

INDICE

EL JARDÍN BOTÁNICO DE LA UNIVERSIDAD SAN PABLO-T COMO ESCENARIO METODOLÓGICO PARA LA EDUCACIÓN AMBIENTAL. Colombo M., Rios A.	2
EL TOMATE DE ÁRBOL (SOLANUM BETACEUM), UNA FRUTA ANDINA CON POTENCIAL PARA EL MERCADO INTERNACIONAL. Jaramillo Zapata M.	8
ESTUDIO Y ANÁLISIS REPRODUCTIVO <i>Pelargonium</i> sp.: LARVICIDA Y REPELENTE DE <i>Aedes</i> <i>aegyptis</i> (Díptera: Culicidae). Pastoriza A, Budeguer C.J, Martinez Pulido L., Nasif A., Andrada Mansilla B., Ostengo S.	14
MODELO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES COM INCERTIDUMBRE Y POBLACIÓN HETEROGÉNEA. Catalán M.J., Merlo J.J.	19
YOGUR, ALIMENTO DE BASE LÁCTEA ANCESTRAL DE GRAN VIGENCIA ACTUAL. PRINCIPALES ASPECTOS NUTRICIONALES, FUNCIONALES Y TECNOLÓGICOS. Bustos A. Y., Torres Quinteros L., Gerez C. L, Iturriaga L. B.	30

**YOGUR, ALIMENTO DE BASE LÁCTEA ANCESTRAL DE GRAN VIGENCIA ACTUAL.
PRINCIPALES ASPECTOS NUTRICIONALES, FUNCIONALES Y TECNOLÓGICOS**

**YOGURT, ANCESTRAL MILK BASE FOOD OF CURRENT GREAT VALIDITY. MAIN
NUTRITIONAL, FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL ASPECTS**

Bustos A. Y. ^{1,2*}; Torres Quinteros L. ¹; Gerez C. L. ¹; Iturriaga L. B. ¹

¹*Centro de Investigación en Biofísica Aplicada y Alimentos, Facultad de Agronomía y Agroindustrias,
Universidad Nacional de Santiago del Estero.*

²*Centro de Referencia para Lactobacilos, Chacabuco 145, San Miguel de Tucumán, Argentina*

* abustos@uspt.edu.ar

RESUMEN

El yogur es el alimento lácteo fermentado de mayor consumo a nivel internacional debido a sus propiedades organolépticas distintivas, su valor nutricional y elevada digestibilidad. Asimismo, numerosas investigaciones atribuyen a este producto efectos beneficios para la salud debidos principalmente a la presencia de bacterias lácticas (BAL) y a su alto contenido de calcio. El proceso de producción de yogur es sencillo, ya que consiste en una fermentación de leche pasteurizada por dos tipos de microorganismos (*Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) que actúan en forma simbiótica generando cambios fisicoquímicas y organolépticas. A pesar de ser considerado un proceso tecnológico simple, el desarrollo de etapas estandarizadas con control de puntos críticos es necesario para contribuir al desarrollo de atributos deseables y distintivos de este producto. En este trabajo se revisarán aspectos relevantes relacionados con las etapas de producción, formulación, efectos benéficos del yogur y nuevas tendencias en el mercado.

PALABRAS CLAVE: Yogur, Valor nutricional, Efectos benéficos, Hidrocoloides

ABSTRACT

Yogurt is the fermented dairy food with the highest internationally consumption due to its distinctive organoleptic properties, its nutritional value and high digestibility. Also, numerous researches attribute health benefits to the yogurt consumption, mainly due to the presence of lactic bacteria and to its high content of calcium. The process of yogurt production is simple, since it consists of a fermentation of pasteurized milk by two types of microorganisms (*Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) that act in symbiotic form generating physicochemical and organoleptic changes. Despite being considered a simple technological process, the development of standardized stages with control of critical points is necessary to contribute to the development of desirable and distinctive attributes of this product.

In this work we will review relevant topics related to the beneficial effects of yogurt, the conventional processing of milk for its manufacture, as well as the main stabilizers used and their effect on the texture and final taste.

KEY WORDS: Yogurt, Nutritional value, Beneficial effects, Hydrocolloids

INTRODUCCIÓN

El yogur es el alimento lácteo fermentado de mayor consumo a nivel mundial y es considerado un alimento básico desde la antigüedad. Francia es el principal consumidor de yogur, con un promedio de 45 litros por año per cápita. En Argentina, las perspectivas de consumo son positivas. Según datos de la consultora Kantar Worldpanel, el consumo de yogur per cápita por año, es de seis litros. Se estima que este consumo aumentará 50% en cinco años, estimulado por una oferta más amplia de productos (yogur entero, descremado, con frutas, enriquecido en calcio, bebible, etc.) y la asociación de yogures con una alimentación y vida saludable.

El yogur se define como el producto que se fabrica a partir de leche, con o sin la adición de algún derivado natural (leche desnatada en polvo, concentrados de suero de leche, caseinatos o crema) con una estructura de gel que resulta de la coagulación de las proteínas de la leche. Esta coagulación es causada por el ácido láctico producido por especies definidas de cultivos de BAL. Además, estas bacterias deben permanecer “viables y abundantes” en el tiempo de consumo (White *et al.*, 2008). La definición anterior forma parte de la legislación alimentaria de muchos países, incluida la Argentina, lo que garantiza que se conserven las características esenciales del yogur y que su “concepto” tradicional no se vea comprometido.

El yogur es originario de países de Medio Oriente, donde la leche era transportada en sacos de cuero que generaban un ambiente propicio para el desarrollo de las BAL autóctonas (Tamime and Robinson, 1999). Así, la fabricación de yogur se basó inicialmente en conocimientos y procesos empíricos que derivaban de la necesidad de prolongar la vida útil de la leche por fermentación. Hacia finales del siglo XX cuando el yogur se convirtió en un bien comercialmente rentable su fabricación se industrializó y se estandarizaron los procesos de producción. Durante los últimos 20 años, el interés por la fabricación del yogur se ha incrementado por razones comerciales (mayor consumo) y científicas (asociación alimentación /salud). En efecto, numerosos estudios han reportado propiedades benéficas de nuevos productos lácteos (cultivos probióticos, yogures fortificados con compuestos bioactivos con diversas funcionalidades). Por otra parte la incorporación de nuevos estabilizantes ha

contribuido a desarrollar productos con características sensoriales mejoradas. En este trabajo se revisarán aspectos relevantes relacionados con la fabricación de yogur, así como los principales estabilizantes utilizados y su efecto en la textura y el sabor final. Además se detallan los beneficios del yogur reportados en bibliografía.

Manufactura de yogur

Según el Código Alimentario Argentino en el artículo 576, dice 1) “Se entiende por **leches fermentadas** los productos, adicionados o no de otras sustancias alimenticias, obtenidos por coagulación y disminución del pH de leche o leche reconstituida, adicionada o no de otros productos lácteos, por fermentación láctica mediante la acción de cultivos de microorganismo específicos. Estos microorganismos específicos deben ser viables, activos abundantes en el producto final durante su período de validez”. Existe una gran variedad de leches fermentadas, una de ellas es el yogur. En el inciso 1.1) del mencionado artículo define yogur como el producto 1) cuya fermentación se realiza con cultivos protosimbóticos de *Lactobacillus (L.) delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Streptococcus (S.) salivarius* subsp. *thermophilus* a los que en forma complementaria pueden acompañar otras bacterias acidolácticas que, por su actividad, contribuyen a la determinación de las características del producto terminado”. La producción de este producto lácteo consiste en diferentes etapas que impactan en el “*performance*” general del yogur. La descripción de las principales operaciones involucradas en la elaboración de yogur se detalla en la **Tabla 1**.

El yogur se produce principalmente a partir de leche bovina, aunque según la región geográfica puede utilizarse leche de otros mamíferos para su producción. La leche de especies distintas influye significativamente en las características sensoriales y fisicoquímicas del producto final, debido a las diferencias en su composición. Por ejemplo, el yogur derivado de la leche con alto contenido de grasa (por ejemplo, oveja, cabra y búfala) tiene una textura más cremosa en comparación con el derivado de la leche con menor contenido de grasa (por ejemplo, bovino, yegua y burra) (Tamime and Robinson, 1999). Es importante destacar que en nuestro país la producción de leche nacional destina sólo el 4,8% a producción de yogur (Figura 1).



Los componentes mayoritarios de la leche son grasa y contenido de sólido no grasos (SNG), los cuales deben ser estandarizados. El contenido de grasa en leche bovina varía de 3.2% a 4.2% p/p y se ajusta en un rango de <0.5% para leche descremada, 1.5% –2% para leche semigrasa y 3.5% para leche entera. En lo que respecta al yogur, el contenido de grasa varía de 0,1% a 10% según las demandas de los consumidores. En la práctica, para lograr el nivel graso deseado se realiza la adición de

leche descremada o grasa de leche o por el contrario, la separación de la grasa de la leche a través de centrifugación (Chandan and Nauth, 2016). El proceso de estandarización es de suma importancia, porque el contenido graso de la leche influye en las características finales del yogur. A éste le siguen las etapas de homogenización y tratamiento térmico de la leche, fermentación y enfriamiento del yogur como se describe en la Tabla 1.

Tabla 1. Principales operaciones involucradas en la manufactura del yogur y su impacto en las propiedades del producto

Operación	Descripción	Efecto en el yogur
Estandarización de materia prima	<p>Contenido graso de la leche Se ajusta (0,1 -10%) mediante la adición de leche descremada o grasa de leche o la separación de la grasa de la leche mediante centrifugado.</p> <p>-----</p> <p>Contenido SNG Consiste principalmente en lactosa, proteínas y minerales. Varía de 11% a 14% del peso total de la leche. Pueden incluirse mezclas de leche con leche en polvo, concentrados de proteína de suero o polvo de caseína, para lograr el contenido deseado de SNG.</p>	<p>El contenido de grasa de la leche se correlaciona directamente con la consistencia y viscosidad del yogur. Además, afecta la tasa máxima de disminución del pH durante la fermentación del yogur (Shaker <i>et al.</i>, 2000).</p> <p>-----</p> <p>A mayor nivel de SNG, mayor nivel de viscosidad y firmeza del yogur resultante (Walstra <i>et al.</i>, 2005).</p>
Homogenización	Se realiza mediante la aplicación de condiciones severas de presión (comúnmente 10 a 20 MPa), lográndose una reducción del diámetro y una alteración de la composición de la membrana del GG (Walstra <i>et al.</i> , 2005).	El menor tamaño del GG contribuye a la estabilidad de la emulsión de la leche, facilita la incorporación de la grasa en la red de proteínas, mientras que su mayor área favorece las interacciones entre grasa y proteínas de la leche durante la acidificación y la posterior formación del gel (Walstra <i>et al.</i> , 2005).
Tratamiento térmico de la leche	Se puede aplicar diferentes tratamientos térmicos que se clasifican según su duración y la temperatura. Los más comunes se conocen como termalización, baja y alta pasteurización, esterilización y tratamiento a temperaturas ultra-altas (UHT). El más utilizado es la pasteurización a alta temperatura (85 °C por 20–30 min o 90–95 °C por 5 min) (Lewis, 2003).	Reduce el número de microorganismos patógenos a límites seguros para la salud del consumidor. Afecta el pH de la leche y el sabor. A temperaturas ≥ 80 °C las proteínas del suero se desnaturalizan lo que permite su incorporación a la matriz de la cuajada, fortaleciéndola y dando como resultado un yogur más firme y viscoso (Walstra <i>et al.</i> , 2005).
Fermentación	Se adiciona a la leche dos cepas bacterianas iniciadoras que actúan de manera sinérgicamente. <i>S. thermophilus</i> inicia la fermentación láctica y se desarrolla muy intensamente hasta un pH de 5,5. La acidez, el consumo de oxígeno y la liberación de sustancias volátiles como ácido fórmico favorecen el desarrollo de <i>L. bulgaricus</i> . Asimismo, la actividad proteolítica de <i>L. bulgaricus</i> libera péptidos que estimulan el crecimiento de <i>S. thermophilus</i> (Sfakianakis and Tzia, 2014). Normalmente se utilizan en una relación cuantitativa de 1:1 a 1:3, aproximadamente. Durante esta etapa se forma la cuajada de yogur y se desarrollan las características de textura y sabor distintivos.	<p>La lactosa se reduce en un 30% y produce el doble en cantidad molar de ácido láctico, disminuyendo el pH y provocando la precipitación isoeléctrica de las caseínas.</p> <p>Las proteínas (caseínas y suero) se agregan, aumentando la consistencia del yogur. Debido a la proteólisis y lipólisis causadas por el cultivo iniciador se liberan aminoácidos (principalmente prolina y glicina) y ácidos grasos (principalmente ácido esteárico y oleico). Aumenta la concentración de vitamina B. La cantidad de minerales no varía pero debido a la disminución del pH se encuentran en forma iónica en lugar de coloidal (Walstra <i>et al.</i>, 2005).</p>
Enfriamiento	Cuando el pH del yogur alcanza el valor de 4.7–4.3, el yogur se enfría a alrededor de 5 °C.	El bajo pH inhibe el crecimiento y la reacción metabólica del cultivo iniciador y evita el aumento de la acidez (Sfakianakis and Tzia, 2014).

Abreviaturas: SNG contenido de sólido no grasos; GG: glóbulo de grasa; MPa: Megapascal

Los tipos más comunes de yogur disponibles en el mercado son yogur de tipo firme y batido; aunque últimamente el yogur helado y el yogur para beber se han vuelto muy populares. El yogur tipo firme se fermenta en recipientes de venta minorista después del proceso de fermentación. El yogur batido (o al estilo griego) se fermenta en tanques con agitación suave continua y una vez finalizada la fermentación se extrae una parte del suero. Debido al proceso de fabricación, los dos tipos desarrollan una textura diferente; el yogur firme desarrolla una textura de gel continua, mientras que el yogur batido muestra una textura viscosa, cremosa y suave (Lee and Lucey, 2010).

En los últimos años, las variedades de yogures bajos en grasa constituyen un segmento de impactante crecimiento en el mercado. Sin embargo, la omisión de la grasa introduce problemas de calidad, como disminución de la textura y viscosidad y aparición de sinéresis. También se observa en estos productos reducción de la suavidad y cremosidad en la boca, que constituyen los principales atributos de calidad deseables para el consumidor (Nguyen *et al.*, 2017).

Atributos de calidad tecnológica y sensorial

Las propiedades sensoriales de los productos tales como la textura, el olor y el sabor característicos condicionan la aceptación de los consumidores (Jaworska *et al.*, 2005). Si bien el olor y el sabor se pueden modificar o adaptar posteriormente, por ejemplo, al agregar preparaciones de frutas, la textura del yogur solo puede influenciarse por el proceso de producción.

El yogur es un gel de apariencia viscosa, generada por la acción simbiótica de sus fermentos iniciadores. Como resultado de la fermentación láctica el pH del medio desciende y cuando se alcanza el punto isoeléctrico de las caseínas (pH = 4,6), las micelas pierden su estabilidad estérica, lo que provoca su floculación, precipitación y formación de un coágulo (Loveday *et al.*, 2013). Las partículas de caseína interactúan principalmente mediante fuerzas de Van der Waals y por atracción electrostática y luego floculan en hebras irregulares, que se entrecruzan entre sí, dando como resultado una red heterogénea (Phadungath, 2005). Este sistema disperso es inherentemente propenso a la separación de fases. Después de la formación de la red, la superficie externa de las hebras está constituida por caseína todavía reactiva que, por movimiento browniano o deformación de los filamentos pueden adherirse entre sí. Esto

provoca un estrés en las hebras que resulta en una presión endógena en el suero y, como consecuencia, aparición de sinéresis (Van Vliet *et al.*, 1991). En efecto, esta separación del lactosuero puede producirse de manera espontánea debido a la contracción del gel o debida al re-arreglo de la red molecular de caseína después de la formación del gel o bien cuando el gel es mecánicamente afectado mientras se corta, agita o congela (Nguyen *et al.*, 2017).

Desde la perspectiva de los consumidores, la sensación en boca y la cremosidad son las propiedades esenciales del yogur (Lucey, 2004), mientras que los defectos texturales, la baja concentración de gel y la sinéresis afectan negativamente la aceptación de los productos (Lee and Lucey, 2010).

Para suprimir o reducir estos fenómenos, se incrementa el contenido total de sólidos y la concentración de proteína lo que resulta en un aumento de la dureza del gel y la capacidad de retención de suero del yogur. El enriquecimiento con sólidos se logra tradicionalmente mediante la adición de leche descremada en polvo a una concentración del 3-4%, mientras que el enriquecimiento con más del 6% produce impresiones sensoriales negativas (Karam *et al.*, 2013). Además, el apropiado tratamiento térmico, la adición de estabilizadores y el tipo de cultivo iniciador aplicado, son los otros factores que reducen la intensidad de la sinéresis y contribuyen a mejorar la textura (Domagała, 2009).

Uso de hidrocoloides

El término hidrocoloide se utiliza para denominar a un amplio grupo de polisacáridos complejos y de alto peso molecular, los cuales son ampliamente empleados por las características texturales, estructurales y funcionales que imparten a los alimentos. Estos polisacáridos son rápidamente dispersables, total o parcialmente solubles y propensos a absorber agua (Li and Nie, 2016). Es debido a esta característica especial y a la capacidad de producir partículas coloidales hidratadas, que se les adjudica el nombre de “hidrocoloides”. La gelatina, proteína derivada del colágeno, es uno de los pocos hidrocoloides que no pertenece a la familia de los carbohidratos (Dergal *et al.*, 1981).

Utilizando la combinación y dosis adecuadas, se puede obtener la textura que se desee en el producto final, dándole así valor agregado al satisfacer no sólo las necesidades alimenticias y nutricionales del consumidor final, sino también los gustos específicos de su paladar e incluso las

extravagancias de los más exigentes (Alvarado and Aguilera, 2001).

Los hidrocoloides que se usan en la industria láctea pueden ser de origen natural como exudados de plantas, extractos de algas marinas, semillas, cereales, de origen animal, de origen microbiano, naturales modificadas (semisintéticas) y sintéticas (Garibay *et al.*, 1993). Teniendo en cuenta su funcionalidad los hidrocoloides pueden clasificarse en estabilizantes y/o espesantes.

Los espesantes, por ejemplo, modifican la reología a diferentes niveles cuando se integran en una mezcla y cambian la percepción de textura convirtiéndola en más espesa. Los estabilizantes por otro lado cambian las propiedades de flujo de una mezcla, pero no su consistencia (Koleske, 1995). En la Tabla 2 se resumen las principales características y función de los hidrocoloides más utilizados en la fabricación de yogur.

Tabla 2. Principales hidrocoloides utilizados en la producción de yogur

Hidrocoloid e	Origen	Función y efecto en yogur	Características
Gelatina	Animal	Estabilizante, agente gelificante. Reducción de sinéresis, incremento de textura, viscosidad y fuerza del gel.	Proteína derivada del colágeno de amplia utilización. Interactúa con la matriz de caseína, conectando los agregados de micelas de caseína y las cadenas de proteínas de la leche para construir un sistema tridimensional más firme (Ares <i>et al.</i> , 2007).
Carragenano	Algas	Estabilizante. Incremento de viscosidad y fuerza de gel a muy bajas concentraciones. Incremento de sinéresis.	Hidrocoloides aniónico. En condiciones ácidas interactúa con la carga positiva en la superficie de las micelas de caseína (Hematyar <i>et al.</i> , 2012) para formar redes de proteínas altamente estructuradas y abiertas (Sanchez <i>et al.</i> , 2000).
Goma Xántica	Microbiano		
Pectinas	Plantas	Estabilizante. Incremento de la viscosidad y reducción de sinéresis.	Forma una red tridimensional capaz de complejar los componentes de la leche mientras absorbe el máximo agua del medio, lo que resulta en un aumento de la viscosidad. La pectina se absorbe en la superficie de las micelas de caseína, que forman agregados estables (Basak and Ramaswamy, 1994; Kiani <i>et al.</i> , 2010).
Almidones modificados	Plantas	Espesantes. Incremento de viscosidad y reducción de sinéresis.	Hidrocoloides neutros que poseen la capacidad de absorber agua y aumentar muchas veces de su tamaño original, lo que resulta en un aumento de la viscosidad de la solución (Ares <i>et al.</i> , 2007). Se someten a un proceso de modificación, con el objetivo de controlar el proceso de retrogradación.

Por otra parte, en la actualidad, la industria del yogur se enfrenta al reto de lograr una producción que no solo cumpla las expectativas del consumidor en relación a la textura y el sabor sino también que satisfaga la creciente demanda por productos con ingredientes naturales y bajo contenido de aditivos alimentarios. En este sentido, un reciente estudio de (Brückner-Gühmann *et al.*, 2019) propone el enriquecimiento de yogures con concentrado de proteína de avena (CPA) como alternativa potencial del agregado de SNG y espesantes convencionales. La adición de CPA dió como resultado un producto que combina sus beneficios nutricionales con el uso sostenible de un subproducto del procesamiento de la avena, así como la mejora de la calidad del producto con respecto a la sinéresis y a la evaluación sensorial, destacándose la sensación en la boca. Por el contrario, la incorporación de β -glucano en la preparación de yogur firme resultó en detrimento de la calidad tecnológica del producto final (Lazaridou *et al.*, 2014). En efecto, se observó separación de fases entre las proteínas y el polisacárido agregado, lo cual alteró el proceso de gelificación observándose el desarrollo de una estructura de gel transitoria en las etapas iniciales, seguida de un significativo retraso de la agregación de proteínas y la cinética de acidificación y finalmente formación de geles más débiles en comparación con las formulaciones control con SNG (Lazaridou *et al.*, 2014).

Valor nutricional y efectos benéficos del yogur

Numerosos estudios científicos se han concentrado en los efectos benéficos para la salud derivados del consumo de yogur. Si bien esta correlación es histórica fue solo a inicios del siglo XX donde tomó fuerza en Europa, debido a los estudios realizados por Metchnikoff en el Instituto Pasteur. En sus estudios atribuía la "longevidad" de los pueblos balcánicos al alto consumo de productos lácteos fermentados, considerando que las BAL y sus productos de fermentación prevenían el crecimiento de bacterias anaeróbicas formadoras de esporas en el intestino grueso (Podolsky, 2012; Mackowiak, 2013). Así, desarrolló una dieta con una leche fermentada que contenía las dos bacterias que había aislado de los productos consumidos en los Balcanes: *L. delbrueckii* subespecie *bulgaricus* (microorganismo productor de lactato descubierto en 1905 por el búlgaro Stamen Grigorov) y *S. thermophilus*. El propio Metchnikoff siguió sus consejos del consumo diario de leche fermentada con el

"lactobacilo búlgaro" hasta su muerte (Mechnikova, 1921).

El yogur, como un producto a base de leche, ofrece una excelente calidad nutricional para los consumidores. Constituye una fuente variada de macro y micronutrientes: proteínas de alta calidad, carbohidratos digeribles, calcio, magnesio, fósforo, vitamina B12, etc (Wang *et al.*, 2013). Estos nutrientes son esenciales para la integridad estructural y el desarrollo de los huesos, por lo que el consumo de yogur ayuda a mantener la salud ósea (Bos *et al.*, 2000). Entre las proteínas de alta calidad se destacan las caseínas (α -s1, α -s2, β -caseína, kappa-caseína), que representan alrededor del 80% de las proteínas lácteas y las proteínas de suero (β -lactoglobulina, α -lactalbúmina, lactoferrina, inmunoglobulinas, glicomacropéptidos, enzimas y factores de crecimiento), que constituyen el 20% restante (McGregor and Poppitt, 2013). Sin embargo, su composición única, que incluye cultivos bacterianos activos y subproductos de fermentación ofrece beneficios para la salud adicionales más allá de su materia prima. Entre ellos se incluyen efectos prometedores para la salud del sistema inmunológico y sistema digestivo (p. ej., estreñimiento, enfermedades diarreicas, enfermedad intestinal inflamatoria, infección por *Helicobacter pylori* y cáncer de colon) (Adolfsson *et al.*, 2004), reducción de riesgo de desarrollar diabetes tipo 2 (Salas-Salvadó *et al.*, 2017), reducción de la ganancia de peso (Jacques and Wang, 2014), prevención de enfermedades cardiovascular (ECV) (Buendia *et al.*, 2017; Wu and Sun, 2017), entre otras. En particular, se demostró que las bacterias iniciadoras del yogur están involucradas en la mejora de la intolerancia a la lactosa. En efecto, en el año 2011 la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, por sus siglas en inglés) reconoció formalmente los beneficios del yogur sobre la malabsorción de la lactosa (EFSA Panel on Dietetic Products and Allergies, 2010).

Numerosos estudios señalan que las bacterias presentes en el yogur ejercen efectos benéficos sobre la salud a través de la modulación de la microbiota intestinal (Burton *et al.*, 2017). En este sentido, los efectos de BAL y otros constituyentes del yogur sobre el metabolismo y composición del intestino de la microbiota son un excelente ejemplo de la bioactividad del yogur. En un estudio realizado en humanos se reportó que *L. bulgaricus* estaba presente en el 73% de las muestras de heces de consumidores de yogur y en solo el 28% de las muestras de quienes no lo consumían (Alvaro *et al.*, 2007).

Sin embargo, estos resultados no muestran que los iniciadores bacterianos (*L. bulgaricus* y *S. thermophilus*) permanecieran viables en su paso por el tracto intestinal. En un estudio posterior, se compararon los efectos de yogures frescos o pasteurizados (después de la fermentación) sobre parámetros microbiológicos e inmunológicos y no se encontraron diferencias significativas entre ambas condiciones (Ballesta *et al.*, 2008). Estos resultados indicarían que los efectos atribuidos al yogur no dependen de la viabilidad de la BAL. Un estudio contemporáneo al de Ballesta revela que el principal cambio observado en la microbiota humana después del consumo de yogur fue un aumento en la concentración de BAL y *Clostridium perfringens* en detrimento del número de *Bacteroides* (García-Albiach *et al.*, 2008). Un análisis de los grupos bacterianos predominantes en las heces humanas mostró que las enterobacterias fueron significativamente menores en los consumidores de yogur (Alvaro *et al.*, 2007). En este estudio, en el grupo suplementado con yogur, las poblaciones de *Bifidobacterium* se correlacionaron positivamente con el consumo de la leche fermentada. Los cambios bacterianos observados no fueron diferentes después del consumo de yogur fresco y tratado térmicamente, lo que sugiere que los cambios en la microbiota no requieren la viabilidad bacteriana inicial. Otros componentes de la leche como los oligosacáridos podrían alterar la microbiota y cambiar la señalización huésped - microbiota con impacto sobre el metabolismo del primero (Zivkovic *et al.*, 2011). Más estudios son necesarios para comprender mejor el efecto del yogur en la modulación de la microbiota intestinal porque existen pocos reportes sobre el efecto de las cepas iniciadoras tradicionales, es decir, *S. thermophilus* y *L. bulgaricus*.

En la actualidad hay un debate en curso en relación a las potenciales propiedades probióticas y viabilidad de los microorganismos iniciadores del yogur dada su escasa resistencia a las condiciones del tracto gastrointestinal (Morelli, 2014). Es importante destacar que un microorganismo se considera probiótico si se mantiene viable y confieren beneficios para la salud del huésped cuando se administran en cantidades adecuadas (Hill *et al.*, 2014). En la actualidad hay pocos estudios al respecto debido a que el interés de los investigadores está enfocado en la selección de nuevas cepas probióticas diferentes de los microorganismos tradicionales del yogur. En este sentido, el yogur ha demostrado ser un óptimo vehículo para la entrega de probióticos (Lourens-

Hattingh and Viljoen, 2001). Los efectos benéficos de los microorganismos probióticos, en especial aquellos incluidos en yogures han sido extensamente revisados (Sáez-Lara *et al.*, 2016; Thushara *et al.*, 2016) y por lo tanto no serán desarrollados en este trabajo.

Por otro lado, durante la fermentación de la leche por BAL conduce a la liberación de péptidos bioactivos (Shortt and O'Brien, 2016) a los cuales se atribuyen beneficios sobre diversos sistemas. Algunos péptidos identificados participan en actividades antimicrobianas, anticancerígenas, antioxidantes, antifúngicas y como potenciales moduladores de los sistemas inmune, digestivo, cardiovascular y nervioso (Korhonen, 2009; Capriotti *et al.*, 2016). La liberación de aminoácidos de cadena ramificada (BCAA, por sus siglas en inglés) durante la fermentación por *S. thermophilus* (Tamime y Robinson, 2007) se ha relacionado específicamente con el mantenimiento de la masa corporal magra, la síntesis de proteínas y la función muscular (McGregor y Poppitt, 2013). Sin embargo, sigue existiendo controversia sobre la contribución de los BCAA a la salud, dado que niveles elevados han sido relacionados con el desarrollo de resistencia a la insulina y diabetes tipo 2 (Wang *et al.*, 2008; Newgard *et al.*, 2009).

CONCLUSIÓN

Existe una relación simbiótica entre las dos BAL homofermentativas utilizadas en la producción de yogur que mejora el crecimiento mutuo y promueve efectos beneficiosos. El producto resultante de esta fermentación mixta de la matriz láctea genera un alimento con múltiples propiedades tecnológicas y funcionales. Las nuevas evidencias científicas sobre el beneficio del consumo de yogur hacen que este producto ancestral tenga un lugar privilegiado en nuestra alimentación diaria. Tecnológicamente, el proceso industrial de manufactura de yogur debe ser controlado ya que muchos factores pueden retardar el crecimiento de los microorganismos iniciadores (temperatura de incubación, antibióticos o residuos de detergentes, contaminación del medio ambiente, bacteriófagos, etc.) y modificar las propiedades del producto final (Tamime and Robinson, 1999). El consumo de yogures firmes y bebibles ha crecido significativamente en los últimos años debido a la combinación del posicionamiento saludable del producto con su alto valor nutricional que cumple con las demandas del consumidor. Por otro lado, la constante búsqueda de innovación tecnológica en el mercado a incentivado nuevas variedades

de yogur lo cual ha modernizado este producto ancestral y ha colaborado con la vigencia actual del mismo en la industria láctea.

REFERENCIAS

- Adolfsson, O., Meydani, S.N., Russell, R.M., 2004. Yogurt and gut function. *The American journal of clinical nutrition* 80, 245-256.
- Alvarado, J.d.D., Aguilera, J.M., 2001. Métodos para medir propiedades físicas en industrias de alimentos.
- Alvaro, E., Andrieux, C., Rochet, V., Rigottier-Gois, L., Lepercq, P., Sutren, M., Galan, P., Duval, Y., Juste, C., Doré, J., 2007. Composition and metabolism of the intestinal microbiota in consumers and non-consumers of yogurt. *British journal of nutrition* 97, 126-133.
- Ares, G., Gonçalves, D., Pérez, C., Reolón, G., Segura, N., Lema, P., Gámbaro, A., 2007. Influence of gelatin and starch on the instrumental and sensory texture of stirred yogurt. *International Journal of Dairy Technology* 60, 263-269.
- Ballesta, S., Velasco, C., Borobio, M., Argüelles, F., Perea, E.J., 2008. Fresh versus pasteurized yogurt: comparative study of the effects on microbiological and immunological parameters, and gastrointestinal comfort. *Enfermedades infecciosas y microbiología clínica* 26, 552-557.
- Basak, S., Ramaswamy, H., 1994. Simultaneous evaluation of shear rate and time dependency of stirred yogurt rheology as influenced by added pectin and strawberry concentrate. *Journal of Food Engineering* 21, 385-393.
- Bos, C., Gaudichon, C., Tomé, D., 2000. Nutritional and physiological criteria in the assessment of milk protein quality for humans. *Journal of the American College of Nutrition* 19, 191S-205S.
- Brückner-Gühmann, M., Benthin, A., Drusch, S., 2019. Enrichment of yoghurt with oat protein fractions: Structure formation, textural properties and sensory evaluation. *Food Hydrocolloids* 86, 146-153.
- Buendia, J.R., Li, Y., Hu, F.B., Bradlee, M.L., Quatromoni, P.A., Cabral, H.J., Singer, M.R., Moore, L.L., 2017. Increased Yogurt Intake Lowers Risk of Cardiovascular Disease among Middle-Aged Adults with High Blood Pressure. *The FASEB Journal* 31, 446.448-446.448.
- Burton, K.J., Rosikiewicz, M., Pimentel, G., Bütikofer, U., von Ah, U., Voirol, M.-J., Croxatto, A., Aeby, S., Draai, J., McTernan, P.G., 2017. Probiotic yogurt and acidified milk similarly reduce postprandial inflammation and both alter the gut microbiota of healthy, young men. *British Journal of Nutrition* 117, 1312-1322.
- Capriotti, A.L., Cavaliere, C., Piovesana, S., Samperi, R., Laganà, A., 2016. Recent trends in the analysis of bioactive peptides in milk and dairy products. *Analytical and bioanalytical chemistry* 408, 2677-2685.
- Chandan, R.C., Nauth, K., 2016. Yogurt. *Handbook of animal-based fermented food and beverage technology*. CRC Press, pp. 228-249.
- Dergal, S.B., Rodríguez, H.B., Morales, A.A., 1981. *Química de los alimentos*. Alhambra.
- Domagała, J., 2009. Instrumental texture, syneresis and microstructure of yoghurts prepared from goat, cow and sheep milk. *International Journal of Food Properties* 12, 605-615.
- EFSA Panel on Dietetic Products, N., Allergies, 2010. Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to live yoghurt cultures and improved lactose digestion (ID 1143, 2976) pursuant to Article 13 (1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 8, 1763.
- García-Albiach, R., José, M., de Felipe, P., Angulo, S., Morosini, M.-I., Bravo, D., Baquero, F., del Campo, R., 2008. Molecular analysis of yogurt containing *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* in human intestinal microbiota-. *The American journal of clinical nutrition* 87, 91-96.
- Garibay, M.G., Ramírez, R.Q., Canales, A.L.-M., 1993. *Biotechnología alimentaria*. Editorial Limusa.
- Hematyar, N., Samarin, A.M., Poorazarang, H., Elhamirad, A.H., 2012. Effect of gums on yogurt characteristics. *World Applied Sciences Journal* 20, 661-665.
- Hill, C., Guarner, F., Reid, G., Gibson, G.R., Merenstein, D.J., Pot, B., Morelli, L., Canani, R.B., Flint, H.J., Salminen, S., 2014. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology* 11, 506.
- Ibeagha-Awemu, E.M., Liu, J., Zhao, X., 2009. Bioactive components in yogurt products. *Bioactive Components in Milk and Dairy Products*, 235.
- Jacques, P.F., Wang, H., 2014. Yogurt and weight management-. *The American journal of clinical nutrition* 99, 1229S-1234S.
- Jaworska, D., Waszkiewicz-Robak, B., Kolanowski, W., Swiderski, F., 2005. Relative importance of texture properties in the sensory quality and acceptance of natural yoghurts.

- International Journal of Dairy Technology 58, 39-46.
- Karam, M.C., Gaiani, C., Hosri, C., Burgain, J., Scher, J., 2013. Effect of dairy powders fortification on yogurt textural and sensorial properties: a review. *Journal of Dairy Research* 80, 400-409.
- Kiani, H., Mousavi, M., Razavi, H., Morris, E., 2010. Effect of gellan, alone and in combination with high-methoxy pectin, on the structure and stability of doogh, a yogurt-based Iranian drink. *Food Hydrocolloids* 24, 744-754.
- Koleske, J.V., 1995. Paint and coating testing manual.
- Korhonen, H., 2009. Milk-derived bioactive peptides: From science to applications. *Journal of functional foods* 1, 177-187.
- Lazaridou, A., Serafeimidou, A., Biliaderis, C.G., Moschakis, T., Tzanetakis, N., 2014. Structure development and acidification kinetics in fermented milk containing oat β -glucan, a yogurt culture and a probiotic strain. *Food Hydrocolloids* 39, 204-214.
- Lee, W., Lucey, J., 2010. Formation and physical properties of yogurt. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 23, 1127-1136.
- Lewis, M., 2003. Improvements in the pasteurisation and sterilisation of milk. *Dairy Processing: Improving Quality*, 81-103.
- Li, J.-M., Nie, S.-P., 2016. The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods. *Food Hydrocolloids* 53, 46-61.
- Lourens-Hattingh, A., Viljoen, B.C., 2001. Yogurt as probiotic carrier food. *International dairy journal* 11, 1-17.
- Loveday, S.M., Sarkar, A., Singh, H., 2013. Innovative yoghurts: Novel processing technologies for improving acid milk gel texture. *Trends in food science & technology* 33, 5-20.
- Lucey, J.A., 2004. Cultured dairy products: an overview of their gelation and texture properties. *International Journal of Dairy Technology* 57, 77-84.
- Mackowiak, P.A., 2013. Recycling Metchnikoff: probiotics, the intestinal microbiome and the quest for long life. *Frontiers in public health* 1, 52.
- McGregor, R.A., Poppitt, S.D., 2013. Milk protein for improved metabolic health: a review of the evidence. *Nutrition & metabolism* 10, 46.
- Mechnikova, M.O., 1921. Life of Elie Metchnikoff, 1845-1916. Houghton Mifflin Company.
- Morelli, L., 2014. Yogurt, living cultures, and gut health-. *The American journal of clinical nutrition* 99, 1248S-1250S.
- Newgard, C.B., An, J., Bain, J.R., Muehlbauer, M.J., Stevens, R.D., Lien, L.F., Haqq, A.M., Shah, S.H., Arlotto, M., Slentz, C.A., 2009. A branched-chain amino acid-related metabolic signature that differentiates obese and lean humans and contributes to insulin resistance. *Cell metabolism* 9, 311-326.
- Nguyen, P.T., Kravchuk, O., Bhandari, B., Prakash, S., 2017. Effect of different hydrocolloids on texture, rheology, tribology and sensory perception of texture and mouthfeel of low-fat pot-set yoghurt. *Food hydrocolloids* 72, 90-104.
- Phadungath, C., 2005. The mechanism and properties of acid-coagulated milk gels. *Songklanakarin J. Sci. Technol* 27, 433-448.
- Podolsky, S.H., 2012. Metchnikoff and the microbiome. *The Lancet* 380, 1810-1811.
- Sáez-Lara, M., Robles-Sanchez, C., Ruiz-Ojeda, F., Plaza-Diaz, J., Gil, A., 2016. Effects of probiotics and synbiotics on obesity, insulin resistance syndrome, type 2 diabetes and non-alcoholic fatty liver disease: a review of human clinical trials. *International journal of molecular sciences* 17, 928.
- Salas-Salvadó, J., Guasch-Ferré, M., Díaz-López, A., Babio, N., 2017. Yogurt and diabetes: overview of recent observational studies. *The Journal of nutrition* 147, 1452S-1461S.
- Sanchez, C., Zuniga-Lopez, R., Schmitt, C., Despond, S., Hardy, J., 2000. Microstructure of acid-induced skim milk-locust bean gum-xanthan gels. *International Dairy Journal* 10, 199-212.
- Sfakianakis, P., Tzia, C., 2014. Conventional and innovative processing of milk for yogurt manufacture; development of texture and flavor: A review. *Foods* 3, 176-193.
- Shaker, R., Jumah, R., Abu-Jdayil, B., 2000. Rheological properties of plain yogurt during coagulation process: impact of fat content and preheat treatment of milk. *Journal of Food Engineering* 44, 175-180.
- Shortt, C., O'Brien, J., 2016. Handbook of functional dairy products. CRC Press.
- Tamime, A.Y., Robinson, R.K., 1999. Yoghurt: science and technology. Woodhead Publishing.
- Thushara, R.M., Gangadaran, S., Solati, Z., Moghadasian, M.H., 2016. Cardiovascular benefits of probiotics: a review of experimental and clinical studies. *Food & function* 7, 632-642.
- Van Vliet, T., Van Dijk, H., Zoon, P., Walstra, P., 1991. Relation between syneresis and rheological properties of particle gels. *Colloid and Polymer Science* 269, 620-627.
- Walstra, P., Geurts, T.J., Wouters, J.T., 2005. Dairy science and technology. CRC press.
- Wang, H., Livingston, K.A., Fox, C.S., Meigs, J.B., Jacques, P.F., 2013. Yogurt consumption is associated with better diet quality and metabolic

profile in American men and women. *Nutrition Research* 33, 18-26.

Wang, L., Manson, J.E., Buring, J.E., Lee, I.-M., Sesso, H.D., 2008. Dietary intake of dairy products, calcium, and vitamin D and the risk of hypertension in middle-aged and older women. *Hypertension* 51, 1073-1079.

White, C.H., Kilara, A., Hui, Y., 2008. *Manufacturing yogurt and fermented milks*. John Wiley & Sons.

Wu, L., Sun, D., 2017. Consumption of yogurt and the incident risk of cardiovascular disease: A meta-analysis of nine cohort studies. *Nutrients* 9, 315.