GRUPO LÁCTEOS
Investigación y Divulgación

CONACYT

CIATEJ

COECYTJAL
Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Jalisco

Propiedades funcionales de leche

Propiedades funcionales de leche

Por: Dra. Tannia Alexandra Quiñones Muñoz
Contacto: taquinones@ciatej.mx

Introducción

La leche y sus derivados, además de los beneficios nutricios, han demostrado tener importantes propiedades en beneficio a la salud además de aquellas que aportan al desarrollo tecnológico de diferentes productos de interés para el consumidor. En este *policybrief* se presentarán hallazgos sobre las propiedades más actuales que se atribuyen a leche, así como a compuestos recuperados a partir de ella, además de las principales Normas Oficiales Mexicanas a considerar. El término "propiedad funcional" incluye las propiedades bioactivas y las tecnológicas. Las "propiedades tecnológicas" (tecnofuncionales) implican que un componente dado, con una concentración óptima de trabajo y sujeto a un procesamiento en parámetros óptimos, contribuye a las características sensoriales deseadas esperadas del producto, desarrolladas por interacción con otros constituyentes alimenticios. Algunas de esas propiedades son: espesante, gelificante, emulsionante, estabilizante, de viscosidad, cohesión, texturización y sensoriales, como colorantes, edulcorantes, entre otros **(Sikorski, 2006)**.

Además, el término “funcional” hace referencia a beneficios a la salud de un alimento o compuesto, debido a su consumo con cierta periodicidad y concentración. De este modo se acuña el término “alimento funcional”. Los alimentos funcionales son alimentos naturales o procesados que contienen sustancias con importantes funciones en el metabolismo del cuerpo humano (denominadas “biológicamente activas” o “bioactivas”), además de los compuestos nutritivos. Un alimento se considera “funcional” si se demuestra que afecta de manera beneficiosa a una o más funciones objetivo en el cuerpo, más allá de los efectos nutricionales, de una manera relevante para un mejor estado de salud y bienestar y/o en la reducción del riesgo de enfermedad **(ILSI, 1999)**.

Considerando estas definiciones e inclusiones, la leche presenta propiedades funcionales, tecnológicas y bioactivas, que benefician el desarrollo de nuevos productos, deseables por el consumidor y que le brindan, además, beneficios a la salud. A continuación, se describen algunas de las principales propiedades funcionales de la leche.

Propiedades funcionales de leche

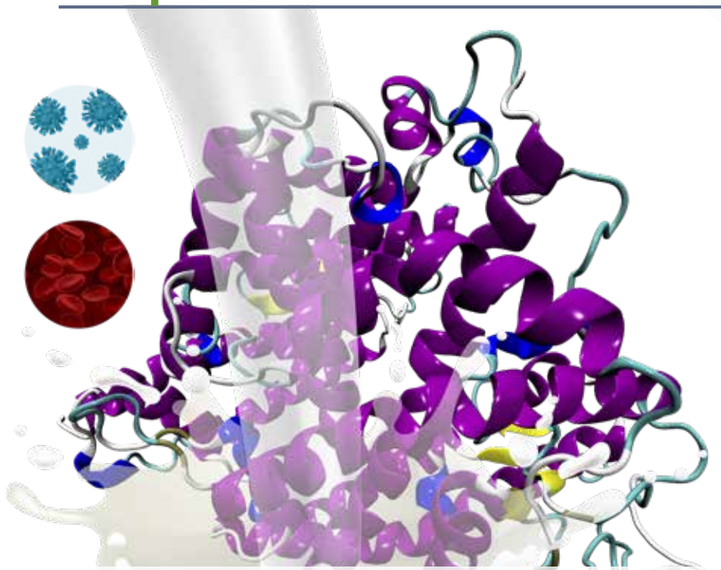

Figura 1. Obtención de compuestos beneficos a la salud a partir de la leche: leche-proteínas-péptidos-función (antioxidante, antimicrobiana, inmunomoduladora).

La leche tiene un alto valor nutritivo (proveen proteínas, aminoácidos y nitrógeno) y además provee de compuestos que benefician la salud humana en diferentes proporciones y condiciones. La leche, el queso y otros productos lácteos, están entre las mayores fuentes de proteínas y péptidos bioactivos, con importantes actividades biológicas. Además, diversas actividades antivirales se atribuyen a proteínas lácteas, como contra adenovirus, enterovirus, rotavirus, VIH y el virus del papiloma humano **(Ng et al., 2015)**.

La leche además tiene retinoides, calcio y vitamina D que presentan efectos quimiopreventivos contra cáncer (por diferenciación de inducción celular) **(Martínez-Leo et al., 2018).**

La leche (cabra, búfalo, oveja, camello, yagua, yak) presenta en su composición péptidos (unión de algunos aminoácidos) bioactivos que se liberan después de una digestión gastrointestinal o algunas condiciones de procesamiento específicas (rompimiento por enzimas y/o fermentación) **(Figura 1)**. Los productos lácteos, además, presentan péptidos que tienen propiedades farmacológicas similares a la morfina (β-casomorfinas), denominados opioides, y que participan activamente (por diversos mecanismos) en la funcionalidad del sistema nervioso central **(Haque et al., 2008)**.

El sistema opioide participa activamente en la modulación del sistema inmune, provocando un aumento en la respuesta de proliferación de linfocitos, la actividad de células asesinas naturales, y el desplazamiento de neutrófilos **(Gill et al., 2000)**, inhibe la fagocitosis, y disminuye la hipersensibilidad mediada por células del sistema inmune. Los péptidos bioactivos lácteos influyen en procesos inmunitarios e inflamatorios al afectar la producción de compuestos promotores de ellos (citocinas) **(Hurley, 2012; Chauhan et al., 2020**).

Los péptidos bioactivos de leche bovina (α_S-caseina, caseinofosfopéptidos) presentan actividades quelantes a minerales, antihipertensivas, inmunomoduladoras, opioides, anticancerígenas, citotóxicas, antibacterianas y antitrombóticas. Las propiedades de los péptidos varían con la fuente y procesamiento **(El-Salam y El-Shibiny, 2013)**. Un concentrado de albúmina sérica produce péptidos por ruptura (hidrólisis) con la enzima tripsina y diversas temperaturas, 28 péptidos del hidrolizado nativo y 39 por tratamiento térmico, todos con compuestos bioactivos potenciales (antihipertensivos, antioxidantes) **(Arrutia et al., 2016)**.

Los productos lácteos fermentados (con *Lactobacillus helveticus, Saccharomyces cerevisiae*), además de considerarse probióticos, presentan péptidos (uniones Ile-Pro-Pro, Val-Pro-Pro, Ile-Pro-Ala) con actividad antihipertensiva (inhibitoria de la enzima convertidora de angiotensina, en ratas); péptidos derivados de α-Lactorfina (Tyr-Gly-Leu-Phe) y β-lactorfina **(Tyr-Leu-Leu-Phe) (Ja¨ka¨la¨ and Vapaatalo, 2010)**, además los péptidos Thr-Pro-Val-Ser-Glu-Lys

Nota:

Códigos de aminoácidos (http://bioinformatica.uab.es/genetica/pr7/codi%20aa_sp.htm): A, Ala (alanina), R, Arg (arginina), N, Asn (asparagina), D, Asp (aspartato), C, Cys (cisteína), Q, Gln (glutamina), E, Glu (ácido glutámico), G, Gly (glicina), H, His (histidina), I, Ile (isoleucina), L, Leu (leucina), K, Lys (lisina), M, Met (metionina), F, Phe (fenilalanina), P, Pro (prolina), S, Ser (serina), T, Thr (treonina), W, Trp (triptófano), Y, Tyr (tirosina), V, Val (Valina).

y Tyr-Leu-Tyr-Glu-Ile-Ala-Arg, también son péptidos con propiedades antihipertensivas **(Haque et al., 2008; Arrutia et al., 2016)**. El tipo de microorganismo empleado en las fermentaciones determina el tipo, actividad y cantidad de los péptidos producidos. *Lactobacillus* sp. (*Lactobacillus casei* ssp. *Rhamnosus, Lactobacillus helveticus*) es de los microorganismos más utilizados y explotados comercialmente para la producción de péptidos bioactivos por fermentación de la leche **(Haque et al., 2008)**.

Algunos péptidos bioactivos derivados de leche presentan propiedades antioxidantes, que ayudan, entre otras cosas, a prevenir la peroxidación de ácidos grasos esenciales. La caseína (principal proteína de la leche) produce péptidos fosforilados en la digestión, que exhiben actividad antioxidante (por secuestro de iones metálicos y eliminación de especies reactivas del oxígeno). Además, la leche sobresale como una fuente importante de compuestos moduladores del sistema inmune, que desencadenan tanto respuestas inmunes específicas (ej. producción de anticuerpos) como no específicas (ej. funciones de macrófagos y asesinos naturales) **(Chauhan et al., 2020)**. Se sabe que los hidrolizados y péptidos derivados de la proteína de la leche, las caseínas (α_{S1}-casein, isracidina, β-casein, β-casomorfina, β-casoquinina, κ-caseína, κ-caseinoglicopéptidos), mejoran la proliferación de linfocitos, las funciones de las células inmunes, la regulación de las citocinas y la síntesis de anticuerpos, además presenta un efecto protector contra infección de *Klebsiella pneumoniae* y son antihipertensivos. El residuo de proteína conformado por Thr-Thr-Met-Pro-Leu-Tyr, obtenido por hidrólisis con tripsina de α_{S1}1-caseína, promueve la formación de anticuerpos, acelera la fagocitosis *in vitro* (función de ataque y eliminación de microbios y otras partículas) por ejemplo, y tiene un efecto protector contra la bacteria patógena que causa neumonitis grave, *K. pneumoniae* **(Gill et al., 2000)**. También, alivian reacciones alérgicas anómalas en humanos y mejoran la inmunidad de las mucosas del tracto gastrointestinal; razón que apoyaría el buen desarrollo del sistema inmunológico de recién nacidos **(Korhonen and Pihlanto, 2006)**.

La leche presenta tanto propiedades pro- como anti-oxidantes, dependiendo de las condiciones fisicoquímicas en que se encuentre. La actividad antioxidante (reducción) de la leche pudiera deberse a la presencia de compuestos como el alfa tocoferol, carotenoides, ácido linoleico conjugado, caseína y lactoferrina presentes en el suero. La actividad pro-oxidante puede deberse a la presencia de metales de transición (ejemplo, cobre, hierro) y peróxido de hidrógeno. Además, las propiedades reductoras de la leche se ven afectadas por algunas interacciones complejas de diferentes enzimas que catalizan las reacciones redox (óxido-reducción), previniendo o favoreciendo la formación de radicales, peróxido de hidrógeno y otros peróxidos. Según **Calligaris et al. (2004)**, el calentamiento de la leche a 120 °C muestra un aumento pronunciado y progresivo de su actividad antioxidante, posiblemente por la formación de productos de la reacción de Maillard (melanoidinas). A temperaturas de 80 °C y 90 °C presentan una ligera disminución de la actividad, durante las primeras 5 horas de calentamiento. En etapas tempranas de la reacción de Maillard se producen radicales altamente reactivos (antes del arreglo Amadori). Estos efectos involucran tanto a productos lácteos como a formulaciones de alimentos con leche como ingrediente.

Normativa aplicable

La **NOM-155-SCFI-2012** establece las denominaciones comerciales de los diferentes tipos de leche comercializados en el territorio de los Estados Unidos Mexicanos, además sus especificaciones fisicoquímicas, los métodos de prueba y la información comercial de las etiquetas de los envases. Define la leche para consumo humano como el producto obtenido de la secreción de las glándulas mamarias de las vacas, sin calostro el cual debe ser sometido a tratamientos térmicos u otros procesos que garanticen la inocuidad del producto, además que puede ser sometida a operaciones como clarificación, homogenización, estandarización u otras, siempre y cuando no contaminen el producto y cumple con las especificaciones de su denominación. Las especificaciones se definen según el tipo de denominación comercial en las que se incluyen la pasteurizada, ultrapasteurizada, microfiltrada ultra, evaporada, condensada azucarada, en polvo o deshidratada, rehidratada, reconstituida, deslactosada, concentrada y saborizada; no se incluye en ninguna de las denominaciones el térmico "funcional". Pero las denominaciones establecidas para leche, si pueden considerarse en alguna de las opciones de clasificación de alimentos funcionales que además de contener sustancias biológicamente activas entran en alguna de las siguientes clasificaciones: "alimento natural", "alimento al que se le ha agregado un componente", "alimento al que se le ha eliminado un componente", "un alimento al que se ha modificado la naturaleza de uno o más de sus componentes", "cualquier combinación de las anteriores" **(ILSI, 1999)**: para la leche las denominaciones relacionadas con la clasificación funcional serían, la microfiltrada ultra, la reconstituida (o restaurada según la **NOM-086-SSA1-1994**), y la deslactosada. Las especificaciones establecidas en la **NOM-155-SCFI-2012**, para las diferentes clasificaciones de la leche incluyen parámetros como densidad, grasa butírica, acidez, sólidos no grasos, punto crioscópico, lactosa, proteínas de la leche, caseína y sus límites mínimos y máximos correspondientes; sin diferenciar a las moléculas bioactivas. En la misma norma, lo que establece referente a declaraciones en la etiqueta son referentes a los procesos secundarios (pasteurización, ultrapasteurización, microfiltrada ultra, evaporada, condensada, azucarada, deshidratada o en polvo, concentrada) aplicados al alimento y menciona las normas que deberán cumplirse **(NOM-002-SCFI-1993, NOM-008-SCFI-2002, NOM-030-SCFI-2006, NOM-051-SCFI/ SSA1-2010, NOM-086-SSA1-1994, NOM-243-SSA1-2010)** como parte de la información comercial, a las que deben añadirse la **NOM-051-SCFI/SSA-2010** que establece el etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas en donde se considera la leche natural, además de la **NOM-243-SSA1-2010** referente al control sanitario.

En la **NOM-051-SCFI/SSA-2010** referente al etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas, se menciona la declaración de propiedades en el apartado 4.5.2 "Declaración nutrimental", y en el caso de que se haga declaración de propiedades deberá indicarse la cantidad y el nutrimento específico al que se atribuye; además, el apartado 6.2 "Declaraciones de propiedades condicionales" menciona, entre otras, que pueden utilizarse declaraciones de propiedades que destaquen la ausencia o adición de determinadas sustancias a los alimentos, siempre que no sean engañosas y la sustancia no esté sujeta a requisitos específicos de otra norma (no sustancia normal en la composición, no haya sido sustituida, o no sea un aditivo permitido). La sección 6.3 "Declaraciones nutrimentales y saludables", además de considerar las declaraciones de nutrición, menciona la declaración de propiedades de comparación de nutrimentos de dos o más alimentos, y la declaración de propiedades saludables que significa "cualquier representación que declara, sugiere o implica que existe una relación entre un alimento, o un constituyente, y la salud" que incluyen: 6.3.3.1 declaración de propiedades nutrimentales que describe la función fisiológica del nutrimento en el crecimiento, el desarrollo y las funciones normales del organismo; 6.3.3.2 declaraciones de propiedades que conciernen efectos benéficos específicos del consumo de alimentos o sus constituyentes en el contexto de una dieta total sobre las funciones o actividades biológicas normales del organismo. Tales declaraciones de propiedades se relacionan a una contribución positiva a la salud o a la mejora de una función o la modificación o preservación de la salud. No se podrán hacer declaraciones de propiedades cuando se pretenda atribuir al producto características que no contiene o posee, ni declaraciones asociadas a la disminución o reducción de riesgo de enfermedad (apartado 6.3.4).

Por su parte la **NOM-086-SSA1-1994** establece las especificaciones nutrimentales a que deben sujetarse los alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición por disminución, eliminación o adición de nutrimentos con la finalidad de contribuir a evitar deficiencias y prevenir excesos perjudiciales para la salud; esta sería la norma oficial que más se relaciona con la declarativa de alimento funcional, aunque se sigue sin considerar la declaración oficial de "funcional". Quedan excluidos de esta NOM-086 las fórmulas para lactantes, las fórmulas de continuación y los productos para fines medicinales o terapéuticos. La clasificación de alimentos objeto de la norma se denominan: **a)** productos con menor contenido de sodio, grasa, grasa saturada, colesterol, calorías, gluten, o azúcar, y **2)** productos adicionados (restaurados, enriquecidos, fortificados). La restauración se refiere a la reincorporación de nutrientes a aquel alimento que lo ha perdido, durante su elaboración. Los nutrientes que se permiten adicionar son aminoácidos, vitaminas, minerales, proteínas (ej. suero de leche) y fibra dietética; dicha adición deberá respaldarse con la información del compuesto añadido (apartado 6.3 de la NOM-086) como la forma química, estabilidad en la vida de anaquel, y antecedentes de absorción del nutriente, entre otros. Además, menciona algunas consideraciones que deberán cumplirse sumado a lo que establece el Reglamento y la NOM correspondiente a etiquetado (apartado 11); principalmente de cantidades y nutriente modificado. Para mayor detalle de las normas, dirigirse a los documentos del Diario Oficial de la Federación **(www.dof.org)**.

Conclusión

De este modo, se observan importantes propiedades funcionales a la leche y compuestos derivados de ella, con aplicaciones en diversas áreas de la alimentación, salud e industrias afines. Además, son bases importantes para el desarrollo de diversidad de productos, incluyendo alimentos funcionales, suplementos, aditivos, incluso para el área farmacéutica. Es importante el mantener vivo el interés en los productos lácteos, mediante el reconocimiento de sus beneficios y posibles aplicaciones, visto desde los contextos de alimento, salud, desarrollos tecnológicos, incluso, tradición, economía y soberanía alimentaria.

Como se observa en este *policybrief* existe evidencia de las propiedades funcionales de leche, como alimento natural, y aunque no existe una normativa nacional o internacional que regule directamente los alimentos funcionales, existen normas que pudieran ser base del desarrollo de nuevas, para el completo y adecuado control de productos declarados como "funcionales". Se observa una tendencia para la regulación de propiedades en beneficio a la salud, pero aquellas propiedades referidas a las propiedades tecnofuncionales, están más consideradas en las diferentes clasificaciones de aditivos, principalmente incluidas en el Codex Alimentarius (FAO). Aditivos es otro tema amplio en interés y aplicación por revisar.

Referencias

Arrutia, F., Puente, Á., Riera, F.A., Menéndez, C., González, U.A. 2016. Influence of heat pre-treatment on BSA tryptic hydrolysis and peptide release. Food Chemistry, 202; 40–48. **http://doi.ORG/10.1016/j.foodchem.2016.01.107**

Calligaris, S., Manzocco, L., Anese, M., Nicoli, M.C. 2004. Effect of heat-treatment on the antioxidant and pro-oxidant activity of milk. International Dairy Journal 14;421-427. **http://doi.org/10.1016/j.idairyj.2003.10.001**

Chauhan, V., Singh K.S. 2020. Chapter 4 Bioactive peptides: synthesis, functions and biotechnological applications. In: Biotechnological Production of Bioactive Compounds. Elsevier B.V. Pp. 107-137. **https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64323-0.00004-7**.

El-Salam, M.H.A., El-Shibiny, S. 2013. Bioactive Peptides of Buffalo, Camel, Goat, Sheep, Mare, and Yak Milks and Milk Products. Food Reviews International, 29(1): 1–23. **http://doi.org/10.1080/87559129.2012.692137**

Gill, H.S., Doull, F., Rutherfurd, K.J., Cross, M. L. 2000. Immunoregulatory peptides in bovine milk. British Journal of Nutrition, 84: 111-S117. **http://doi.org/10.1017/s0007114500002336**

Haque, E., Chand, R., Kapila, S. 2008. Biofunctional Properties of Bioactive Peptides of Milk Origin. Food Reviews International, 25(1), 28–43. **http://doi.org/10.1080/87559120802458198**

Hurley, W. 2012. Milk Protein || Milk Derived Peptides with Immune Stimulating Antiviral Properties, 10.5772/2933 (Chapter 2). **http://doi.org/10.5772/50158**

ILSI. 1999. Scientific Concepts of Functional Foods in Europe Consensus Document. British Journal of Nutrition, 81(4), S1-S27. **http://doi.org/10.1017/S0007114599000471**

Ja¨ka¨la¨, P., Vapaatalo, H. 2010. Antihypertensive peptides from milk proteins. Pharmaceuticals 3, 251-272. **http://doi.org/10.3390/ph3010251**

Korhonen, H., Pihlanto, A. 2006. Bioactive peptides: production and functionality. Int. Dairy J. 16: 945-960.

Martínez-Leo, E., Altamirano, T.V., Segura-Campos, M.R. 2018. Chapter 14 Functional Foods and Chemoprevention in Cancer. In: Therapeutic Foods. Elsevier Inc. **http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-811517-6.00014-3.**

Ng, T.B., Cheung, R.C., Wong, J.H., Wang, Y., Ip, D.T., Wan, D.C., Xia, J. 2015. Antiviral activities of whey proteins. Appl. Microbiol. Biotechnol. 99, 6997e7008. **http://doi.org/10.1007/s00253-015-6818-4**

NORMA Oficial Mexicana NOM-086-SSA1-1994 Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificación en su composición. Especificaciones nutrimentales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 26 de junio de 1996.

NORMA Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010 Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de septiembre de 2010.

NORMA Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012, Leche-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 03 de mayo de 2012.

PROYECTO de Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información comercial y sanitaria, publicada el 5 de abril de 2010, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de octubre de 2019.

Sikorski, Z.E. 2006. Chemical and Functional Properties of Food Components. Third Edition. CRC Press. Taylor and Francis Group. Boca Raton, FL.