



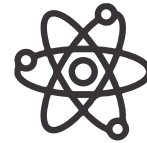
GRUPO LÁCTEOS
Investigación y Divulgación



CONACYT



CIATEJ



COECYTJAL
Consejo Estatal de Ciencia
y Tecnología de Jalisco

Propiedades funcionales de suero de leche

Propiedades funcionales de suero 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 y 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 al suero de leche y sus compuestos. En el término “propiedad funcional” incluye las propiedades bioactivas y las tecnológicas. Las “*propiedades tecnológicas*” (tecnofuncionales) implican que un componente dado, presente en una concentración óptima de trabajo, sujeto a un procesamiento en parámetros óptimos, contribuye a las características sensoriales deseadas esperadas del producto: espesante, gelificante, emulsionante, estabilizante, de viscosidad, cohesión, texturización y sensoriales, como colorantes, edulcorantes, entre otros (Sikorski, 2006).

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 involucra el término “*alimento funcional*” que son alimentos naturales o procesados que contienen sustancias con importantes funciones en el metabolismo del cuerpo humano (denominado “biológicamente activas” o “bioactivas”), además de



Elaboración de queso

los compuestos nutritivos, de alguna 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, el suero de 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 del suero de leche.

Propiedades bioactivas

El suero de leche contiene amplias aplicaciones en la industria de alimentos, en farmacología y biomédica, debido a las propiedades funcionales y el alto valor nutricional que presenta. El suero de leche, subproducto de la transformación de leche, como es la obtención de queso (Figura 1.), está entre las fuentes de proteínas y péptidos bioactivos más usadas hoy en día, con actividades biológicas con efectos inmunoprotectores por la presencia de las inmunoglobulinas, o con actividad antibacteriana, por la presencia de la lactoferrina. La lactoferrina también ha mostrado efectos inmunomoduladores y participa como factor de crecimiento (Ng et al., 2015).

El suero de leche es fuente de aminoácidos esenciales (Addai et al., 2020), disminuye ganancia de peso, promueve la producción de ácidos grasos y de la microbiota benéfica (Boscaini et al., 2020); presenta actividad antifúngica (Vander-Braber et al., 2020; Addai et al., 2020), antimicrobiana (Dinika et al., 2020) e inmunomoduladora, y actividad bifidogénica (promueve crecimiento de Bifidobacterias) (Hickey et al., 2020); estimula la síntesis de proteínas hepáticas (Oikawa et al., 2020); suprime bacterias

patógenas, apoya la disminución de grasa en sangre y mejora de la inmunidad (Addai et al., 2020); además, es estimulante de saciedad (Sánchez-Moya et al., 2020).

Se ha reportado que los hidrolizados y péptidos derivados de proteínas de suero (α -lactalbúmina, β -lactoglobulina, lactoferrina, glicofosfopéptido) 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 (Gill et al., 2000).

Las proteínas del suero (β -lactoglobulina, α -lactoalbúmina y albúmina de suero bovina (BSA)) contienen aminoácidos azufrados que tienen propiedades antioxidantes, y los cuales se han sometido a reacciones de unión a azúcares (glicosilación), como estrategia de mejora de dicha propiedad. Un aislado de proteína de suero glicosilado con inulina presenta cerca de un 60 % de capacidad antioxidante (DPPH), a diferencia del aislado sin glicosilar que presentó un promedio de 20 % de la actividad. Además, la hidrólisis con pepsina (120 min) aumenta la capacidad a cerca del 80 % (Shi et al., 2020).

La β -lactoglobulina contiene cinco cisteínas, aminoácidos a las que se atribuye la actividad antioxidante de la proteína (Yin et al., 2020).

Las proteínas de leche (caseína) y suero (proteína hidrolizada) además, tienen amplio uso en el tratamiento o prevención de la pérdida de masa y/o fuerza muscular (Smulders et al., 2020). La proteína de suero nativa (>98 %) (sin hidrólisis) apoya a reducir la ocurrencia de infecciones intestinales o inflamación en infantes, como enterocolitis necrotizante (Renes et al., 2020a), y en el mejoramiento del desarrollo intestinal infantil (Renes et al., 2020b; Renes et al., 2020c). A péptidos derivados de proteínas de suero se les atribuyen propiedades estimulantes del sistema inmune por proliferación de células linfáticas (α -lactoglobulina (β -LG), α -lactalbumina (α -LA), glicomacropéptido (GMP)), o células del tejido esplénico en bazo (glicofosfopéptidos, hidrolizados de β -LG), y por estimulación del crecimiento de células de la capa externa de la piel (Huang et al., 2010). Por supuesto en cualquier tipo de alimentos, las interacciones entre diversos componentes son de gran impacto en las propiedades bioactivas.



Figura 1. Producción de suero de leche de quesería.

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).

Propiedades tecnofuncionales

Cuando se requiere hacer sobresalir propiedades de calidad sensorial y estructural (tecnofuncionales, **Figura 2**) de diversas formulaciones alimenticias, el uso de proteínas de suero lácteo es ampliamente usado. Las propiedades sensoriales de productos fermentados se han visto mejoradas con el uso de proteínas de suero en su formulación (queso cottage bajo en grasa, crema, concentrado de proteínas de suero, glutamina y polen); las mejoras se observan en textura (cremosidad), y en un mayor valor nutritivo y biológico (**Borisovna y Bukhachev, 2020**). Las mejoras en estabilidad debido al uso de suero de leche, también se han presentado en panificación, por ejemplo, en la producción de una masa sin levadura y sin gluten, que mejora la estabilidad mecánica, y las características sensoriales (**Anatolevna et al., 2020**).



La estabilidad estructural que brindan las proteínas de suero se ve también en la estabilidad de hidrogeles, en diversas formulaciones, bajo condiciones simuladas de digestión (fluidos gástricos in vitro) (**Liu et al., 2020; Hazrati et al., 2021**), además, en la elaboración de microencapsulados que presentan alta resistencia térmica y mayor resistencia a sistemas de digestión simulados (**Hu et al., 2019; Wang et al., 2020**); con la capacidad de brindar además, mejoras en las capacidades antioxidantes en mezclas con compuestos bioactivos como naringenina y α -tocoferol (**Yin et al., 2020**), resveratrol (**Jauregi et al., 2021**), curcumina (**Mohammadian et al., 2020**), y clorofila (**Zhang et al., 2020**). Las proteínas de suero también apoyan en la reducción de astringencia provocada por polifenoles como los taninos. La interacción entre polifenoles y proteínas (β -lactoglobulina (β -Lg) y β -Lg-caseinomacropéptidos) reducen la presencia astringente de los taninos en vino, por ejemplo (**Jauregi et al., 2021**). Además, el uso de filtración apoyó la recuperación de funciones bioactivas de interés, por ejemplo, para la proteína nativa de suero bovino filtrada por membrana, presenta mejores propiedades contra infección intestinal o inflamación, que la proteína de suero convencional (**Renes et al., 2020a**).



Figura 2. Diferentes presentaciones (texturas) de derivados lácteos.

Normativa aplicable

La **NOM-155-SCFI-2012**, establece las denominaciones comerciales de los diferentes tipos de leche comercializables 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. Dicha norma define el suero líquido como aquel líquido obtenido de la coagulación de la caseína de la leche, mediante la acción de enzimas coagulantes de origen animal, vegetal o microbiano, por la adición de ácidos orgánicos o minerales de grado alimentario; acidificación por intercambio iónico hasta alcanzar el punto isoeléctrico de la caseína (revisar también definición de **NMX-F-721-COFOCALEC-2012**). El suero de queso por sus características en composición y forma líquida, de fácil manejo, puede considerarse una materia prima para la recuperación de compuestos bioactivos de interés en diversas áreas como se ha descrito en este *policybrief*. Debido a este amplio rango de aplicaciones, la normativa que se deberá aplicar al suero lácteo o productos derivados a partir de él, o fortificados con algún componente del suero lácteo, dependerá del producto final.

En todo manejo, procesamiento o almacenamiento de alimentos lácteos, deberán considerarse al menos algunas de las siguientes normas: **NOM-243-SSA1-2010** Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias; **NOM-155-SCFI-2012** Leche-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba; **NOM-086-SSA1-1994** Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no

alcohólicas con modificación en su composición; 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; **NOM-030-SCFI-2006** Información comercial. Declaración de cantidad en la etiqueta; **NOM-002-SCFI-2011** Productos preenvasados; **NMX-F-721-COFOCALEC-2012** Sistema producto leche, alimentos, lácteos, suero de leche, especificaciones y métodos de prueba. Algunas especificaciones para la consideración de dichas normas en la funcionalidad del suero de leche se describen en “Policy-brief - Propiedades funcionales de leche” (**Quiñones-Muñoz, 2021**).

Dichas normas de aplicación nacional están acorde a algunas internacionales, que regulan en el mismo sentido que las normas mexicanas, lo referente a declaraciones falsas o engañosas, y lo referente a etiquetado, como las reguladas por la FAO por medio del CODEX ALIMENTARIUS: **CODEX STAN 1-1985, Rev.1-1991** Norma General para el Etiquetado de los Productos preenvasados y sus respectivas enmiendas; **CAC/GL 1-1979 Rev. 1-1991** Directrices generales sobre declaraciones de propiedades y sus respectivas enmiendas; **CAC/GL 2-1985 Rev. 1-1993** Directrices sobre Etiquetado Nutricional y sus respectivas enmiendas; **CAC/GL 23-1997 Rev. 1-2004** Directrices para el uso de declaraciones nutricionales y saludables, y sus respectivas enmiendas; **CAC/RCP 57-2004** Código de prácticas de higiene para la leche y los productos lácteos; **CODEX STAN 146-1985** Norma General para el etiquetado y

declaración de propiedades de alimentos preenvasados para regímenes especiales; **CODEX STAN 192-1995** Norma General para los aditivos alimentarios.

Toda normativa requiere de evidencia científica cuando se trata de alegaciones de salud. En regulaciones nacionales, la **COFEPRIS** (Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios) es la encargada de establecer e implementar políticas, programas y proyectos para prevenir y atender los riesgos sanitarios que pudieran afectar a la población. Dentro de la basta cantidad de trámites que realiza COFEPRIS están los referentes a producción y distribución de alimentos, para lo que habrá que dar Avisos de funcionamiento, Avisos de responsables sanitarios, Solicitud de Autorizaciones, entre otros. Por supuesto **COFEPRIS** tiene sus propios requisitos de información sobre el producto, como su clasificación (materia prima, aditivo, producto terminado, producto a granel, otros), del uso o proceso para la autorización (obtención, elaboración, preparación, fabricación, formulación, distribución, análisis o pruebas de laboratorio, investigación, proyectos, transferencia, etc.), la clasificación (medicamentos/fármacos, remedios

herbolarios, biológicos, psicotrópicos, precursores químicos, alimentos, bebidas no alcohólicas, cosméticos, suplementos alimenticios, etc.), que es información que se compartirá en la solicitud de autorización, certificado o visita. Por mencionar un ejemplo, COFEPRIS en su documento “Instructivo de llenado de formato: Autorizaciones, certificados y visitas” (https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/348649/Instructivo_Autorizaciones.pdf) define a un suplemento alimenticio como “cualquier producto a base de hierbas, extractos vegetales, alimentos tradicionales, deshidratados o concentrados de frutas, adicionados o no, de vitaminas o minerales, que se pueden presentar en forma farmacéutica y cuya finalidad de uso sea incrementar la ingesta dietética total, complementarla o suplir alguno de sus componentes”, que sería uno de los tipos de productos de los que se podría someter a revisión y que también sería un producto común para el uso de los bioactivos del lactosuero. Para detalles de los formatos, requisitos y procedimientos normalizados, dirigirse a los documentos originales mencionados.

Conclusiones

De este modo, se observan importantes propiedades funcionales al suero lácteo y compuestos derivados, 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 del suero de leche y sus compuestos. Al respecto del suero lácteo y su uso como materia prima, existen normas que pueden apoyar el buen manejo y producción de compuestos bioactivos, para el posterior desarrollo de productos finales como ingredientes, aditivos, alimentos, precursores de medicamentos/fármacos, bebidas no alcohólicas, suplementos alimenticios, etc. Existe un buen respaldo de normativas nacionales e internacionales para el correcto uso del lactosuero como ingrediente o materia prima de alimentos o compuestos funcionales, con amplias áreas de aplicación y desarrollo.



Referencias

- Addai, F.P., Lin, F., Wang, T., Kosiba, A.A., Sheng, P., Yu, F., Gu, J., Zhou, Y., Shi, H. 2020. Food Funct. <http://doi.org/10.1039/D0FO01484B>
- Anatolevna, K.O., Georgievna, D.E., Dmitrievna, P.T., Anatolevna, T.N., Maksimovna, R.V. 2020. Federación de Rusia. RU0002728389. Oficina de la Federación de Rusia.
- Borisovna, G.N., Bukhavev, A.G. 2020. Federación de Rusia. RU0002728442. Oficina de la Federación de Rusia.
- Boscaini, S., Cabrera-Rubio, R., Nychyk, O., Speakman, J.R., Cryan, J.F., Cotter, P.D., Nilaweera, K.N. 2020. Physiological Reports. 2020; 8:e14523. <https://doi.org/10.14814/phy2.14523>
- Chauhan, V., Singh K.S. 2020. Chapter 4 In: Biotechnological Production of Bioactive Compounds. Elsevier B.V. Pp. 107-137. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64323-0.00004-7>
- CAC/RCP 57-2004 Código de prácticas de higiene para la leche y los productos lácteos. Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS. Disponible en <http://www.fao.org>
- CODEX STAN 1-1985, Rev.1-1991 Norma General para el Etiquetado de los Productos preenvasados y sus respectivas enmiendas. Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS. Disponible en <http://www.fao.org/ag/humannutrition/33239-0829bef0c2a9a649363d0b0a-2472ca4fc.pdf>
- CAC/GL 1-1979 Rev. 1-1991 Directrices generales sobre declaraciones de propiedades y sus respectivas enmiendas. Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS. Disponible en <http://www.fao.org/3/Y2770S/y2770s05.htm>
- CAC/GL 2-1985 Rev. 1-1993 Directrices sobre Etiquetado Nutricional y sus respectivas enmiendas. Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS. Disponible en <http://www.fao.org/ag/humannutrition/33311-065a023f-960ba72b7291fb0bc07f36a3a.pdf>
- CAC/GL 23-1997 Rev. 1-2004 Directrices para el uso de declaraciones nutricionales y saludables, y sus respectivas enmiendas. Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS. Disponible en <http://www.fao.org/ag/humannutrition/33313-033ebb12db9b719ac1c14f821f5ac8e36.pdf>
- CODEX STAN 146-1985 Norma General para el etiquetado y declaración de propiedades de alimentos preenvasados para regímenes especiales. Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS. Disponible en http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B146-1985%252FCXS_146s.pdf
- CODEX STAN 192-1995 Norma General para los aditivos alimentarios. Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS. Disponible en http://www.fao.org/gsfaonline/docs/CXS_192s.pdf
- Dinika, I., Verma, D.K., Balia, R., Utama, G.L., Patel, A.R. 2020. Trends in Food Science and Technology. <http://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.06.017>
- Gill, H.S., Doull, F., Rutherford, K.J., Cross, M. L. 2000. British Journal of Nutrition, 84: 111-S117. <http://doi.org/10.1017/s0007114500002336>
- Hazrati, Z., Madadlou, A. 2021. International Dairy Journal 117; 104952. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104952>
- Hickey, R., Marotta, M., Morrin, S., Lane, J., Carrington, S. 2020. Estados Unidos de América. US20200253232. Oficina de Estados Unidos de América.
- Hu, Y., Kou, G., Chen, Q., Li, Y., Zhou, Z. 2019. Lwt-Food Science and Technology, 99, 24-33. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.044>
- Huang, S.M., Chen, K.N., Chen, Y.P., Hong, W.S., Chen, M.J. 2010. Int. J. Food Sci. 45: 1061-1067
- 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>
- Jauregi, P., Guo, Y., Adeloje, J.B. 2021. Food Research International 141: 110019. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110019>
- Liu, Z., Liu, C., Sun, X., Zhang, S., Yuan, Y., Wang, D., Xu, Y. 2020. Food Hydrocolloids, 103. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105619>
- Mohammadian, M., Moghadam, M., Salami, M., Emam-Djomeh, Z., Alavi, F., Momen, S., Moosavi-Movahedi, A.A. 2020. Journal of Drug Delivery Science and Technology 56: 101531. <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2020.101531>
- Ng, T.B., Cheung, R.C., Wong, J.H., Wang, Y., Ip, D.T., Wan, D.C., Xia, J. 2015. Appl. Microbiol. Biotechnol. 99, 6997e7008. <http://doi.org/10.1007/s00253-015-6818-4>
- NORMA Mexicana NMX-F-721-COFOCALEC-2012 Sistema producto leche, alimentos, lácteos, suero de leche (líquido o en polvo), especificaciones y métodos de prueba. Organismo Nacional de Normalización del Sistema Producto Leche, COFOCALEC A.C.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-002-SCFI-2011 Productos preenvasados. Contenido neto. Tolerancias y métodos de verificación, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de agosto de 2012.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-030-SCFI-2006 Información comercial. Declaración de cantidad en la etiqueta. Especificaciones, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de noviembre de 2006.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-086-SSA1-1994 Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificación en su composición. Especificaciones nutricionales, 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.
- Oikawa, S.Y., Kamal, M.J., Webb, E.K., McGlory, C., Baker, S.K., Phillips, S.M. 2020. Am J Clin Nutr 00:1-11. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqz332>
- 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.
- Renes, I.B., Verdurmen, R.E.M., Hols, G., Abrahamse, E. 2020a. Netherlands. WO2020159372. Zoetermeer, Netherlands. Oficina Internacional de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO).
- Renes, I.B., Verdurmen, R.E.M., Hols, G., Abrahamse, E. 2020b. Netherlands. WO2020159373. Zoetermeer, Netherlands. Oficina Internacional de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO).
- Renes, I.B., Verdurmen, R.E.M., Hols, G., Abrahamse, E. 2020c. Netherlands. WO2020159356. Zoetermeer, Netherlands. Oficina Internacional de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO).
- Sánchez-Moya, T., Planes-Muñoz, D., Frontela-Saseta, C., Ros-Berruero, G., López-Nicolás, R. 2020. Food and Function. <http://doi.org/10.1039/d0fo00767f>
- Shi, R., Li, T., Wang, C., Yu, H., Chen, W., Wang, Y., Qayum, A., Jiang, Z., Hou, J. 2020. Journal of Food Measurement and Characterization. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00568-0>
- Sikorski, Z.E. 2006. Third Edition. CRC Press. Taylor and Francis Group. Boca Raton, FL.
- Smulders, P.E.A., Ganzevles, R.A., Verlaan, G., Schoemaker, M.H. 2020. Estados Unidos de América. US20200253239. Oficina de Estados Unidos de América.
- Vanden-Braber, N.L., Di-Giorgio, L., Aminahuel, C.A., Díaz-Vergara, L.I., Martín-Costa, A.O., Montenegro, M.A., Mauri, A.N. 2020. Food Hydrocolloids. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106156>
- Wang, S., Ye, X., Sun, Y., Liang, J., Yue, P., Gao, X. 2020. Food Chemistry, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127707>
- Yin, X., Fu, X., Cheng, H., Wusigale, Liang, L. 2020. Food Hydrocolloids 106: 105895. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105895>
- Zhang, Z-H., Peng, H., Woo, M.W., Zeng, X-A., Brennan, M.C.S. 2020. Journal of Food Engineering 267:109729. <https://doi.org/10.1016/j.jfoo>

