyéndose que en la actualidad existen productos que muestran muy buena receptibilidad como matrices alimentarias para albergar a los probióticos y favorecer la incorporación de estos al producto alimenticio; entre ellos destacan los productos líquidos como el yogurt, los jugos de frutas, las bebidas fermentadas; ya que permiten una distribución más homogénea de las bacterias en el producto, lográndose un mejor recuento en comparación con los productos sólidos que presentan una gran dificultad para homogenizar las bacterias en el producto.

A su vez, se encontró que para el caso de productos lácteos, los que presentan mejores condiciones como matrices alimentaria en cuanto a viabilidad, protección de las cepas probióticas destaca en primer lugar el queso, luego el yogurt, helados, después las fórmulas lácteas en polvo.

En el caso de alimentos cárnicos fermentados se muestran buenos resultados en cuanto a la viabilidad de las cepas probióticas y la conservación del producto; no obstante, en la producción de cárnicos escaldados, la cepa *Lactobacillus paracasei* NFBC 338 muestra un prometedor potencial de resistencia térmica que en el futuro permitirá obtener productos cocidos conteniendo cepas probióticas viables.

Se revisó los métodos empleados actualmente para mantener viables a los microorganismos probióticos; concluyéndose que el mejor método usado actualmente para mantener viables a las cepas probióticas para su incorporación en alimentos es la microencapsulación; debido a que esta brinda una barrera física entre la bacteria y su entorno que permite una liberación controlada de las bacterias conforme van llegando ingresando al tracto gastrointestinal

Se revisó la evidencia científica sobre los principales efectos de los probióticos en la salud humana, encontrándose que estos microorganismos vienen participando como alternativa natural en la prevención y tratamiento de algunas enfermedades, entre los casos más exitosos de sus aplicaciones terapéuticas basadas en evidencia científica se encuentran:

El tratamiento y prevención de la diarrea con la administración del probiótico *Saccharomyces boulardii*, llegando a reducir la incidencia de esta, así como el número de deposiciones y su duración.

En la prevención de enterocolitis necrotizante y en la reducción de la incidencia de esta enfermedad utilizando una combinación de cepas de *Bifidobacterium infantis*, *Lactobacillus acidophilus* y *Bifidobacterium bifidum*; sin embargo no se ha logrado eficacia en el tratamiento de ECN. A pesar de ello los expertos recomiendan una mayor evaluación de las cepas empleadas en cuanto a seguridad y eficacia; ya que estas no son específicas para el tratamiento de esta enfermedad.

En la erradicación de *Helicobacter pylori* mediante el empleo de cepas específicas de *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* encontrándose una disminución de la densidad de colonización de *H. pylori*; más no su erradicación; a su vez se encontró una mejora en la reducción de síntomas asociados a tratamiento antibiótico. Aunque a la fecha no se disponen de datos suficientes que avalen la eficacia de los probióticos en la erradicación de la infección por *H. pylori*; por lo que son necesarios más estudios.

En cuanto al tratamiento con probióticos solos en la enfermedad de Crohn los expertos señalan que a la actualidad los estudios con probióticos en la enfermedad de Crohn han sido decepcionantes. Asimismo, los resultados para la administración combinada de probióticos y prebióticos son un poco desalentadores y la verdad no parece que sean efectivos.

En la prevención de pouchitis se viene usando la cepa de *Bifidobacterium longum*, en combinación con alopurinol y tinidazol; mas no se logra aun resultados satisfactorios, se necesitan más estudios.

Para el caso del SII algunas cepas probióticas, como *B. infantis* 35624, evidencian una reducción de la sintomatología asociada a esta enfermedad; aunque no se puede confirmar su efectividad, son necesarios más estudios.

En el caso del estreñimiento vienen utilizando mezclas de cepas de probióticos que contiene *B. bifidum*, *B. infantis*, *B. longum*, *L. casei*, *L. plantarum* y *L. rhamnosus* que están mostrando resultados positivos en los síntomas de estreñimiento; sin embargo faltan más pruebas que confirmen su eficacia.

Para infecciones urinarias, se recomienda el empleo de *Lactobacillus* para recuperar la flora bacteriana vaginal; ya que estos microorganismos muestran buenos resultados para combatir este tipo de infecciones.

En el caso de dermatitis atópica, se viene empleando al probiótico *L. rhamnosus* que muestra tener efectos positivos en la prevención de esta enfermedad en embarazadas y recién nacidos.

Para la diabetes los estudios más prometedores en la reducción de glucosa en sangre por acción de cepas probióticas (*Lactobacillus reuteri* GMN-32), se han dado en modelos animales donde ocurre mejorías y recuperación rápida del deterioro del organismo del animal diabético.

En el tratamiento de cáncer, principalmente en la prevención de personas con factores de riesgo a esta enfermedad se tienen buenos resultados trabajando con *Lactobacillus GG* y *Bifidobacterium B12* en modelos animales, por lo que existen muchas esperanzas para que el ser humano se beneficie con estos microorganismos, especialmente para prevenir y combatir los tipos de cáncer generados en el tracto gastrointestinal.

Para el caso de la enfermedad celiaca, existe bacteria probióticas que son capaces de disminuir la toxicidad del gluten. Cepas como *Bifidobacterium lactis*, *Bifidobacterium longum*, *Lactobacilli*, *Propionibacterium* y *F. meningosepticum* pueden producir efectos benéficos según la evidencia actual y en un futuro próximo poder neutralizar esta anomalía de naturaleza inmunológica. Aunque en la actualidad el único tratamiento para esta enfermedad es una dieta exenta de gluten.

En el caso de la obesidad, los probióticos tienen el potencial de prevenir el sobrepeso inicial en niños; ya que existe una relación directa entre la disbiosis bacteriana (descenso de la población de bifidobacterias) de los individuos con sobrepeso y aquellos que tienen una flora normal.

Para la prevención de la caries dental, se tienen resultados aún más favorables; ya que la caries dentales, es causada por un bacteria llamada *Streptococcus mutans* que mediante la producción de ácidos en presencia de carbohidratos debilita la dentina. Sin embargo, la cepa de *Streptococcus salivarius* K12, aislada de individuos sanos produce altos niveles de salivaricin A y salivaricin B, péptidos antimicrobianos y bactericidas que actúan contra el *Streptococo mutans*, los modelos in vitro probados ofrecen resultados alentadores.

Finalmente con la revisión bibliográfica realizada, se concluye que los probióticos tiene un gran potencial que aún no se ha podido aprovechar, debido a las limitaciones actuales, muchas de ellas éticas; ya que restringe la experimentación directa de cepas nuevas para tratar diversas enfermedades en humanos; a su vez está la falta de regulación para este tipo de productos; los “postulados blandos” referidos a productos que se presume pueden producir beneficios a la salud; la falta de diseños experimentales, la falta de rigor científico al realizarlos, la misma tendencia actual de la industria por sacar productos nuevos al mercado que carecen de estudios previos de eficacia, la especificidad de cada cepa; ya que una cepa aislada del tracto intestinal de un individuo proporcionara efectos favorables propios para este; y si esta cepa se administra a otra persona los resultados serán sumamente diferentes. Las limitaciones de la viabilidad de las cepas probióticas

incorporadas a los alimentos debido a los procesos tecnológicos en la actualidad ha sido ya superada, queda pendiente a un futuro comprobar la eficacia de las aplicaciones de estas en tratar las enfermedades y sus beneficios sobre la salud humana.

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ADHIKARI, K. [et al.]. Viability of microencapsulated bifidobacteria in set yogurt during refrigerated storage. *Journal of Dairy Science*, 2000, vol. 83, no 9, p. 194-195.
- AGUILERA, C. M. [et al.]. Alimentos funcionales. Aproximación a una nueva alimentación. Coordinadores: Barberá JM, Marcos A. Ed: *Dirección General de Salud Pública y Alimentación*, 2007.
- AGUIRRE, Juan Antonio. Análisis preliminar de la relación entre el ejercicio y consumo de probióticos: Una mirada al consumidor costarricense. *Tec Empresarial*, 2015, vol. 9, no 1, p. 41-49.
- ÁLVAREZ Calatayud, Guillermo [et al.]. La microbiota en la mujer; aplicaciones clínicas de los probióticos. *Nutrición Hospitalaria*, 2015, vol. 32, no s01, p. 56-61.
- ALVAREZ Calatayud, Guillermo [et al.]. [Clinical applications of the use of probiotics in pediatrics]. *Nutricion hospitalaria*, 2012, vol. 28, no 3, p. 564-574.
- ÁLVAREZ Calatayud, Guillermo y AZPIROZ, Fernando. Empleo de probióticos y prebióticos en atención primaria. *Nutrición Hospitalaria*, 2015, vol. 31, no s01, p. 59-63.
- ÁLVAREZ Calatayud, Guillermo [et al.]. APLICACIONES CLÍNICAS DEL EMPLEO DE PROBIÓTICOS EN PEDIATRÍA. *Nutrición Hospitalaria*, 2013, vol. 28, no 3, p. 564-574.
- AMORES Collado, María Carmen y PÉREZ Hernández, Manuel. *Caracterización de cepas del género Bifidobacterium con carácter probiótico*. Universidad Politécnica de Valencia, 2004.
- ARORA, G. [et al.]. Estudios comparativos sobre las peptidasas de subespecies *Lactobacillus casei*. *Journal of Dairy Science*, 1990, vol. 73, no 2, p. 274-279.
- ASCENSION, Marcos. IV Workshop Probiotics, Prebiotics and Health: Scientific Evidence Madrid, Thursday, January 31-Friday, February 1, 2013, FOREWORD. 2013.
- ALZATE, Carlos Eduardo Orrego. *Congelación y liofilización de alimentos*. Gobernación de Caldas, 2008.
- ATAIE Jafari, Asal [et al.]. Cholesterol-lowering effect of probiotic yogurt in comparison with ordinary yogurt in mildly to moderately hypercholesterolemic subjects. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 2009, vol. 54, no 1, p. 22-27.

- BALLESTEROS Pomar, M. [et al.]. Impacto de la nutrición en la evolución de la enfermedad inflamatoria intestinal. *Nutrición Hospitalaria*, 2010, vol. 25, no 2, p. 181-192.
- BANDIERA, Nataly [et al.]. Viability of probiotic *Lactobacillus casei* in yoghurt: defining the best processing step to its addition. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 2013, vol. 63, p. 58-63.
- BARRANTES, Xinia [et al.]. Evaluación del efecto de cultivos probióticos adicionados a yogurt comercial, sobre poblaciones conocidas de *Listeria monocytogenes* y *Escherichia coli* O157:H7. *Arch Latinoamer Nutric*, 2004, vol. 54, no 3, p. 293-7.
- BARBOZA Corona, J. E. [et al.]. *Probióticos y conservadores naturales en alimentos*. Universidad de Guanajuato, Dirección de Investigación y Posgrado, 2004. , vol. 14, no 3, p. 32-37.
- BERMÚDEZ Brito, Miriam. *Efecto de las cepas probióticas *Lactobacillus paracasei* CNCM I-4034, *Bifidobacterium breve* CNCM I-4035 y *Lactobacillus rhamnosus* CNCM I-4036, sobre la respuesta inmunitaria en células intestinales humanas*. Granada: Universidad de Granada, 2012.
- BOYLE, RJ. [et al.]. Probióticos para el tratamiento del eczema: una revisión sistemática. *Clinical & Experimental Allergy*, 2009, vol. 39, nº 8, p. 1117 a 1127.
- BRITO, Carmen [et al.]. Viabilidad y efectos del probiótico *Lactobacillus paracasei* ssp *paracasei* en queso gauda semidescremado chileno. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 2011, vol. 61, no 4, p. 414-422.
- CABRERA Cao, Yanet y FADRAGAS Fernández, Alejandro. Probióticos y salud: una reflexión necesaria. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 2005, vol. 21, no 3-4, p. 0-0.
- CÁCERES, Paola y GOTTELAND, Martín. Alimentos probióticos en Chile:¿ Qué cepas y que propiedades saludables?. *Revista chilena de nutrición*, 2010, vol. 37, no 1, p. 97-109.
- CALDERÓN, Oscar [et al.]. Evaluación del efecto del cultivo probiótico *Lactobacillus rhamnosus* adicionado a yogurt natural y con probióticos comerciales sobre poblaciones de *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* O157: H7, *Listeria monocytogenes* y *Salmonella enteritidis*. *Arch Latinoamer Nutric*, 2007, vol. 57, no 1, p. 51-56.
- CAMPOS, J. A. Cultivos probióticos y protectores, propiedades funcionales (nutracéuticas) de valor agregado en los derivados lácteos. *Lácteos y Cárnicos Mexicanos*, 2002, p. 26-37.
- CANNON, M. [et al.]. Efectividad de la CRT en Medición de la salival nivel de bacterias en la caries propensas niños con probióticos terapia. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 2013, vol. 38, no 1, p. 55-60.
- CAÑÓN, Mark L. Una revisión de la terapia probiótica en la práctica odontológica preventiva. *Probióticos y antimicrobianos Proteínas*, 2011, vol. 3, no 2, p. 63-67.

- CARRO TRAVIESO, María Dolores [et al.]. Presente y perspectivas de futuro en la UE del empleo de probióticos en la alimentación de rumiantes. *Ganadería*, 2014, vol. 15, no 93, p. 40-46.
- CERVANTES Negrete, Giovanni Antonio. PROBIOTICOS Y SALUD HUMANA TRABAJO MONOGRÁFICO DE ACTUALIZACIÓN. Tesis (para obtener el título de químico de alimentos). D.F. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de química, 2014. 154 p.
- CERVANTES Ramírez, Marta Concepción. *Plantas de importancia económica en las zonas áridas y semiáridas de México*. México: UNAM, Instituto de Geografía; 2002. 83- 73 p.
- CHAMPAGNE, Claude P. y GARDNER, Nancy J. Efecto de almacenamiento en una bebida de frutas en la posterior supervivencia de lactobacilos probióticos para gastrointestinales tensiones. *Food Research International*, 2008, vol. 41, nº 5, p. 539-543.
- CHAMPAGNE, Claude y FUSTIER, Patrick. Microencapsulation for the improved delivery of bioactive compounds into foods. *Current opinion in biotechnology*, 2007, vol. 18, no 2, p. 184-190.
- CIPAGAUTA, Caicedo [et al.]. Estudio de la viabilidad de la incorporación de bacterias probióticas micro encapsuladas en helados/Study the feasibility of incorporating micro encapsulated probiotic bacteria in ice cream. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Colombia, 2010. P. 68.
- COLLADO, María Carmen [et al.]. Distinct composition of gut microbiota during pregnancy in overweight and normal-weight women. *The American journal of clinical nutrition*, 2008, vol. 88, no 4, p. 894-899.
- CÓRDOBA, Manuela; CHAVES, Carolina y ARIAS, María Laura. Identificación, cuantificación y determinación del perfil de sensibilidad a antibióticos de bacterias prebióticas adicionadas a productos de consumo frecuente en Costa Rica. *Arch. Latinoam. Nutr*, 2009, vol. 59, p. 179-183.
- CORR, Sinéad C. [et al.]. Bacteriocin production as a mechanism for the antiinfective activity of *Lactobacillus salivarius* UCC118. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2007, vol. 104, no 18, p. 7617-7621.
- DAVARI, S. [et al.]. Probiotics treatment improves diabetes-induced impairment of synaptic activity and cognitive function: Behavioral and electrophysiological proofs for microbiome–gut–brain axis. *Neuroscience*, 2013, vol. 240, p. 287-296.
- DESHPANDE, Girish C. [et al.]. Evidence-based guidelines for use of probiotics in preterm neonates. *BMC medicine*, 2011, vol. 9, no 1, p. 92.
- DAIGLE, A. [et al.]. Production of probiotic cheese (Cheddar-like cheese) using enriched cream fermented by *Bifidobacterium infantis*. *Journal of Dairy Science*, 1999, vol. 82, no 6, p. 1081-1091.

- DINLEYICI, Ener Cagri [et al.]. Effectiveness and safety of *Saccharomyces boulardii* for acute infectious diarrhea. *Expert opinion on biological therapy*, 2012, vol. 12, no 4, p. 395-410.
- DI PIERRO, Francesco, et al. El uso de *Streptococcus salivarius* K12 en la prevención de la faringoamigdalitis estreptocócica y virales en niños. *Drogas, la salud y la seguridad del paciente*, 2014, vol. 6, p. 15.
- DOBSON, Alleson [et al.]. Bacteriocin production as a probiotic trait? *Applied and Environmental Microbiology*, 2011, p. AEM. 05576-11.
- DOSTA, María del Carmen [et al.]. Revisión bibliográfica: Bacteriocinas producidas por bacterias probióticas. *Contactos*, 2009, vol. 73, p. 63-72.
- DUQUE, Johany, HIDALGO, Ileana y DÍAZ, Yensi. Microorganismos probióticos en la prevención de caries dentales. *Medisur*, 2010, vol. 8, no 5, p. 371-376.
ISSN: 1727-897X.
- FERNÁNDEZ, Rándolph Delgado. Probióticos y salud humana Probiotics and human health. *MEDICIEGO*, 2013, vol. 19, no Supl 2.
- GARDINER, G [et al.]. Evaluation of cheddar cheese as a food carrier for delivery of a probiotic strain to the gastrointestinal tract. *Journal of dairy science*, 1999, vol. 82, no 7, p. 1379-1387.
- GHARSALLAOUI, Adem [et al.]. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Research International*, 2007, vol. 40, no 9, p. 1107-1121.
- GOBBETTI, Marco [et al.]. Sourdough lactobacilli and celiac disease. *Food Microbiology*, 2007, vol. 24, no 2, p. 187-196.
- GÓMEZ Zavaglia, Andrea [et al.]. ASPECTOS PROBIÓTICOS Y TECNOLÓGICOS DE LAS BACTERIAS LÁCTICAS en línea]. Argentina 2010. [Fecha de consulta: 18 octubre 2015].
Disponible en: http://www.novelprobio.qui.uc.pt/Libro_NOVEL%20PROBIO_FINAL.pdf
ISBN: 9788496023963
- GONZÁLEZ Martínez, Blanca Edelia; GÓMEZ Treviño, Maribel y JIMÉNEZ Salas, Zacarías. Bacteriocinas de probióticos. *Revista electrónica RESP y N*, 2003, vol. 4.
- GUARDERAS Veintimilla, Luís Felipe. Probióticos como coadyuvantes en el manejo de la enfermedad diarreica aguda y su evolución, en los niños de 2 años a 4 años en el área de pediatría del Hospital de Saraguro periodo Enero a Junio del 2012. Tesis Doctoral.
- GUARNER, Francisco [et al.]. Probiotics and prebiotics. World Gastroenterology Organization Global Guidelines. 2011.

- GUARNER, Francisco [et al.]. World Gastroenterology Organisation Practice Guideline: Probiotics and Prebiotics-May 2008: guideline. *South African Gastroenterology Review*, 2008, vol. 6, no 2, p. 14-25.
- GUEVARA, Jorge. Probióticos en Nutrición Animal. *Revisión bibliográfica. Sistema de Revisiones en Investigación Veterinaria de San Marcos (Sirivs). Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. 2011. [Recursos de Internet]. [citado noviembre del 2015].
Disponible en:
http://www.unmsm.edu.pe/veterinaria/files/Articulo_guevara_probioticos.
- GUZMÁN Calderón, Edson; MONTES Teves, Pedro y MONGE Salgado, Eduardo. Probióticos, prebióticos y simbióticos en el síndrome de intestino irritable. *Acta Médica Peruana*, 2012, vol. 29, no 2, p. 92-98.
- HAMOUDI, Latifa; GOULET, Jacques y RATTI, Cristina. Effect of Protective Agents on the Viability of *Geotrichum candidum* during Freeze-Drying and Storage. *Journal of food science*, 2007, vol. 72, no 2, p. M45-M49.
- HASSAN Ashraf, N. [et al.]. Starter cultures and their use. *FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY-NEW YORK-MARCEL DEKKER-*, 2001, p. 151-206.
- HAO, Qiukui [et al.]. Probióticos para la prevención de infecciones agudas de las vías respiratorias superiores. 2011.
- HUANG, Ying; SHAO, Xiao Mei y NEU, Josef. Immunonutrients and neonates. *European journal of pediatrics*, 2003, vol. 162, no 3, p. 122-128.
- HOOPER Lora, V.; MIDTVEDT, Tore y GORDON, Jeffrey I. How host-microbial interactions shape the nutrient environment of the mammalian intestine. *Annual review of nutrition*, 2002, vol. 22, no 1, p. 283-307.
- ILLANES, Andrés. Alimentos funcionales y biotecnología. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 2015, vol. 17, no 1, p. 5-8.
- ISAY, Susana Marta. Probiotics and prebiotics: the state of the art. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, 2006, vol. 42, no 1, p. 1-16.
- JIMÉNEZ Pacheco, Antonio y JIMÉNEZ Pacheco, Araceli. El uso de probióticos como alternativa en la prevención de las infecciones urinarias recurrentes en mujeres. *Revista médica de Chile*, 2013, vol. 141, no 6, p. 809-810.
- KAHN CH, Mariana; FUENTES, Francisca y VILLARROEL, Guisella. Probióticos en diarrea aguda infecciosa. *Revista chilena de pediatría*, 2009, vol. 80, no 2, p. 129-136.

- KADIYA, Kunal S.; KANAWJIA, S. K. y SOLANKI, Akash K. Survival of Free and Encapsulated Probiotic Bacteria and their effect on the Sensory Properties of Quarg Cheese. *International Journal of Fermented Foods*, 2014, vol. 3, no 1, p. 61-76.
- KALLIOMÄKI, Marko [et al.]. Early differences in fecal microbiota composition in children may predict overweight. *The American journal of clinical nutrition*, 2008, vol. 87, no 3, p. 534-538.
- KEE, Vicki R. Clostridium difficile infection in older adults: a review and update on its management. *The American journal of geriatric pharmacotherapy*, 2012, vol. 10, no 1, p. 14-24.
- KIMOTO, Hiromi; OHMOMO, Sadahiro y OKAMOTO, Takashi. Cholesterol removal from media by lactococci. *Journal of dairy science*, 2002, vol. 85, no 12, p. 3182-3188.
- KUMPU, M. [et al.]. Milk containing probiotic Lactobacillus rhamnosus GG and respiratory illness in children: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *European journal of clinical nutrition*, 2012, vol. 66, no 9, p. 1020-1023.
- LAMMERS Manon, Karen [et al.]. Immunomodulatory effects of probiotic bacteria DNA: IL-1 and IL-10 response in human peripheral blood mononuclear cells. *FEMS Immunology & Medical Microbiology*, 2003, vol. 38, no 2, p. 165-172.
- LEÓN, María Elena [et al.]. Estado actual y perspectivas de las investigaciones sobre cepas probióticas de los géneros *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, su aplicación en la agroindustria y sus efectos beneficiosos en la salud humana. *TECNOLOGÍA Y DESARROLLO*, 9 (1): 116-126, Enero-Diciembre 2011.
ISSN 1819-4575.
- LIN Chih, Hsueh [et al.]. Oral Lactobacillus reuteri GMN-32 treatment reduces blood glucose concentrations and promotes cardiac function in rats with streptozotocin-induced diabetes mellitus. *British journal of nutrition*, 2014, vol. 111, no 04, p. 598-605.
- LIU Qun, Rauth Andrew Michael y WU Xiao, Yu. Inmovilización y bioactividad de glucosa oxidasa en las microesferas de hidrogel formuladas por un método de recubrimiento de gelificación de adsorción-polielectrolito-emulsificación interna. *International Journal of Pharmaceutics*, 2007, vol. 339, no 1, p. 148-156.
- LÓPEZ, Martha Lucia y JIMÉNEZ, Marino. Adición de Bacillus Coagulans (Lactobacillus Sporogenes) a una Mezcla en Polvo a Base de Cereales Instantáneos. *Publicaciones e Investigación*, 2015, vol. 6, p. 123-129.
- LYE, H. S.; RUSUL, G. y LIONG, M.T. Removal of cholesterol by lactobacilli via incorporation and conversion to coprostanol. *Journal of dairy science*, 2010, vol. 93, no 4, p. 1383-1392.
- MANZANO, Claudia; ESTUPIÑÁN, Diana y POVEDA, Elpidia. Efectos clínicos de los probióticos: qué dice la evidencia. *Revista chilena de nutrición*, 2012, vol. 39, no 1, p. 98-110.

- MARTEAU, Philippe [et al.]. Effect of the microbial lactase (EC 3.2. 1.23) activity in yoghurt on the intestinal absorption of lactose: an in vivo study in lactase-deficient humans. *British Journal of Nutrition*, 1990, vol. 64, no 01, p. 71-79.
- MARTÍN Villena, María J. [et al.]. Desarrollo de una técnica para la microencapsulación de probióticos. Development of a technique for microencapsulation of probiotics. *Ars Pharm*, 2010, vol. 51, no Suplemento 3, p. 479-484.
ISSN: 0004-2927
- MARTÍNEZ Cuesta, M. Carmen [et al.]. Probióticos en la salud humana. 2012.
- MARTÍNEZ Cuesta, M. Carmen [et al.]. Capacidad enzimática de *Lactobacillus casei* subsp. *casei* IFPL731 para el desarrollo del sabor en quesos. *Diario Internacional de Lechería*, 2001, vol. 11, no 8, p. 577-585.
- MARTÍNEZ Echavarría, María Teresa y NOA Pedroso, Guillermo. Infección por *Helicobacter pylori* en pacientes con mucosa sana y con gastritis erosiva. *Revista Cubana de Medicina*, 2009, vol. 48, no 2, p. 0-0.
- MARTÍN Villena, María J. [et al.]. Técnicas de microencapsulación: una propuesta para microencapsular probióticos. 2009.
- MATEOS, J. A. Aspectos básicos de la tecnología de las leches fermentadas. Alimentos Funcionales. Probióticos. [RM Ortega, A Marcos, J Aranceta, JA Mateos, AM Requejo, L. Serra.] Ed. Médica Panamericana. Cap, 2002, vol. 6.
- MCFARLAND, Lynne V. Beneficial microbes: health or hazard?. *European journal of gastroenterology & hepatology*, 2000, vol. 12, no 10, p. 1069-1071.
- MEISEL, Hans y BOCKELMANN, Wilhelm. Bioactive peptides encrypted in milk proteins: proteolytic activation and thropho-functional properties. En *Lactic Acid Bacteria: Genetics, Metabolism and Applications: Proceedings of the Sixth Symposium on lactic acid bacteria: genetics, metabolism and applications, 19–23 September 1999, Veldhoven, The Netherlands*. Springer Science & Business Media, 2013. p. 207-215.
- MENEZES, Cristiano [et al.]. Microencapsulação de probióticos: Avancos e Perspectivas, *Cienc. Rural* [en línea]. 2013, vol.43, n.7 [citado el 10 de diciembre del 2015], pp. 1309 hasta 1316.
Disponibile en: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782013000700026&lng=en&nrm=iso>.
ISSN: 0103-8478
- MENDOZA Gardeazábal, Ana Selene. Caracterización de la levadura *Kluyveromyces marxianus* como microorganismo probiótico. Tesis (Magister en ciencias Biomédicas y de la Salud). San

Agustín Tlaxiaca, México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias de la Salud, 2013. 75 p.

- METGES, Cornelia C. Contribution of microbial amino acids to amino acid homeostasis of the host. *The Journal of Nutrition*, 2000, vol. 130, no 7, p. 157-164.
- MICHAIL, Sonia K. [et al.]. Efficacy of probiotics in the treatment of pediatric atopic dermatitis: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Annals of allergy, asthma & immunology*, 2008, vol. 101, no 5, p. 508-516.
- MILIÁN Grethel, Bocourt y PÉREZ, M. Empleo de probióticos basado en *Bacillus* sp y de sus endosporas en la producción avícola. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* [en línea] 2008, 42 (Sin mes): [Fecha de consulta: 10 de diciembre de 2015]
Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193015494001>>
ISSN 0034-7485
- MIMURA, T. [et al.]. Once daily high dose probiotic therapy (VSL# 3) for maintaining remission in recurrent or refractory pouchitis. *Gut*, 2004, vol. 53, no 1, p. 108-114.
- MISERY, Laurent [et al.]. Comparative study of stress and quality of life in outpatients consulting for different dermatoses in 5 academic departments of dermatology. *European Journal of Dermatology*, 2008, vol. 18, no 4, p. 412-415.
- MOLIN, Göran. The Role of *Lactobacillus plantarum* in Foods and in Human Health. *Handbook of fermented functional foods*, 2003, p. 305.
- MONDRAGÓN Bernal, Olga Lucía y MAUGERI Filho, Francisco. Reflexión y Revisión de temas de ingeniería. Review: Bacterias Lácticas: funcionalidad, polisacáridos, potencial terapéutico y aplicaciones en alimentos. *Publicaciones e Investigación*, 2008, vol. 2, no 1. ISSN: 1900-6608.
- MONTES, Luz Mary [et al.]. Efecto de la microencapsulación con agentes prebióticos sobre la viabilidad de microorganismos probióticos (*Lactobacillus casei* ATCC 393 y *Lactobacillus rhamnosus* ATCC 9469). Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá. 2013, p. 106.
- MCKENNA, Stephen P. y DOWARD, Lynda C. Quality of life of children with atopic dermatitis and their families. *Current opinion in allergy and clinical immunology*, 2008, vol. 8, no 3, p. 228-231.
- MORRISON, Douglas J. [et al.]. Butyrate production from oligofructose fermentation by the human faecal flora: what is the contribution of extracellular acetate and lactate?. *British Journal of Nutrition*, 2006, vol. 96, no 03, p. 570-577.
- NIERS, Laetitia [et al.]. The effects of selected probiotic strains on the development of eczema (the PandA study). *Allergy*, 2009, vol. 64, no 9, p. 1349-1358.

- NUALKAEKUL, Sawaminee; CHARALAMPOPOULOS, Dimitris. Survival of *Lactobacillus plantarum* in model solutions and fruit juices. *International Journal of Food Microbiology*, 2011, vol. 146, no 2, p. 111-117.
- NGUYEN, T. D. T.; KANG, J. H. y LEE, M. S. Characterization of *Lactobacillus plantarum* PH04, a potential probiotic bacterium with cholesterol-lowering effects. *International journal of food microbiology*, 2007, vol. 113, no 3, p. 358-361.
- OLAGNERO, Gabriela [et al.]. Alimentos funcionales: fibra, prebióticos, probióticos y simbióticos. *Diaeta*, 2007, vol. 25, no 121, p. 20-33.
- OLIVEIRA Nogueira, Marice; SIVIERI, Kátia; ALEGRO, João Henrique Alarcón y SAAD Isay, Susana Marta. Aspectos Tecnológicos de Alimentos funcionais contendo probióticos. *Rev. Bras. Cienc. Farm.* [En línea]. 2002, vol.38, n.1 [citado el 10 de diciembre del 2015], pp. 21.01.
Disponibile en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-93322002000100002&lng=en&nrm=iso
ISSN: 1516 - 9332.
- OLVEIRA, G. y González, I. Probióticos y prebióticos en la práctica clínica. *Nutrición Hospitalaria*, 2007, vol. 22, p. 26-34.
- OLMOS, Jenny Andrea. Elaboración de queso de leche de soya (*Glycine max*) con adición de bacterias probióticas (*Lactobacillus casei shirota* y *Bifidobacterium lactis Bb12*). 2006.
- O'MAHONY, Liam [et al.]. *Lactobacillus* and *bifidobacterium* in irritable bowel syndrome: symptom responses and relationship to cytokine profiles. *Gastroenterology*, 2005, vol. 128, no 3, p. 541-551.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE GASTROENTEROLOGÍA (OMGE). Probióticos y Prebióticos. [S.I.]. Mayo de 2008.no. 20. [Fecha de consulta: 27 mayo 2015].
Disponibile en: http://www.worldgastroenterology.org/assets/downloads/es/pdf/guidelines/19_probioticos_prebioticos_es.pdf
- PÁEZ, Roxana Beatriz. *Desarrollo de cultivos probióticos deshidratados por secado spray para la aplicación en alimentos*. 2014. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas.
- PARK, Yoo Heon [et al.]. Effect of dietary inclusion of *Lactobacillus acidophilus* ATCC 43121 on cholesterol metabolism in rats. *Journal of microbiology and biotechnology*, 2007, vol. 17, no 4, p. 655-662.
- PATIL, M. B. y REDDY, N. Bacteriotherapy and probiotics in dentistry. *KSDJ*, 2006, vol. 2, p. 98-102.

- PEDROZA Islas, Ruth. Alimentos microencapsulados: particularidades de los procesos para la microencapsulación de Alimentos para larvas de especies acuícolas. VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, 2002.
- PEÑA Quintana, L. Probióticos: situación actual y líneas de investigación. En *Anales de Pediatría*. 2006. p. 42-53.
- PEREIRA, Ana Lucia Fernández [et al.]. Storage stability and acceptance of probiotic beverage from cashew apple juice. *Food and Bioprocess Technology*, 2013, vol. 6, no 11, p. 3155-3165.
- PEREIRA, Dora; MCCARTNEY, Anne L. y GIBSON, Glenn R. An in vitro study of the probiotic potential of a bile-salt-hydrolyzing *Lactobacillus fermentum* strain, and determination of its cholesterol-lowering properties. *Applied and environmental microbiology*, 2003, vol. 69, no 8, p. 4743-4752.
- PÉREZ Chabela, María de Lourdes. Probióticos en productos cárnicos. *Nacameh*, [en línea]. Julio-agosto 2008, no. 2. [Fecha de consulta: 10 octubre 2015]. Disponible en: <http://cbs.izt.uam.mx/nacameh/>
ISSN: 2007-0373
- PÉREZ Leonard, Heidy. Beneficios de las levaduras vivas en la obtención de productos con actividad probiótica. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 2007, vol. 41, no. 3. [fecha de consulta: 25 octubre 2015].
Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/2231/223120666005.pdf>
ISSN: 0138-6204
- PERRY, Tamara T. Effects of Probiotics on Atopic Dermatitis: A Randomised Controlled Trial. *Pediatrics*, 2006, vol. 118, no Supplement 1, p. S17-S17.
- PERRICONE, Marianne [et al.]. Viability of *Lactobacillus reuteri* in fruit juices. *Journal of Functional Foods*, 2014, vol. 10, p. 421-426.
- POSTERARO, Brunella [et al.]. Molecular tools for differentiating probiotic and clinical strains of *Saccharomyces cerevisiae*. *International journal of food microbiology*, 2005, vol. 103, no 3, p. 295-304.
- QUIGLEY Eamonn, M. Prebiotics and probiotics; modifying and mining the microbiota. *Pharmacological research*, 2010, vol. 61, no 3, p. 213-218.
- QUIGLEY Eamonn, M. Prebiotics and Probiotics Their Role in the Management of Gastrointestinal Disorders in Adults. *Nutrition in clinical practice*, 2012, vol. 27, no 2, p. 195-200.

- RAHIMI, Roja [et al.]. A meta-analysis on the efficacy of probiotics for maintenance of remission and prevention of clinical and endoscopic relapse in Crohn's disease. *Digestive diseases and sciences*, 2008, vol. 53, no 9, p. 2524-2531.
- RAMASAMY, Kalavathy [et al.]. Bile salt deconjugation and cholesterol removal from media by Lactobacillus strains used as probiotics in chickens. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2010, vol. 90, no 1, p. 65-69.
- RAMÍREZ, J. [et al.]. Bacterias lácticas: Importancia en alimentos y sus efectos en la salud. *Revista Fuente* [en línea]. Año, 2011, vol. 2, no 7. [fecha de consulta: 25 octubre 2015]. Disponible en: <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-07/1.pdf>
ISSN: 2007-0713.
- REMES Troche, José María. Estreñimiento: evaluación inicial y abordaje diagnóstico. *Rev Gastroenterol Mex*, 2005, vol. 70, no 3, p. 312-322.
- REYES Esparza, Jorge A., RODRÍGUEZ Fragoso, Lourdes. ¿Qué sabe Ud. acerca de los probióticos? *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas* [en línea] 2010, 41 (Enero-Marzo): [Fecha de consulta: 10 de diciembre de 2015]
Disponible en:
<<http://redalyc.org/articulo.oa?id=57912960008>>
ISSN 1870-0195
- RODRÍGUEZ Barona, Sneyder [et al.]. MICROENCAPSULACIÓN DE PROBIÓTICOS MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN EN PRESENCIA DE PREBIÓTICOS. *La publicación de este suplemento fue financiada por la Facultad de Ciencias y el Programa de Posgrados en Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional de Colombia—Sede Bogotá.*, 2012, vol. 19, no Supl 1.
- RODRÍGUEZ, Lourdes y REYES, Jorge. ¿Qué sabe Ud. acerca de los probióticos? *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 2010, vol. 41, no 1, p. 60-63. [fecha de consulta: 20 octubre 2015].
Disponible en:
<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=57912960008>
- RODRÍGUEZ Llimós, A. [et al.]. Micropartículas de alginato conteniendo paracetamol. *Ars Pharmaceutica*, 2003, vol. 44, no 4, p. 333-342.
- RODRÍGUEZ, J. M. Probióticos: del laboratorio al consumidor. *Nutrición hospitalaria*, 2015, vol. 31, no s01, p. 33-47.
- ROMERO Alejandre, María del Carmen. EFECTO DE LA TEMPERATURA Y LA CONCENTRACIÓN DE CARBOHIDRATOS SOBRE LA PRODUCCION DE EXOPOLISACARIDOS POR *Leuconostoc* spp.

Tesis (Para acreditar la experiencia educativa: Ingeniería en alimentos). Xalapa, México: Universidad Veracruzana. Facultad de ciencias químicas, 2014. 63 p.

- ROSÓN, Martín. Manejo del estreñimiento crónico con probióticos. *Pharmaceutical Care España*, 2012, vol. 14, no 4, p. 155.
- ROUSSEAU, Christel [et al.]. Lactobacillus acidophilus modulates intestinal pain and induces opioid and cannabinoid receptors. *Nature medicine*, 2007, vol. 13, no 1, p. 35-37.
- ROMÁN Riechmann, E. y ÁLVAREZ Calatayud, G. Empleo de probióticos y prebióticos en pediatría. *Nutrición Hospitalaria*, 2013, vol. 28, p. 42-45.
- SADRZADEH Yeganeh, Haleh [et al.]. The effects of probiotic and conventional yoghurt on lipid profile in women. *British Journal of Nutrition*, 2010, vol. 103, no 12, p. 1778-1783.
- SALVATIERRA, Marlon [et al.]. Evaluación del efecto de cultivos probióticos presentes en yogurt sobre Staphylococcus aureus y la producción de termonucleasa. *Arch Latinoamer Nutric*, 2004, vol. 54, no 3, p. 298-302.
- SANTIAGO López, Lourdes. Estudio del potencial probiótico de bacterias ácido lácticas aisladas de queso cocido artesanal del estado de Sonora. Tesis (Ingeniero Agrónomo Especializado en Ingeniería Agroindustrial). Chapingo, México; Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Ingeniería Agroindustrial, 2011. 72 p.
- SANZ, Yolanda [et al.]. Genetic and functional characterization of dpp genes encoding a dipeptide transport system in Lactococcus lactis. *Archives of microbiology*, 2001, vol. 175, no 5, p. 334-343.
- SANZ, Y. , COLLADO, M. C. y DALMAU, J. Probióticos: criterios de calidad y orientaciones para el consumo. *Acta pediátrica española*, 2003, vol. 61, no 9, p. 476-482.
- SANZ, Yolanda [et al.]. Funciones metabólico nutritivas de la microbiota intestinal y su modulación a través de la dieta: probióticos y prebióticos. *Acta Pediatr Esp*, 2004, vol. 62, p. 520-526.
- SÁNCHEZ, María Teresa; RUIZ, María Adolfin y MORALES, María Encarnación. Microorganismos probióticos y salud. *Ars Pharmaceutica (Internet)*, 2015, vol. 56, no 1, p. 45-59.
- SAXELIN, Maija. Probiotic formulations and applications, the current probiotics market, and changes in the marketplace: a European perspective. *Clinical infectious diseases*, 2008, vol. 46, no Supplement 2, p. S76-S79.
- SCHELL, Mark A. [et al.]. The genome sequence of Bifidobacterium longum reflects its adaptation to the human gastrointestinal tract. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2002, vol. 99, no 22, p. 14.422-14.427.

- SEMA Cock, Liliana, ANGULO López, Jorge y AYALA Aponte, Alfredo. Barras de Cereal como Matriz Sólida para la Incorporación de Microorganismos Probióticos. *Información tecnológica*, 2015, vol. 26, no 2, p. 29-40.
- SENDAGORTA Cudos, E. y DE LUCAS Laguna, R. Tratamiento de la dermatitis atópica. *Rev Pediatr Aten Primaria* [online]. 2009, vol.11, suppl.15 [citado 2015-11-26], pp. 49-67.
Disponible en:
http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1139-76322009000300004&lng=es&nrm=iso
ISSN 1139-7632.
- SERNA Cock, Liliana; ANGULO López, Jorge E. y AYALA Aponte, Alfredo A. Barras de Cereal como Matriz Sólida para la Incorporación de Microorganismos Probióticos. *Información Tecnológica*, 2015, vol. 26, no 2.
- SERNA Jiménez, Johanna Andrea [et al.]. *Elaboración de jugos de fruta con adición de bacterias ácido lácticas con potencial probiótico*. Tesis Doctoral. Bogotá, Colombia: Universidad de la sabana, Facultad de ingeniería, 2012.
- SHAH, N. P. [et al.]. Improving the stability of probiotic bacteria in model fruit juices using vitamins and antioxidants. *Journal of food science*, 2010, vol. 75, no 5, p. M278-M282.
- SHEEHAN, Vivien; ROSS, P. y FITZGERALD, Gerald. Evaluación de la tolerancia al ácido y la robustez tecnológica de cultivos probióticos para la fortificación de los zumos de frutas. *Innovative Food Science & Tecnologías Emergentes*, 2007, vol. 8, n ° 2, p. 279 hasta 284.
- SONNENBURG, Erica [et al.]. Specificity of polysaccharide use in intestinal bacteroides species determines diet-induced microbiota alterations. *Cell*, 2010, vol. 141, no 7, p. 1241-1252.
- TEIXEIRA, P.; CASTRO, H. y KIRBY, R. Evidence of membrane lipid oxidation of spray-dried *Lactobacillus bulgaricus* during storage. *Letters in Applied Microbiology (United Kingdom)*, 1996.
- THAGE, B. V. [et al.]. Aroma development in semi-hard reduced-fat cheese inoculated with *Lactobacillus paracasei* strains with different aminotransferase profiles. *International dairy journal*, 2005, vol. 15, no 6, p. 795-805.
- TURNER, Jerrold R. Intestinal mucosal barrier function in health and disease. *Nature Reviews Immunology*, 2009, vol. 9, no 11, p. 799-809.
- URRÚTIA, Gerard, SELVA, Anna y CALAF, Joaquim. Revisión de la evidencia sobre la eficacia de los probióticos en la prevención de las infecciones del tracto urinario inferior y las infecciones vaginales. Barcelona, España: *Elsevier España*, 2014. ISSN: 0304-5013.

- VANDENPLAS, Yvan, HUYS, Geert y DAUBE, Georges. Probiotics: an update. *Jornal de Pediatria (Versão em Português)*, 2015, vol. 91, no 1, p. 6-21.
- VECCHIARELLI, Carmen. Nutrición enteral en prematuros. *Revista Enfermería Neonatal*, 2012, vol. 4, no 13, p. 12-8.
- VITELA, N. y VILLANUEVA, P. Antibióticos Más Probióticos. México City, Jun 27, ProQuest Central. [online].2015, vol.11, [citado 2015-11-26], pp. 49-67.
Disponible en:
http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1139-76322009000300004&lng=es&nrm=iso
ISBN 15637697
- WALLACE, Taylor C. [et al.]. Human gut microbiota and its relationship to health and disease. *Nutrition reviews*, 2011, vol. 69, no 7, p. 392-403.
- WANG, Y. [et al.]. The effect of probiotic BioPlus 2B® on growth performance, dry matter and nitrogen digestibility and slurry noxious gas emission in growing pigs. *Livestock Science*, 2009, vol. 120, no 1, p. 35-42.
- WERNER, Tanja y HALLER, Dirk. Intestinal epithelial cell signalling and chronic inflammation: From the proteome to specific molecular mechanisms. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 2007, vol. 622, no 1, p. 42-57.
- WHELAN, Kevin. Probiotics and prebiotics in the management of irritable bowel syndrome: a review of recent clinical trials and systematic reviews. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 2011, vol. 14, no 6, p. 581-587.
- WHITEHEAD W, Levy y VON Korff, M. The usual medical care for irritable bowel syndrome. *Aliment Pharmacol Ther.* 2004; 20: 1305-15.
- XIU Dong, Liu [et al.]. Diffusion of acetic acid across oil/water interface in emulsification-internal gelation process for preparation of alginate gel beads. *Chemical Research in Chinese Universities*, 2007, vol. 23, no 5, p. 579-584.
- ZALBA Elizari, J.I. y FLICHY Fernandez, A.J. Empleo de probióticos en odontología. *Nutr. Hosp.* [online]. 2013, vol.28, suppl.1 [citado 2015-11-25], pp. 49-50.
Disponible en:
<http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112013000700012&lng=es&nrm=iso>.
ISSN 0212-1611.

ANEXO 1. Condiciones de Operación para la producción de microencapsulados probióticos mediante secado por aspersión

Cuadro 7. Condiciones de Operación para la producción de microencapsulados probióticos mediante secado por aspersión

MICROORGANISMO	CONDICIONES DE OPERACIÓN "Spray dryer"		AUTORES
<i>Bifidobacterium</i> BB-12	T. aire Entrada	151 ± 2 °C	Fritzen et al., 2012
	T. aire Salida	55 ± 3 °C	
	Flujo Alimentación	6 mL/min	

	Flujo de Aire	$35 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$	
	Presión	0,7 mpa	
<i>Lactobacillus acidophilus</i> NRRL B-4495 <i>Lactobacillus rhamnosus</i> NRRL B-442	T. aire Entrada	100,115 y 130 °C	Anekella and Orsat, 2012
	T. aire Salida	87-92 °C	
	Flujo Alimentación	10,15 y 20 mL/min	
	Flujo de Aire	$30 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$	
<i>Lactobacillus rhamnosus</i> GG (ATCC 53103).	T. aire Entrada	70-100 °C	Ananta et al., 2005
	T. aire Salida	solo 80 °C	
	Flujo Alimentación	5 mL /min	
<i>B. longun</i> B6, <i>B. infantis</i> CCRC 14633, <i>B. infantis</i> CCRC 14661, <i>B. longun</i> ATCC 15708, <i>B. longun</i> CCRC 1634	T. aire Entrada	$100 \pm 1^\circ\text{C}$	Lian et al., 2002
	T. aire Salida	50-60°C	
<i>Lactobacillus paracasei</i> NFBC 338	T. aire Entrada	$170^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$	Kearney et al. , 2009
	T. aire Salida	80-85°C	
<i>Lactobacillus rhamnosus</i> GG, <i>Lactobacillus</i>	T. aire Entrada	170°C	Corcoran et al., 2004

<i>rhamnosus</i> E800, <i>Lactobacillus salivarius</i> UCC500	T. aire Salida	85-90°C	
---	----------------	---------	--

Fuente: Montes, 2013).

ANEXO 2. Cultivos de microorganismos comúnmente usados como probióticos

Cuadro 8. Cultivos de microorganismos comúnmente usados como probióticos

Especie	Cultivos
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	La2, La5 (conocida como La1), Johnsonii (La1; conocida como Lj1), NCFM, DDS-1, SBT-2062
<i>L. bulgaricus</i>	Lb12
<i>L. lactis</i>	La1
<i>L. plantarum</i>	299v, Lp01
<i>L. rhamnosus</i>	GG, GR-1, 271, LB21
<i>L. reuteri</i>	SD2112 (conocida como MM2)
<i>L. casei</i>	Shirota, Immunitass, 744, 01
<i>L. paracasei</i>	CRL 431
<i>L. fermentum</i>	RC-14
<i>L. helveticus</i>	B02
<i>Bifidobacterium longum</i>	B536, SBT-2928
<i>B. breve</i>	Yakult
<i>B. bifidus</i>	Bb-11, Bb12

<i>B. essensis</i>	Danone (Bio Activia)
<i>B. animalis</i>	subsp lactis Bb-02
<i>B. infantis</i>	Shirota, Immunitass, 744, 01

Fuente:

Krishnakumar y Gordon, (2001)