



III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Alimentos funcionales

En los años recientes, una categoría llamada "alimentos funcionales" ha aparecido en el mercado, y sus ventas han crecido exponencialmente (Chassy et al, 2006); lo anterior es consecuencia del creciente interés del ser humano por obtener dietas óptimas para mantener una buena salud, por extender los años de vida, la desconfianza hacia los alimentos procesados y el aumento en el mercados de los alimentos naturales; dicha influencia ha provocado un estado de revolución tecno-científica para los alimentos funcionales (Vasconcelos, 2000).

Algunos de los factores que han contribuido a la presente revolución dietaria y al interés en los alimentos funcionales son (Vasconcelos 2000):

1. La evidencia en el mantenimiento de la salud y la concurrencia de las enfermedades.
2. El papel de la dieta en la mayoría de las causas de muerte incluyendo: enfermedades del corazón, cáncer, derrame cerebral, diabetes, arterosclerosis, enfermedades hepáticas y otras enfermedades no fatales, las cuales también resultan de una dieta inadecuada y pueden causar problemas de discapacidad temporal.

Debido a esto es importante conocer los beneficios y tener claro el significado de este tipo de alimentos que son definidos como aquellos a los cuales se les adicionan ingredientes que proporcionan beneficios a la salud de los consumidores además de los que proporcionan los alimentos por sí mismos. A



éstos alimentos también se les ha llamado “nutracéuticos” o “alimentos diseñados” (CSPI, 1998).

Este tipo de alimentos pretenden ofrecer a los consumidores beneficios potenciales a la salud, permitiendo al mismo tiempo cubrir con los requerimientos nutricionales básicos explotando la creciente evidencia científica que soporta la ingesta de una dieta que contenga ciertos tipos de alimentos o fitoquímicos en orden de la prevención y tratamiento de enfermedades.

En si, todos los alimentos tienen un rol funcional. Ellos nutren nuestro cuerpo, lo proveen de energía y en muchas ocasiones lo previenen del ataque violento de las enfermedades basadas en aspectos nutricionales. Sin embargo, los alimentos funcionales son llamados así, no sólo tomando en cuenta las cualidades que tienen los alimentos en general, sino también las cualidades que tienen un impacto positivo en la salud del ser humano, su desarrollo físico o su estado mental (Goldberg, 1994).

Dentro de esta categoría, se han identificado 12 extensas clases de ingredientes, los cuales se consideran que benefician a la salud al ser adicionados o cuando se encuentran en un alimento; estos se enlistan a continuación (Goldberg, 1994):

1. Fibra dietética
2. Oligosacáridos
3. Aminoácidos, péptidos y proteínas
4. Alcoholes de azúcar
5. Glicósidos
6. Alcoholes
7. Isoprenoides y vitaminas
- 8. Bacterias ácido lácticas**
9. Minerales
10. Ácidos grasos poliinsaturados
11. Otros, como fitoquímicos y antioxidantes





Debido a la popularidad de los alimentos funcionales, los científicos identificaron las sustancias anteriores y algunas de sus combinaciones que pueden reducir el riesgo de enfermedades, además de que la industria alimentaria está ansiosa por comercializar productos que ofrezcan beneficios especiales (CSPI, 1998).

Los procesos de transformación que se le pueden aplicar a un alimento con la finalidad de volverlo un alimento funcional se mencionan en la tabla I.

Tabla I. Modificaciones hechas a los alimentos para convertirlos en alimentos funcionales.

Modificaciones del alimento	Ejemplos de posible funcionalidad
Adición de fitoquímicos (como ingredientes o extractos de plantas)	Antioxidante, disminución del riesgo de cáncer y presión arterial.
Adición de péptidos bioactivos	Mejora las funciones inmunológicas y mejora la biodisponibilidad de los minerales.
Adición de fibra dietética	Prevención del estreñimiento, disminución del riesgo de cáncer de colon, disminución de colesterol en la sangre.
Adición de ácidos grasos poliinsaturados Ω -3	Disminución del riesgo de ataque cardíaco y de algunos cánceres, mejoramiento del sistema inmunológico.
Adición de probióticos	Mejoramiento de la función gastrointestinal, del sistema inmunológico, y disminución del riesgo de cáncer de colon.
Adición de prebióticos	Mejoramiento de la función gastrointestinal, mejoramiento del sistema inmunológico, disminución del riesgo de cáncer de colon.

Adaptada de Berner y O'Donnerll (Shah, 2001)



Los alimentos funcionales han sido asociados con la prevención y/o tratamiento de por lo menos cuatro de las principales causas de muerte en los Estados Unidos: cáncer, diabetes, enfermedades cardiovasculares e hipertensión (Chassy et al, 2006). En la tabla II se presentan algunos ejemplos de compuestos y/o alimentos que son considerados dentro de la categoría de funcionales, las fuentes donde se obtienen y los beneficios que otorgan a la salud (Chassy et al, 2006).

Tabla II. Ejemplos alimentos que presentan beneficios y que pertenecen a la categoría de alimentos funcionales.

Clase /componente	Fuente ^b	Beneficio potencial a la salud
Carotenoides		
α -caroteno	Zanahorias	Neutralizan los radicales libres que causan daño a las células
β -caroteno	Varias frutas y verduras	Neutralizan los radicales libres
Luteína	Vegetales verdes	Contribuye a mantener saludable la vista
Lycopeno	Tomate y derivados	Previene el cáncer de próstata
Zeaxantina	Huevo, cítricos, maíz	Contribuye a mantener saludable la vista
Fibra dietética		
Fibra insoluble	Harina integral	Reduce el riesgo de cáncer de colon
β -glucano	Almendras	Puede reducir el riesgo de enfermedad cardiovascular (ECV)
Fibra soluble		Puede reducir el riesgo de ECV
Granos de trigo	Granos de cereales	Puede reducir el riesgo de ECV
Colágeno	Gelatina	Ayuda a prevenir algunos síntomas de osteoartritis
Ácidos grasos		
Omega-3 DHA/EPA	Atún, pescado, aceites marinos	Puede prevenir el riesgo de ECV y mejora las funciones mentales y visuales
Ácido linoléico conjugado	Queso, productos cárnicos	Mejora la composición del organismo y reduce el riesgo de determinados tipos de cáncer
Flavonoides		
Antocianidinas	Zarzamoras	Neutraliza los radicales libres, reduce el riesgo de cáncer
Hidroxicinaminas	Trigo	Actividad antioxidante, reduce el riesgo de cáncer
Flavonoles: catequinas, taninos	Té (verde, negro)	Neutraliza los radicales libres, reduce el riesgo de cáncer



Flavonones	Cítricos	Neutraliza los radicales libres, reduce el riesgo de cáncer
Flavones: quercetin	Frutas y vegetales	Neutraliza los radicales libres, reduce el riesgo de cáncer
Glucosinolatos, indoles, isocianatos		
Sulforafane	Brócoli, col, rábano	Neutraliza los radicales libres, reduce el riesgo de cáncer
Fenoles		
Stibenes-resveratrol	Uvas	Puede reducir el riesgo de enfermedades degenerativas, enfermedades del corazón y cáncer
Ácido caféico, ácido ferúlico	Frutas, vegetales, cítricos	Actúa como antioxidante, reduce el riesgo de enfermedades degenerativas de corazón, y de ojos
Estanoles de plantas		
Estano éster	Maíz, soya, trigo, aceite de semillas	Puede reducir el riesgo de enfermedades coronarias por colesterol
Prebióticos/ probióticos		
Fructanos, inulina, fructooligosacáridos	Polvo de cebolla	Previene enfermedades gastrointestinales
Lactobacilos	Yogurt y otros lácteos	Mejora la salud intestinal
Saponinas	Granos de soya, productos de soya, proteína de soya	Disminuye la cantidad de LDL, contienen enzimas anticancerígenos
Fitoestrógenos		
Isoflavonoides	Granos de soya y alimentos en base de soya	Reduce los síntomas de la menopausia, reduce la osteoporosis y CVD
Liganos	Vegetales	Puede proteger en contra de algunos cánceres, puede disminuir el colesterol y triglicéridos
Taninos		
Proantocianidinas	Frambuesa, productos de frambuesa, cocoa, chocolate, té negro	Puede mejorar la salud del sistema tracto urinario. Reduce el riesgo de CVD y la presión arterial

b. U.S. Food and Drug Administration (Chassy et al, 2006)

Algunos ejemplos de alimentos funcionales son los siguientes (Goldberg, 1994):

- Productos lácteos: Desde 1908, Elie Metchnikoff propuso que el consumo de leche fermentada con lactobacilos podía alargar la vida, a raíz de esto nació un gran interés por los beneficios potenciales asociados con estos microorganismos. Los principales microorganismos usados son las especies *Bifidobacterium* y *Lactobacillus*.
- Bebidas: La mayoría de los alimentos funcionales son bebidas.





- Otros: Estos productos incluyen, carnes ya preparadas, cereales para desayuno, confitería, alimentos para bebé, helados y aderezos para ensaladas.

Especialistas en nutrición humana, ciencia y tecnología de alimentos, mercadotecnia, entre otros, investigan activamente esta nueva área y se encuentran formulando nuevos productos que permitan un futuro más saludable para la humanidad (Vasconcelos, 2000).

3.2 Alimentos Probióticos

Durante la segunda parte del siglo XIX, los científicos estudiaron las interacciones de los microorganismos con el huésped humano, aunque primeramente se hizo desde una perspectiva negativa. Sin embargo, en 1885, Escherich describió la microflora del intestino y en 1886 la colonización del tracto gastrointestinal en infantes y sugirió los beneficios de la digestión, mientras que Döderlein fue probablemente el primer científico que sugirió la asociación benéfica de las bacterias vaginales por la producción de ácido láctico a partir de la síntesis de los azúcares (Axelsson, 2004).

La producción de láctico es el mejor producto generado por el metabolismo de las bacterias ácido lácticas y son asociadas a la fermentación de la leche. Estudios recientes señalan la importancia vital y de salud de la presencia de población microbiana benéfica en el tracto gastrointestinal. Particularmente la asociación benéfica de LAB con el huésped humano (Axelsson, 2004). Metchnikoff con su bestseller "*La prolongación de la vida*", fue probablemente el primer pionero en postular los beneficios asociados al consumo de BAL en productos fermentados, y para ese entonces, él consideraba que la producción de ácido láctico era debido a que las bacterias ocasionaban la fermentación del azúcar presente. Las bifidobacterias, otro grupo microorganismo que produce



ácido láctico, son bacterias aceptadas dentro del grupo de BAL, fueron descubiertas en 1889 y descritas en los 1990s por Tissier (Axelsson, 2004).

Cabe mencionar que el organismo humano cuenta con una cantidad de $10^1 - 10^3$ /mL de microorganismos en el estómago, 10^6 /mL en el yeyuno (en su mayoría lactobacilos, enterobacterias y estreptococos), más de 10^9 UFC /g en el ileon terminal, y 5×10^{11} en el colón. La mayoría de los microorganismos presentes en el duodeno y el yeyuno son considerados de tránsito, principalmente por el constante flujo en estas zonas; la colonización es mayor en el ileon. La población estimada es de 10^{14} bacterias viables en el intestino de un adulto, lo que representa 10 veces más que las células de los tejidos del cuerpo (Wilhem, 2005).

El rol de los lactobacilos es el más importante debido a que representa el mayor porcentaje de la población de microorganismos presentes. Esta flora intestinal tiene numerosas funciones fisiológicas, dentro de ellas se encuentran (Wilhem, 2005):

- Mantenimiento y restauración de función de barrera, es decir, protección de la pared intestinal.
- Simulación del sistema inmune.
- Mantenimiento de la circulación y nutrición de la mucosa.
- Aseguran la viabilidad de los nutrientes.
- Aseguran los movimientos peristálticos y la reducción de la constipación.

Por ello, en la actualidad se considera de vital importancia contar con los microorganismos necesarios en el tracto gastrointestinal, asegurando que las funciones que realizan sean llevadas a cabo satisfactoriamente. Debido a la reciente divulgación de estos conocimientos, se ha vuelto moda en la población el consumo de productos que contengan microorganismos viables, que lleguen al intestino y que lleven a cabo las funciones benéficas para el consumidor; a estos productos se les denominan probióticos, y se han extendido rápidamente por los diferentes segmentos del mercado mundial, especialmente por los progresos



científicos y la apertura de la sociedad para informarse acerca de la influencia positiva del consumo de estos microorganismos, sobre todo en aspectos relacionados con la salud.

3.2.1 Definición de probiótico

A partir de la propuesta hecha por Metchnikoff (1908), sobre la necesidad de consumir bacterias benéficas, a través de productos fermentados de leche, con el fin de mantener el correcto equilibrio en la microflora intestinal y minimizar las fermentaciones putrefactivas; surgieron muchas definiciones para describir el concepto de probióticos.

La palabra probiótico deriva del griego y significa "para la vida", la definición ha evolucionado con el tiempo. Los probióticos han sido definidos de muchas formas, dependiendo del entendimiento que se tenga de sus mecanismos de acción y los efectos que tiene sobre la salud y bienestar humano (Salmiinen et al., 1999) .

El término probiótico se popularizó por R. Fuller en 1989, y fue definido más recientemente por un comité experto como "microorganismo viviente que por medio de la ingestión de un determinado número, proporciona beneficios a la salud inherentes a la nutrición general" (Ouweland et al, 2002).

Otra definición que es comúnmente utilizada es la adaptada por Goldberg, 1994: "los probióticos son suplementos alimenticios provenientes de microorganismos vivos, con efectos benéficos para el cuerpo y que habitan mejorando su balance microbiológico intestinal". Sin embargo, la definición más aceptada en el área de investigación es la propuesta por Fuller (1989), citado en el artículo de Siuta-Cruce y Goulet (2001): "probiótico es un suplemento microbiano vivo que afecta de manera benéfica al huésped, mejorando el balance microbiano intestinal".



Como la definición sugiere, estos microorganismos requieren de una colonización, o por lo menos una colonización temporal del tracto gastrointestinal; o bien, estos microorganismos presentan la habilidad de producir efectos locales o pasajeros durante su paso o estancia en el sistema gastrointestinal. Así mismo, la definición señala que los microorganismos deben estar vivos, no pasteurizados y sin algún otro tratamiento de inactivación microbiana. Sin embargo, dentro de la definición, no se menciona un número específico de microorganismos que deben contener los productos para que puedan ser considerados como probióticos, esto debido a que cada legislación o cada país cuenta con diferentes normatividades, algunos señalan que deben contar con una población mínima de 10^6 UFC/ mL, en otras bibliografías señalan que debe de tener la cantidad necesaria para que se ingiera una cantidad de 10^9 UFC/ día (Ouwehand et al, 2002).

Los microorganismos probióticos, son microorganismos no patógenos que pueden ser ingeridos y ocasionar beneficios a la salud o fisiológicos al huésped. Tienen influencia en la fisiología intestinal y también directa o indirectamente en la modulación del ecosistema endógeno o el sistema inmune. El principal obstáculo para que estos microorganismos sobrevivan es la acidez del jugo gástrico y la acción de las sales biliares. El máximo efecto de los probióticos se logra cuando se adhieren a la pared intestinal (Farnworth, 2003).

Los múltiples beneficios que proporcionan están científicamente establecidos por estudios clínicos realizados en humanos por numerosas dependencias o grupos de investigación y publicados en journals especializados (Ouwehand et al, 2002). Sin embargo, en los últimos años, se ha definido a probiótico de acuerdo a la ILIS (International Life Sciences Institute) de Europa como " Microorganismo viable componente suplementario de los alimentos que ofrece influencias benéficas a la salud del huésped". Esta definición requiere que la seguridad y eficacia de los probióticos sean demostradas (Salmien et al, 2004).



3.2.2 Efectos en la salud humana

Las investigaciones sobre bacterias probióticas, reportan que dichas bacterias median la salud a través de varios mecanismos. Según Holzapfel y Schillinger (2001), entre las principales funciones benéficas se encuentran (Dunne et al, 2001; Salmien et al, 2004):

- Beneficios nutricionales: producción de vitaminas, disponibilidad de minerales y elementos traza.
- Producción de importantes enzimas digestivas (ej: β -galactosidasa).
- Efectos barrera/ restauración: diarrea infecciosa, antibióticos e irradiación asociados a la diarrea.
- Disminución de los efectos del colesterol.
- Estimulación del sistema inmunológico.
- Adherencia y resistencia de colonización, mantenimiento de la integridad de la mucosa.
- Mejoramiento de la movilidad de los intestinos, alivio de la constipación.
- Reducción de la colonización del rotavirus que provoca la diarrea.
- Reducción de la estancia de los antibióticos asociados a la diarrea.
- Reducción de diarrea por rotavirus.
- Disminución de los síntomas de intolerancia a la lactosa.
- Disminución de los síntomas de las alergias por ingesta de alimentos en los infantes.

Otros beneficios que aportan los probióticos son los siguientes, según los citados por Shah (2001):

- Propiedades Antimicrobianas: La microflora intestinal ejerce una barrera importante frente a las infecciones. Los mecanismos de acción son muy





variados: modificando los niveles de adhesión celular, produciendo sustancias antimicrobianas o la estimulación de órganos linfoides asociados al tracto intestinal, colonización competitiva (que priva a los patógenos de nutrientes de nichos de implantación), inhibición de adhesión y crecimiento de patógenos, que resulta de la producción de ácidos orgánicos (ácido láctico y acético), peróxido de hidrógeno, dióxido de carbono y sustancias antimicrobianas conocidas como bacteriocinas. Debido a estas virtudes, las bacterias probióticas muestran propiedades contra bacterias Gram-positivas como *Staphylococcus aureus* y *Clostridium perfringens*.

- Propiedades Anticarcinogénicas: Las bacterias ácido lácticas y los productos fermentados hechos de ellas tienen una actividad potencial anticarcinogénica. *Bifidobacterium longum* y *Bifidobacterium infantis* son agentes efectivos contra los tumores. Su mecanismo de acción se debe a la supresión de las enzimas bacterianas, a la activación del sistema inmune del huésped y a la reducción del pH intestinal. Las bacterias probióticas pueden remover las fuentes procarcinogénicas o las enzimas que desarrollan la formación de carcinógenos.
 - Salud Urogenital: El tracto urogenital de las mujeres está altamente colonizado por bacterias y es altamente susceptible a infecciones. El consumo oral de ciertos probióticos puede disminuir el desarrollo de infecciones provocadas por *Candida* y otros microorganismos de la vagina.
 - Alergias: Se han reportado estudios preliminares de la modulación de ciertas reacciones alérgicas debido a los probióticos. El rompimiento de las mucosas intestinales permitiendo el intercambio de antígenos puede ser un factor para desencadenar ciertas reacciones alérgicas. Desde que las bacterias probióticas han mostrado el mejoramiento de las funciones de protección de
-
-



las mucosas, la hipótesis de que ellas juegan un papel en la moderación de las respuestas alérgicas han sido cuestionadas.

- Reducción de la intolerancia a la lactosa: La intolerancia a la lactosa es un problema que padece un gran porcentaje de la población (50-70%) y se debe a la ingestión de productos que contienen lactosa y los bajos niveles de β -galactosidasa intestinal. La lactosa es una sustancia osmóticamente muy activa y su presencia en el intestino ocasiona la salida de fluidos e iones de la mucosa intestinal hacia el exterior hasta alcanzar el equilibrio osmótico, provocando diarrea profusa. La ingestión de probióticos, liofilizados o como yogurt, ha permitido reducir la mala absorción de la lactosa, efecto atribuido al aporte de la β -galactosidasa exógena proporcionada por *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*.
- Mejoramiento del valor nutricional de un alimento: Los efectos nutricionales de los probióticos han sido muy estudiados en las leches fermentadas con *lactobacilos*. Estos productos tienen un menor contenido de lactosa y un alto contenido de aminoácidos libres y ciertas vitaminas, que otros productos fermentados. Se ha reportado que los *Lactobacilos* y *Bifidobacterias* producen ácido fólico, niacina, tiamina, riboflavina, piridoxina y vitamina K.

Los retos por confirmarse en cuanto a mejoramiento de salud de acuerdo a los ensayos o pruebas aplicados a humanos son (Salmien et al, 2004):

- Prevención de la enfermedad atópica.
 - Reducción del riesgo de cáncer de vejiga y colón.
 - Disminución de los síntomas de la enfermedad de intestino inflamado y del síndrome de intestino inflamado, enfermedad de Crohn.
 - Reducción de la diarrea ocasionada por *Clostridium difficile* y mejoramiento de la nutrición evitando colitis ocasionada por *Clostridium difficile*.
-
-



- Control dietario de colesterol.
- Reducción del riesgo de infecciones respiratorias en infantes y niños.
- Reducción del riesgo de caries dentales.

Los probióticos representan una nueva frontera para el tratamiento de numerosos desordenes intestinales. Sin embargo, se necesitan más estudios e investigaciones para definir el rol de los probióticos como una terapia complementaria en algunas aplicaciones clínicas intestinales y no gastro-intestinales. En la actualidad, se han desarrollado guías para el uso de microorganismos probióticos presentadas por Zuccotti (2008), estas guías se han publicado con base a los últimos estudios clínicos realizados.

3.2.3 Cultivos probióticos

3.2.3.1 Microflora en el tracto gastrointestinal

El tracto gastrointestinal del ser humano es estéril hasta nacer, cuando la colonización bacteriana comienza durante el proceso de alumbramiento. El inóculo puede provenir de la vagina, de la flora fecal de la madre, o del medio ambiente (Grady y Gibson, 2005).

El tracto gastrointestinal, en conjunto con su microbiota, es uno de los órganos metabólicamente más activo del cuerpo humano. Y como ya se mencionó, los miembros de la microbiota del tracto gastrointestinal dependen de cada individuo, de los caracteres genéticos del huésped, de los factores ambientales, y de las influencias microbiológicas; lo que da origen a distintos perfiles de microorganismos. En la tabla III se muestra las principales razones que influyen la presencia de diferentes tipos de microorganismos en el tracto gastrointestinal.



Tabla III. Factores que afectan el tipo de flora bacteriana del tracto gastrointestinal.

Tipo de alimentación
Cantidad, composición química y disponibilidad del sustrato de crecimiento
Cantidad de sitios de colonización
Interacciones inmunológicas
Estrategias de fermentación individuales por bacteria
Tiempo de tránsito por el intestino
pH
Potencial Redox
Disponibilidad de electrones aceptores orgánicos
Producción de metabolitos de bacterias
Presencia de compuestos antimicrobianos
Compuestos Xenobióticos
Edad del huésped
Movimientos peristálticos

(Grady y Gibson, 2005)

Dentro de los microorganismos presentes en el tracto gastrointestinal, se encuentran microorganismos que son considerados probióticos, que bien, pueden estar presentes en el huésped, o pueden ser ingeridos para mejorar las funciones del tracto gastrointestinal.

3.2.3.2 *Microorganismos probióticos*

Los microorganismos considerados probióticos son ingeridos con la finalidad o propósito de obtener resultados positivos en el tracto digestivo y/o áreas sistémicas como el hígado, vagina o torrente sanguíneo. Sin embargo, antes de que el consumidor pueda ingerirlos, se debe de someter a severos criterios como (Grady y Gibson, 2005; Ouwehand et al, 2002):



- Seguridad de que su consumo aporte algún beneficio, preferentemente si se cuenta con alguna explicación o documentación del mecanismo de dicho beneficio.
- Que el microorganismo mantenga estabilidad en el producto que lo contiene.
- Que sea capaz de contener un número considerable de células viables.
- Que el producto presente buena calidad sensorial.
- Que tenga una etiqueta que describa el producto y el contenido exacto del mismo.

Y a su vez, debe cumplir con algunos criterios de selección para que pueda usarse en alimentos destinados a consumo humano (Short, 1999; Zuccotti et al, 2008; Grady y Gibson, 2005; Ouwehand et al, 2002):

- No debe ser patógeno, es decir, que no presente ningún riesgo para el consumidor.
 - De origen humano, especies con interacciones específicas con el huésped.
 - Tiene que ser resistente a las enzimas pancreáticas, a los ácidos y sales biliares, con la finalidad de asegurar su sobrevivencia al paso a través del tracto gastrointestinal.
 - Debe poseer la habilidad para resistir procesos de transformación y mantenerse viables durante un periodo de vida útil.
 - Que exista alguna evidencia de que proporcione efectos benéficos a la salud.
 - Influencia en el metabolismo humano.
 - Capacidad de adherirse al tejido epitelial intestinal y a la mucosa intestinal, con la finalidad de que se lleve a cabo la modulación inmune, la exclusión de patógenos, mejorar la mucosa dañada, y prolongar la colonización.
 - Capacidad de colonizar el tracto gastrointestinal.
-
-



- Debe ser capaz de producir sustancias antimicrobianas.
- Buenas propiedades tecnológicas, como estabilidad, producción a escala y tolerancia al oxígeno.

Actualmente los microorganismos identificados como probióticos y usados alrededor del mundo son los mostrados en la tabla IV.

Tabla IV. Microorganismos usados en productos probióticos.

Lactobacilos
<i>Lactobacillus acidophilus</i> spp.; <i>L. acidophilus</i> LA-1
<i>L. casei</i> spp.; <i>L. rhamnosus</i> GG
<i>L. reuteri</i>
<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>
<i>L. plantarum</i> spp.; <i>L. plantarum</i> 299V
<i>L. fermentum</i> KLD
<i>L. johnsonii</i>
Bifidobacterias
<i>Bifidobacterium bifidum</i>
<i>B. breve</i>
<i>B. infantis</i>
<i>B. longum</i>
Otras bacterias
<i>Enterococcus faecium</i>
<i>Escherichia coli</i> Nissle 1917
<i>Streptococcus salivarius</i> subsp. <i>thermophilus</i>
Levaduras
<i>Saccharomyces boulardii</i>

(Shortt, 1999; Santosa et al, 2006; Zuccotti et al, 2008)





Tradicionalmente, los cultivos probióticos han sido añadidos a yogurt y otros alimentos fermentados, pero recientemente han sido incorporados también a bebidas, tabletas, cápsulas y preparaciones liofilizadas. En la actualidad hay más de 70 productos en el mundo que contienen lactobacilos y bifidobacterias, incluyendo cremas, mantequillas, yogures, leche en polvo y postres congelados (Shah, 2001).

Los lactobacilos juegan un rol importante en el control de microorganismos indeseables en el intestino y en el tracto urogenital. Además de los lactobacilos nativos que residen en el tracto gastrointestinal, otras cepas de lactobacilos provenientes de productos fermentados han mostrado efectos benéficos en la salud del intestino (Blum et al., 1999).

Los probióticos pueden usarse en combinación con otros ingredientes saludables o solos, para complementar los atributos funcionales naturales de la mayoría de los alimentos.

3.2.3.3 Modo de acción de los probióticos

Muchos de los beneficios de los probióticos son por la modulación de la expresión de genes humanos. Esto incluye la inmuno-modulación, efectos anticancerígenos, efectos contra la hipertensión, baja de colesterol en la sangre, disminución del síndrome de colon irritable, y muchos otros (Dellaglio et al, 2005).

Otros modos de acción de los probióticos incluyen la estabilización de la microflora bacteriana, una exclusión competitiva de patógenos y otros microbios poderosos. Estos incluyen las interacciones entre los miembros de la microflora. Muchos estudios se han enfocado en los efectos de las cadenas de los probióticos en la composición de la microflora intestinal, así como el efecto de las cadenas en la actividad metabólica de la microflora existente (Dellaglio et al, 2005).



Dentro de los beneficios que proporcionan los probióticos se encuentran la terapia y modulación a la flora intestinal, propósito principal del consumo de este tipo de microorganismos. La modulación inmune, donde se demuestra que con la ausencia de microorganismos dañinos en la flora intestinal, las barreras contra el ataque de cualquier microorganismo patógeno son más resistentes. Con la ingesta de este tipo de microorganismos se ha demostrado la disminución de la cantidad de padecimientos y muertes por alergias, asociándose esto a la resistencia que da al organismo el consumo de dichos probióticos. Y por último, las enfermedades relacionadas con el sistema digestivo, como son la gastroenteritis, cáncer colo-rectal, constipación y las inflamaciones intestinales; todos estos padecimientos se han visto disminuidos por la ingesta de microorganismos probióticos (Dellaglio et al, 2005).

3.2.3.4 Selección de la cepa adecuada

Existen 3 principales criterios para elegir la cepa adecuada según Holzapfel y Schillinger (2002):

1. Aspectos generales, incluyendo origen, identidad, seguridad y resistencia a: mutaciones, ambiente estresante y a factores antimicrobianos que prevalecen en el tracto gastrointestinal.
2. Aspectos técnicos (propiedades de crecimiento *in vitro* y durante el procesamiento, supervivencia y viabilidad durante el transporte y almacenamiento).
3. Aspectos funcionales y características benéficas.





3.2.3.5 *Viabilidad del probiótico*

Para poder llevar a cabo los beneficios a la salud, la bacteria probiótica debe estar viable y disponible a altas concentraciones, por lo general, $>10^6$ UFC/ g de producto (Vinderola et al., 2000).

Existen muchos factores que promueven la disminución de la viabilidad del organismo probiótico: acidez del producto, acidez producida durante el almacenamiento en refrigeración (postacidificación), nivel de oxígeno en los productos, permeación del oxígeno a través del empaque, sensibilidad a sustancias antimicrobianas producidas por las bacterias del yogurt, flora competitiva y falta de nutrientes en la leche (Shah, 2001).

Algunos de los métodos característicos que se emplean para mejorar la viabilidad de los microorganismos probióticos son: selección bacteriana adecuada, tipo de contenedor o empaque del producto, rango de inoculación, dos etapas de fermentación, técnicas de microencapsulación, adición de nutrientes a la leche, uso de agentes óxido-reductores capaces de atrapar al oxígeno y la adición de cisteína.

Es claro que durante las tres décadas pasadas, el interés para este tema ha ido creciendo, principalmente considerando la asociación que existe en cuanto a los beneficios que ofrecen a la salud del consumidor. Esto se ve reflejado en el creciente número de productos alrededor de los mercados del mundo, y también por el incremento del consumo de los productos. En adición, la mayoría del conocimiento ha sido adquirido gracias al crecimiento, sobrevivencia y las nuevas bacterias probióticas aisladas, además del desarrollo de las nuevas tecnologías para la manufactura de los diferentes productos lácteos.



De acuerdo con Mattila-Sandholm et al. (2002), los prospectos de tecnología futura que deben ser considerados o señalados en el orden de "funcionalidad" de microorganismos probióticos incluyen:

- Tecnologías de fermentación y secado.
- Microencapsulación.
- Caracterización de cadenas incluyendo dosificación, estabilidad, viabilidad y no-viabilidad.
- Formulación de la matriz de los alimentos.
- Objetivos prebióticos.

Sin embargo, la industria de los lácteos probióticos debe trabajar cerca no solo de las regulaciones, si no también haciendo equipo con los investigadores, para continuar con las investigaciones en los aspectos de salud y los beneficios que estos productos proporcionarán a los consumidores.

3.2.4 Bacterias ácido lácticas

EL término bacteria ácido láctica fue empleado como significado para las bacterias derivadas de los productos de leche fermentados, para esto, el primer cultivo puro asilado de una bacteria fue "*Bacterium lactis*" (probablemente *Lactococcus lactis*), obtenida por J. Linster en 1873.

Los progresos en la clasificación de estas bacterias fueron hechos con la similitud entre las bacterias que fermentaban leche y otras bacterias de diversas fuentes que producían ácido láctico. Sin embargo, las confusiones seguían presentándose cuando apareció la monografía de Orla-Jensen. Este trabajo presenta un cambio sistemático en la clasificación de las BAL y, al realizar una revisión extensa, la base de la clasificación permaneció sin cambios. Orla-Jensen usó las siguientes características como base para su clasificación:



morfología (cocos o bastones), modo de fermentación de glucosa (homo o heterofermentativo), crecimiento a determinados rangos de temperatura (ej. 10 °C y 45 °C), y el rango de utilización de azúcar. Después del trabajo de Orla-Jensen, la nueva clasificación de las bacterias ácido lácticas se compone de cuatro géneros: *Lactobacilos*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, y *Streptococcus* (Axelsson, 2004).

En la actualidad, y debido al trabajo realizado por Orla-Jensen, el grupo de bacterias ácido lácticas se compone de 12 especies de bacterias Gram-positivas cuyas características se pueden apreciar en la tabla V (Axelsson, 2004).

El grupo de bacterias ácido lácticas es aproximadamente definido con límites, todos los miembros tienen la propiedad de producir ácido láctico de hexosas. Como organismos fermentadores, ellos carecen de citocromos y obtienen su energía por el nivel de fosforilación del sustrato mientras se oxidan los carbohidratos.

Kluyver definió a las bacterias ácido lácticas en dos grupos basados en los productos finales del metabolismo de la glucosa. Los que producen únicamente ácido láctico como producto de la fermentación, son llamados homofermentativos. El patrón de los homofermentativos es observado cuando la glucosa es metabolizada pero no necesariamente cuando las pentosas son metabolizadas, algunos homolácticos producen ácido láctico y acético cuando utilizan pentosas. Entonces las características de los organismos homofermentativos como homolácticos pueden ser cambiados por algunas cadenas por alteración de concentraciones de concentraciones de glucosa, pH y limitantes de nutrientes.



**Tabla V.** Características diferenciales de las Bacterias Ácido Lácticas.

Características	Bastones			Cocos								
	<i>Carnobacterium</i>	<i>Lactobacilos</i>	<i>Aerococcus</i>	<i>Enterococcus</i>	<i>Lactococcus</i>	<i>Vagococcus</i>	<i>Oenococcus</i>	<i>Leuconostoc</i>	<i>Pediococcus</i>	<i>Streptococcus</i>	<i>Tetragenococcus</i>	<i>Weissella</i> ^f
CO ₂ de glucosa ^b	- ^c	+-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
Crecimiento a 10°C	+	+-	+	+	+	+	+	+-	-	+	+	+
Crecimiento a 45°C	-	+-	-	+	-	-	-	+-	+-	-	-	-
Crecimiento en 6.5%NaCl	ND ^d	+-	+	+	-	-	+-	+-	-	+	+	+-
Crecimiento en 18%NaCl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Crecimiento a pH 4.4	ND	+-	-	+	+-	+-	+	+	-	-	-	+-
Crecimiento a pH 9.6	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-
Ácido Láctico ^e	L	D, L, DL ^f	L	L	L	L	D	L, DL ^f	L	L	L	D, DL ^f

+, positivo; -, negativo: respuesta variable entre especies; ND, no determinado

^a cadena de Weissella puede tener forma de vara

^b Prueba de homo o heterofermentación de glucosa; negativo y positivo señala homo y heterofermentación respectivamente

^c Pequeñas cantidades de CO₂ pueden ser producidas, dependiendo del medio

^d No se reporta crecimiento en 8% de NaCl

^e Configuración de ácido láctico producido de glucosa

^f Producción de D-, L-, o DL-ácido láctico entre varias especies (Axelsson, 2004)

Las bacterias ácido lácticas que producen iguales cantidades molares de lactato, dióxido de carbono y etanol a partir de hexosas son denominadas heterofermentativas.

**Tabla VI.** Clasificación del género *Lactobacilos*

Características	Grupo I,	Grupo II,	Grupo III,
	Obligadamente homofermentativas	Facultativamente heterofermentativas	Obligadamente heterofermentativas
Fermentación de pentosas	-	+	-
CO ₂ de glucosa	-	-	+
CO ₂ de gluconato	-	+ ^a	+ ^a
FDP aldolasa presente	+	+	-
Fosfoquetolasa presente	-	+ ^b	+
	<i>L. acidophilus</i>	<i>L. casei</i>	<i>L. brevis</i>
	<i>L. delbrückii</i>	<i>L. curvatus</i>	<i>L. buchneri</i>
	<i>L. helveticus</i>	<i>L. plantarum</i>	<i>L. fermentum</i>
	<i>L. salivarius</i>	<i>L. sakei</i>	<i>L. reuteri</i>

^a cuando fermentan

^b Inducido por pentosas
(Axelsson, 2004)

Las estreptobacterias (por ejemplo, *L. casei* y *L. plantarum*) producen arriba del 1.5% de ácido láctico en su óptima temperatura de actividad (30°C), las termobacterias (como *L. acidophilus* y *L. bulgaricus*) pueden producir arriba del 3% de ácido láctico y tienen una temperatura de crecimiento óptima de 40°C. Más recientemente, el género *Lactobacillus* ha sido clasificado en tres grupos basados primariamente en sus características fermentativas. El grupo 1 incluye las especies obligatoriamente homofermentativas (*L. acidophilus*, *L. bulgaricus*, *L. delbrueckii*, etc.), estas son termobacterias y no fermentan pentosas. El grupo 2 consiste de especies heterofermentativas (*L. casei*, *L. plantarum*, *L. sakei*, etc.), los miembros de este grupo fermentan pentosas. El grupo 3 consiste de las especies obligatoriamente heterofermentativas, estas incluyen *L. fermentum*, *L. brevis*, *L. reuteri*, *L. sanfrancisco* y otros; estos últimos producen



CO₂ a partir de glucosa (Farnworth, 2003), esta clasificación se puede observar en la tabla VI.

3.2.4.1 *Lactobacillus plantarum*

L. plantarum es encontrado en una gran variedad de nichos ecológicos incluyendo comida, alimentos y el tracto gastrointestinal; de acuerdo con Wilhem (2005), forma parte de la flora del intestino y la flora vaginal. La versatilidad del *L. plantarum* se debe a al tamaño de su genoma, el cual es 50% más grande que la mayoría de las bacterias ácido lácticas y tiene una gran capacidad metabólica. *L. plantarum* permite el empleo de una gran variedad de fuentes de carbono; propiedad que resulta de un largo número de genes involucrados en el transporte y utilización de azúcar, y un versátil metabolismo del piruvato, el cual tiene el potencial de producir D y L-lactato, formato, acetato, etanol, acetoina y 2,3- butanediol (Dellaglio et al, 2005).

La habilidad de este microorganismo a crecer en diferentes nichos se ve afectada por un número considerable de factores, como es el estrés por los choques térmicos, la respuesta a choque por frío, el estrés por un sistema ácido, choque alcalino de proteínas, estrés oxidativo relacionado a proteínas, y sistemas por osmoprotección.

El microorganismo *Lactobacillus plantarum* se produce con mucha frecuencia en forma espontánea en numerosos alimentos fermentados, especialmente cuando los alimentos son de origen vegetal.

L. plantarum se encuentra en alimentos como la col agria, kocho de Etiopía, aceitunas en salmuera, sourdodogh, ogi de Nigeria, togwa de Tanzania, y otros alimentos de origen vegetal característicos de determinadas regiones del planeta; todos éstos son considerados alimentos que además de las características nutricionales que tienen proporcionan beneficios a la salud.





Sin embargo, una mejor manera de control del microorganismo y una manera más sofisticada de elaborar los alimentos es por medio de la adición de un cultivo iniciador.

L. plantarum, provoca una fermentación ácido láctica, y para los alimentos fermentados por medio de éste microorganismo no sólo se toma en cuenta las características de textura y consistencia que otorga a los alimentos, si no también otros beneficios que hacen que se considere a *L. plantarum* como un microorganismo probiótico.

La caracterización de éste microorganismo es que es una bacteria ácido láctica, no esporuladora, Gram-positiva, cuya fermentación produce ácido láctico. Es un microorganismo heterofermentativo y su grupo incluye las bacterias homofermentativas obligadas, heterofermentativas facultativas y las obligadamente heterofermentativas.

Tiene la habilidad de fermentar diferentes carbohidratos a una temperatura de 37°C en la prueba API 50. Es usado para la fermentación de cereales y de almidón.

Los alimentos fermentados pueden ser inoculados con *L. plantarum* directamente de las plantas, ya que puede estar presente en cantidades menores de 10 UFC/g en plantas vivas. *L. plantarum* es con frecuencia encontrado en la mucosa humana, desde la boca hasta el recto y está presente en el tracto gastrointestinal de una gran variedad de animales domésticos, como son perros, cerdos y caballos. *L. plantarum* puede estar presente en insectos, arañas y caracoles.

Una característica importante del *L. plantarum* es que es capaz de ir de los alimentos al tracto gastrointestinal de los organismos y tiene la capacidad de sobrevivir bajo las condiciones de ambiente en el tracto gastrointestinal y además tiene la capacidad de adherirse a la mucosa evitando su inmediata eliminación (James,2000).



3.3 Fermentación y productos lácteos fermentados

Numerosos productos alimenticios basan su elaboración y características en la actividad de organismos fermentativos. Muchos productos como quesos madurados, pepinillos, col agria y carne son productos fermentados en los que la vida de anaquel es extendida considerablemente a diferencia del material crudo con el que fue originalmente elaborado. Además, estos alimentos fermentados son más estables, todos los alimentos fermentados tienen aroma y sabor característico que es el resultado, directa o indirectamente, de los organismos fermentadores. En algunos casos, el contenido de vitaminas y la digestibilidad son características que se incrementa en los alimentos fermentados a diferencia de los alimentos crudos. El proceso de fermentación reduce la toxicidad de algunos alimentos, pero en otros casos la fermentación puede aumentar su toxicidad (Farnworth, 2003).

La ecología microbiana de alimentos y la fermentación ha sido estudiada por muchos años en el caso de quesos madurados, col agria, vinos y otros, y las actividades de los organismos fermentadores dependen de los parámetros intrínsecos y extrínsecos a los que son sometidos. Por ejemplo cuando los materiales crudos son ácidos y contienen azúcares libres, las levaduras crecen con facilidad, y el alcohol que producen restringe la actividad de otros contaminantes orgánicos naturales. Si, por otra parte, la acidez de un producto vegetal permite crecimiento bacteriano y al mismo tiempo contiene grandes cantidades de azúcares simples, las bacterias ácido lácticas se desarrollan, y la adición de bajas cantidades de NaCl asegura el desarrollo preferentemente de levaduras (como es el caso de la col agria).

Productos que contienen polisacáridos pero no de niveles significativos de azúcares simples son normalmente estables a la actividad de levaduras y bacterias ácido lácticas debido a la carencia de amilasa en la mayoría de estos





organismos. Para una fermentación efectiva, una fuente externa de sacarificación enzimática puede ser empleada. El uso de malta de cebada, y destilaciones industriales son ejemplos de esto (Farnworth, 2003).

3.3.1 Fermentación

Los cultivos iniciadores son la base de la manufactura de los productos lácteos formulados. Con excepción de algunos probióticos, la fermentación es la parte central de la producción de algunos productos lácteos. La palabra fermentación ha tenido muchos significados en el pasado. Bioquímicamente, fermentación es el proceso en el cual carbohidratos y compuestos relacionados son parcialmente oxidados con la liberación de energía en ausencia de algún electrón aceptor externo. Finalmente el electrón es un componente orgánico producido directamente del rompimiento de carbohidratos. Los productos de la fermentación consisten de algunos componentes orgánicos que son más reducidos que otros (Farnworth, 2003). Por otra parte, la fermentación es un proceso biológico, y los agentes causantes de ella son los microorganismos. En el sentido fisiológico es una respiración anaerobia. En el sentido del metabolismo de microorganismos, es la oxidación de sustratos relacionados en una serie de transferencias de hidrógeno a un aceptor final. En la respiración aeróbica el aceptor final del hidrógeno es la molécula de oxígeno.

La manufactura de productos lácteos envuelve la fermentación ácido láctica, y los microorganismos encargados de llevar a cabo dicha fermentación son las llamadas bacterias ácido lácticas (BAL).

Los cultivos iniciadores consisten en una selección de microorganismo(s) deliberadamente adicionados a leche que da como resultado la producción de un producto lácteo específico con de atributos deseados. Estos cultivos iniciadores, son entidades vivas que requieren condiciones ambientales óptimas, como son:





rangos adecuados de temperatura, presencia de agentes nutritivos adecuados, rango óptimo de pH, ausencia de sustancias tóxicas, y un manejo adecuado.

La primera función de estos microorganismos iniciadores es la producción de ácido láctico por la fermentación de la mayor parte de la lactosa de la leche (azúcar de la leche). El rango en el cual el ácido láctico es producido depende del lácteo que sea elaborado. A medida que el ácido láctico se produce, se presenta una disminución progresiva del pH. Cuando el pH alcanza el punto isoeléctrico de la caseína, se forma una micela, que es una dispersión coloidal de la caseína, formándose una cuajada. Así, el ácido generado por la fermentación de lactosa no solo imparte un agradable sabor ácido al producto, sino que también inicia la transformación de la leche líquida a un cuajo sólido o semisólido. Cuando esto sucede, el suero y los componentes solubles de la leche y la grasa de la leche, quedan atrapados en una matriz. Cuando hay una producción excesiva de ácido, o un control inapropiado de la temperatura durante la fermentación, da como resultado que el suero y los componentes solubles sean expulsados del cuajo. Cuando hay una excesiva concentración de ácido, provoca un fuerte y agrio sabor ácido y enmascara el sabor característico del diacetaldehído deseado en la mayoría de los productos fermentados.

Otra importante función del ácido láctico son los efectos que tiene como agente conservador (antimicrobiano), debido a que inhibe la contaminación y a las bacterias patógenas, aunado a esto la reducción de pH por la concentración del ácido es un factor que evita el desarrollo o presencia de bacterias no deseadas, lo que a su vez da estabilidad a estos productos. La mayoría de estos productos alcanzan una acidez máxima que va de 1.3% a 1.5%, expresada como % de ácido láctico.

La función secundaria de los microorganismos iniciadores en los productos lácteos incluye la formación del sabor y aroma, generación del cuerpo y textura, y la producción de los metabolitos encargados de la preservación.

Las BAL producen metabolitos que inhiben la flora contaminante, lo que da como resultado el aumento de la vida del producto. Los metabolitos secundarios



incluyen al peróxido de hidrógeno, en combinación con la lactoperoxidasa de la leche tienen también un efecto inhibitorio. Algunas BAL producen ácido benzoico, que tiene también un efecto inhibitorio. Las BAL producen bacteriocinas como la nisina, acidophilina, bulgaricina, entre otras; las cuales como su nombre lo indican, inhiben la presencia de bacterias, entre ellas las Gram-negativas y microorganismo patógenos (Vedamuthu, 2006).

3.3.2 Yogurt

Hace sólo unas tres décadas el interés por el yogurt en la mayoría de los países occidentales se limitaba a su consideración como producto fermentado, vendido principalmente en tiendas de productos dietéticos. La producción era escasa, las técnicas de elaboración elementales y, en muchos casos, los productos obtenidos presentaban unas características y calidad muy variables. La preparación de los estudiantes de lactología y de las personas que trabajan en industrias lácteas se basaban fundamentalmente en las técnicas sencillas, las cuales han ido evolucionando lentamente a lo largo de los siglos en la región de los Balcanes y en uno o varios países occidentales (Tamime, 1991).

El origen del yogurt no es claro. De acuerdo con algunas fuentes es originario de Asia, donde los antiguos Turcos eran nómadas. Otros autores son de la opinión de que el yogurt es originario de los Balcanes. Los Eslovacos adoptaron el procedimiento de la preparación de yogurt y se convirtió en un alimento tradicional (Chomakov, 1973). De acuerdo con Korovela y Kondratenko (1987), el koumiss precede a la preparación del yogurt (Wood, 1985). Sin embargo, aunque su origen sea incierto, durante mucho tiempo, diversas civilizaciones tienen la creencia de que ejerce efectos beneficiosos sobre la salud y nutrición humana; y de acuerdo con Tamime y Robinson (1991), hay indicios de que el yogurt es probablemente originario del Medio Oriente y la evolución de este



producto fermentado a lo largo de los años se puede atribuir a las habilidades culinarias de los pueblos nómadas de esta parte del mundo.

Existen pruebas de la elaboración de productos lácteos en culturas que existieron hace 4.500 años. Los antiguos búlgaros, migraron a Europa desde el siglo II, estableciéndose definitivamente en los Balcanes a finales del siglo VII. Los primeros yogures fueron probablemente de fermentación espontánea, quizá por la acción de alguna bacteria del interior de las bolsas de piel de cabra usadas como recipiente de transporte.

La primera duda que se presenta es cual es la forma correcta de escribirlo. Siendo su origen desde 5000 años A. C., viniendo de Mesopotamia y siendo una palabra de origen turco su correcta escritura es YOGUR. Ahora con los anglicismos que todos usamos lo podemos encontrar escrito de muchas maneras.

Los nómadas que después se instalarían en lo que el día de hoy es Bulgaria, lo introdujeron en Europa, ya en nuestra era.

Las propiedades que contiene el yogurt lo hacen un alimento altamente nutritivo pues aporta al ser humano proteínas de alta calidad, así como vitaminas, carbohidratos y grasas.

La elaboración de yogurt requiere la introducción de bacterias 'benignas' específicas en la leche bajo una temperatura y condiciones ambientales controladas (muy cuidadosamente en el entorno industrial). La bacteria ingiere los azúcares naturales de la leche y libera ácido láctico como producto de deshecho; el incremento de la acidez provoca a su vez que las proteínas de la leche precipiten en una masa sólida (cuajada). La mayor acidez (pH 4-5) también evita la proliferación de otras bacterias potencialmente patógenas. Generalmente en un cultivo se incluyen dos o más bacterias diferentes para conseguir una fermentación más completa, principalmente *Streptococcus salivarius*, *Streptococcus thermophilus* y miembros del género *Lactobacillus*, tales como *L. bulgaricus*, *L. casei* y *L. bifidus*. Los microorganismos juegan un rol esencial en



la manufactura, maduración y características de desarrollo de sabor de importantes productos lácteos. Los cultivos lácticos son frecuentemente llamados cultivos iniciadores, son usados en la manufactura de numerosos productos lácteos. Los cultivos lácticos son compuestos de dos tipos de bacteria. Un tipo fermenta lactosa a ácido láctico, y el otro fermenta ácido cítrico a diacetilos, ácidos volátiles y dióxido de carbono. Ambas fermentaciones son llevadas a cabo por un cultivo láctico que contiene dos o más especies de bacterias (Harper y Hall, 1976).

Lactobacillus bulgaricus es una bacteria láctica homofermentativa que se desarrolla óptimamente entre 45 y 50°C, acidificando fuertemente el medio. Puede formar hasta un 2.7% de ácido láctico en la leche. *Streptococcus thermophilus* se multiplica bien entre 37 y 40°C, pero también se desarrolla a 50°C. Es una especie homofermentativa termorresistente, que sobreviva un calentamiento a 65°C durante 30 minutos. Es mucho menos acidificante que la especie anterior (Tamime, 1991).

Ambos microorganismos son microaerófilos y soportan muy bien los medios ácidos (pH de 4 a 4.5). En el yogur conviven en estrecha simbiosis. Cuando se cultivan conjuntamente, producen más ácido láctico que cuando crecen aislados. *Lactobacillus bulgaricus* favorece el desarrollo de *Streptococcus thermophilus*, debido a que el lactobacillo, proteolítico, obtiene ciertos aminoácidos de la caseína, los cuales activan el desarrollo de los streptococos (Tamime, 1991).

El diagrama de elaboración de yogurt se presenta detalladamente a continuación en la figura 1.

A pesar del constante cambio en la tecnología de elaboración del yogurt, el fundamento del método de elaboración ha cambiado poco a lo largo de los años. Se han introducido algunas mejoras, especialmente en relación con las bacterias ácido lácticas responsables de la fermentación, pero los pasos básicos del proceso continúan siendo los mismos. Las principales características de esta fermentación se detalla en la tabla VII (Tamime, 1991).

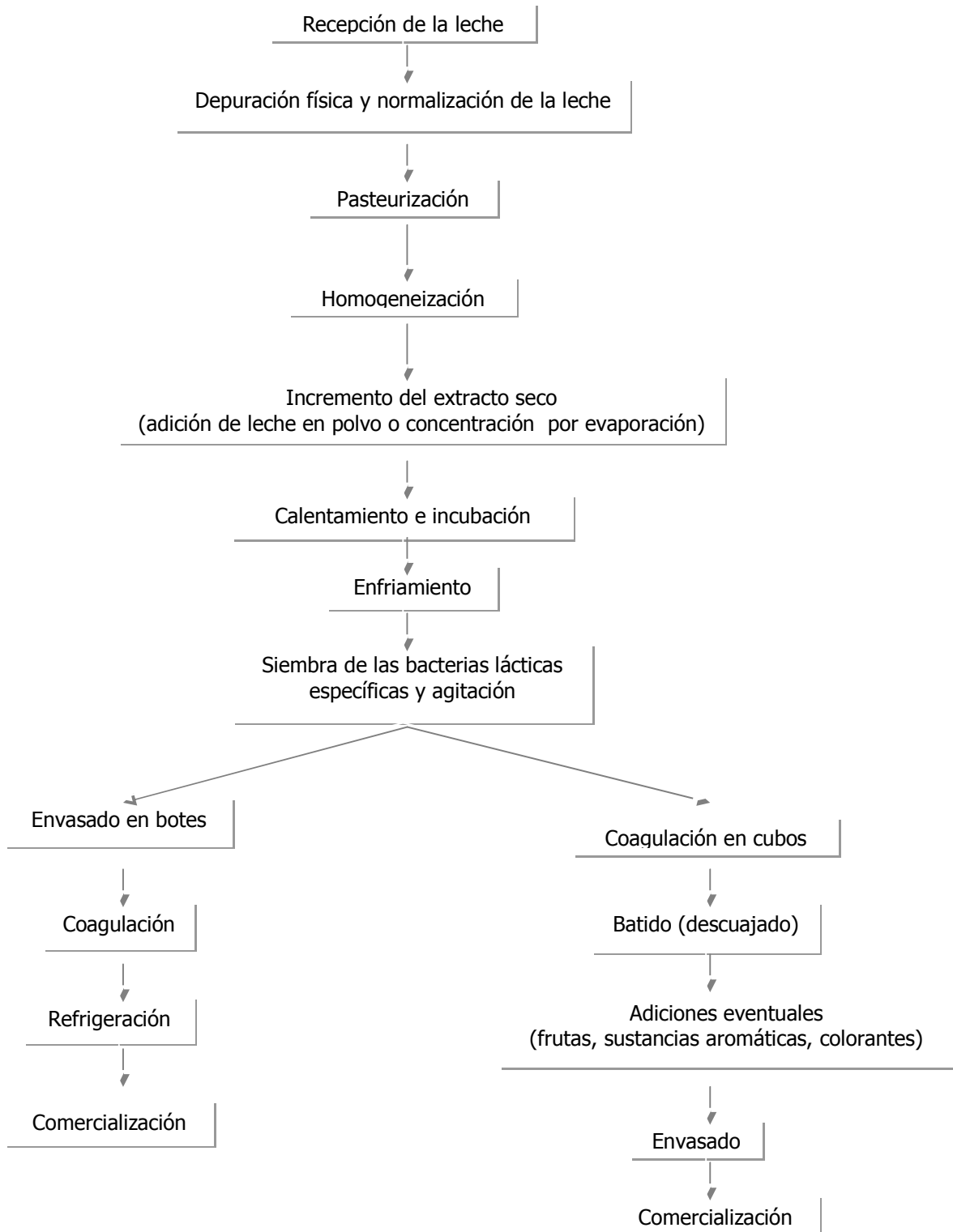


Figura 1. Elaboración de yogurt (Tamime, 1991)

Tabla VII. Características de la fermentación en el yogur.

Agentes de la Fermentación	
<i>Streptococcus salivarius</i> subsp. <i>thermophilus</i>	
<i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	
Productos de la Fermentación	
Principal:	Ácido láctico
Secundario:	Acetaldehído, acetona, diacetilo, glucanos
Objetivos de la Fermentación	
Principal:	Formación de un gel por descenso del pH
Secundarios:	Sabor ácido, consistencia, formación de componentes del aroma

(Tamime, 1991)

El ácido láctico es responsable por sabor agrio característico de las leches fermentadas, mientras que las características de sabor y aroma son producto del metabolismo de las bacterias ácido lácticas. Por ejemplo, el acetaldehído le da el aroma al yogurt, mientras que el diacetil, producido por *L. diacetylactis* y *Leuconostoc cremoris*, imparte un gusto mantecoso para algunos productos. La acetona, acetoína, lactonas y ácidos volátiles con otros importantes compuestos que imparten aroma y sabor, y que están presentes en las leches fermentadas como producto del metabolismo de las bacterias (Farnworth, 2003).

3.3.2.1 Beneficios del consumo de yogurt

Un importante resultado en la adición de bacterias necesarias para la fermentación es el resultado de la actividad proteolítica de la bacteria de yogurt. Esta resulta en el rompimiento del 1-2% de la proteína de leche, esto es esencial para el permitir crecimiento de pequeños péptidos y aminoácidos de las bacterias. *L. bulgaricus* es más proteolítico, pero ambas bacterias del yogurt



contienen peptidasas que son necesarias para la hidrólisis de largas cadenas de péptidos en pequeños péptidos para ser transportados a las células. El principal sustrato de la proteólisis es la caseína pero esta limitada por la degradación de las proteínas de suero que, también ocurre. El efecto principal de la proteólisis es que en la fermentación de leches haya un alto contenido de péptidos y aminoácidos libres, específicamente valina, histidina, serina y prolina, de a leche.

El yogurt es significativamente más digerible que la leche por la mezcla con la que es hecho. El 20-30% de la lactosa de la leche es fermentada por las bacterias ácido lácticas por diferentes medios. Las bacterias usadas para producir yogurt son homofermentativas, lo que hace que el producto final tenga un gran contenido de ácido láctico. La concentración final de ácido láctico en el yogurt es de 0.7 a 1.2%. El ácido láctico que resulta de la fermentación, incrementa el movimiento peristáltico en el duodeno, ileon, yeyuno y colon, pero no en el estómago y recto. En cuanto a las vitaminas, con excepción a la B, los cambios son insignificantes. La pasteurización antes de la fermentación, destruye gran cantidad de vitaminas, como B6, B12 y ácido fólico. El yogurt es una excelente fuente de calcio y fósforo, también contiene grandes cantidades de potasio y puede ser considerada como buena fuente de este mineral (Farnworth, 2003).

A nivel nutricional el yogur nos provee de proteínas de alta calidad, calcio, vitaminas, minerales y la concentración de grasa depende de la leche de base con que se elabore (Tamime, 2005):

- Hidratos de carbono: la forma de azúcar que predomina en el yogur es la lactosa, pero como ya se ha dicho, al estar digerida por los microorganismos no provoca intolerancia (Amiot, 1995).
- Proteínas de alto valor biológico: forman, mantienen y renuevan todos los tejidos de nuestro cuerpo. La concentración proteica en este lácteo, es superior a la concentración presente en la leche, esto es debido a la incorporación de extracto seco lácteo en la elaboración. 250 ml de yogur





cubren los requerimientos diarios de proteínas de origen animal (15 g) de un adulto promedio (Amiot, 1995).

Con respecto a las proteínas existen dos puntos muy importantes que mencionar, que son altamente digestibles debido a la proteólisis provocada por las cepas bacterianas y que se encuentran ya coaguladas antes de ser ingeridas, por lo tanto al consumir yogur no existen molestias estomacales e intestinales (Amiot, 1995).

- Grasas: los lípidos influyen directamente en la consistencia y textura del producto. Siempre que el aporte de grasas en nuestra dieta este dentro de los valores normales establecidos, este será beneficioso para nuestra salud, ya que es una fuente energética, está presentes en las membranas celulares y ejercen función de protección a nuestros órganos internos (Amiot, 1995).
- Calcio, fósforo y magnesio: facilitan los procesos de mineralización de los huesos, junto con la vitamina D.
- Riboflavina (vitamina B2): mejora la utilización energética de nuestro cuerpo.
- Vitamina B12: nutriente esencial del tejido nervioso.
- Zinc: importante mineral para el sistema inmunológico que también contribuye a la correcta utilización energética de los carbohidratos.
- Vitamina D: antioxidante que bloquea los efectos de los radicales libres.

No existe ninguna duda, que el yogur es un alimento equilibrado nutricionalmente y que debe ser incorporado en la dieta de manera diaria, para así beneficiarnos de todas sus ventajas nutritivas.

3.3.3. Leches fermentadas

De acuerdo a la FIL-IDF (1969), la leche fermentada es un producto preparado de leches, pueden ser, parcialmente o completamente descremadas, leche



concentrada o sustituto parcial, leche deshidratada pasteurizada o esterilizada y microorganismos fermentadores (Wood, 1985).

La composición de las leches fermentadas depende del tipo de leche y del metabolismo de los cultivos iniciadores.

Tabla VIII. Composición típica de leches fermentadas dada por FIL-IDF (1982).

Material seco	14-18%
Proteína	4-5%
Lactosa	2-3%
Grasa	0.1-10%
Ácido láctico	0.6-1.3%
Carbohidratos	5-25%
PH	3.8-4-6
Puede tener contenido de alcohol	0.5-3%

(Wood, 1985)

La primera información concerniente a la composición química y microbiológica de las leches fermentadas fue dada a finales del siglo XIX. Las primeras investigaciones muestran mezclas de microorganismos. Metchnikoff (1904) acentuó la presencia de *Bacillus bulgaricus*, cocos y levaduras en yogurt. *Lactobacillus bulgaricus* es el microorganismo esencial en la producción de productos lácteos fermentados.

Los métodos tradicionales aplicados para la producción de productos fermentados dependen de la región y el clima.

La fermentación acidificante constituye la primera forma de conservación de la leche. Se trata de una protección de duración limitada, debido al valor de pH bajo; sin embargo, no se opone a la invasión por mohos (Alais, 1970).

En la actualidad se pueden encontrar en el mercado diversos tipos de leches fermentadas, en la tabla IX se presenta una relación de las leches fermentadas existentes en el mundo y los microorganismos con las que se elaboran.





Estas leches resultan del desarrollo de determinados microorganismos que modifican los componentes de la leche. La lactosa se transforma parcialmente en ácido láctico o, en ciertas leches, en alcohol etílico. Los prótidos sufren un comienzo de peptonización que mejoran su digestibilidad. En ocasiones, la leche se carga de CO₂ y se vuelve espumosa.

Las leches fermentadas son consumidas desde la más remota antigüedad, especialmente por los pueblos orientales. En los países occidentales el uso de leches fermentadas se extendió a principios de siglo, momento en que Metchnikoff publicó sus trabajos sobre las causas de envejecimiento, atribuyendo a las putrefacciones intestinales un importante papel (Veisseyre, 1980).

Tabla IX. Leches fermentadas probióticas existentes.

Productos	País de origen	Bacterias probióticas
Acidophilus milk	Varios países	<i>L. acidophilus</i>
Bifidus milk	Varios países	<i>B. bifidum</i> o <i>B. longum</i>
ACO-yoghurt	Suiza	<i>S. thermophilus</i> , <i>L. bulgaricus</i> y <i>L. acidophilus</i>
Cultura AB-Yoghurt	Dinamarca	<i>L. acidophilus</i> y <i>B. bifidum</i>
Biograde	Alemania	<i>L. acidophilus</i> , <i>B. bifidum</i> y <i>Streptococcus thermophilus</i>
Bifighurt	Alemania	<i>B. longum</i> y <i>Streptococcus thermophilus</i>
Gefilac	Finlandia	<i>L. casei subsp. rhamnosus</i>
Yakult	Japon	<i>L. casei</i>
Biokys	Checoslovaquia	<i>B. bifidum</i> , <i>L. acidophilus</i> y <i>P. acidilactic</i>
Ofilus	Francia	<i>L. bulgaricus</i> , <i>L. acidophilus</i> , <i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>B. bifidum</i> y/o <i>B. longum</i>

(O'Sullivan et al, 1992)