

Fundamentos y procesos biotecnológicos aplicados en la elaboración de yogur probiótico enriquecido con inulina como fuente de fibra

Fundamentals and biotechnological processes applied in the production of probiotic yogurt enriched with inulin as a source of fiber

<https://doi.org/10.47606/ACVEN/PH0409>

Luis Carlos Cuello-Díaz¹

<https://orcid.org/0000-0002-6541-5050>

lcuello@infotep.edu.co

Natividad María Escobar-Rodríguez¹

<https://orcid.org/0000-0003-1292-6938>

nescobar@infotep.edu.co

Efraín Alberto Egurrola-Daza¹

<https://orcid.org/0009-0009-51457848>

eegurrola@infotep.edu.co

Milagros Yínez Oñate-Maury^{1*}

<https://orcid.org/0009-0001-8764-5535>

m.onate@infotep.edu.co

Marta Laura González-Ávila¹

<https://orcid.org/0009-0004-2214-3333>

mgonzalez@infotep.edu.co

Recibido: 07/08/2025

Aceptado: 07/10/2025

RESUMEN

La biotecnología integra principios científicos y de ingeniería para emplear agentes biológicos en la producción de bienes y servicios. Este estudio tiene como objetivo describir el proceso de elaboración de un yogur probiótico suplementado con inulina como fuente de fibra dietaria. Los probióticos, definidos como microorganismos vivos que aportan beneficios a la salud cuando se consumen en cantidades adecuadas, mejoran la digestión, fortalecen el sistema inmune y contribuyen al equilibrio intestinal. Por su parte, la inulina, considerada un prebiótico, favorece el crecimiento de bacterias benéficas y mejora la funcionalidad del alimento. La metodología describe el cultivo de bacterias probióticas, la incorporación de inulina y el proceso de fermentación controlada, seguido del enfriamiento y envasado. Los resultados evidencian que el yogur enriquecido con inulina posee un mayor contenido de fibra, mejor viabilidad microbiana y propiedades funcionales superiores, convirtiéndose en un alimento con potencial para mejorar la salud intestinal y reducir el riesgo de enfermedades crónicas. Se destaca la importancia de la biotecnología en la innovación de productos lácteos funcionales y la necesidad de continuar evaluando parámetros de fermentación y calidad nutricional.

Palabras Clave: La biotecnología, yogur, prebiótico, fibra, sistema digestivo.

¹ INFOTEP- Colombia

* Autor de correspondencia: m.onate@infotep.edu.co

ABSTRACT

Biotechnology integrates scientific and engineering principles to employ biological agents in the production of goods and services. This study aims to describe the process of producing probiotic yogurt supplemented with inulin as a source of dietary fiber. Probiotics, defined as live microorganisms that provide health benefits when consumed in adequate amounts, improve digestion, strengthen the immune system, and contribute to intestinal balance. Inulin, a recognized prebiotic, promotes the growth of beneficial bacteria and enhances food functionality. The methodology describes the cultivation of probiotic bacteria, incorporation of inulin, controlled fermentation, cooling, and packaging. The results show that yogurt enriched with inulin presents a higher fiber content, improved microbial viability, and superior functional properties, making it a food with potential to improve intestinal health and reduce the risk of chronic diseases. The study highlights the relevance of biotechnology in the development of functional dairy products and the need for further evaluation of fermentation and nutritional quality parameters.

Keywords: biotechnology; yogurt; probiotics; inulin; dietary fiber.

INTRODUCCIÓN

La biotecnología ha desempeñado un papel fundamental en la transformación de los sistemas de producción de alimentos desde tiempos remotos, especialmente mediante el uso de procesos fermentativos que dieron origen a productos esenciales para la nutrición humana, como el yogur. Esta disciplina se basa en la utilización de organismos vivos o de sus componentes para generar bienes y servicios, lo que ha permitido avances significativos en la industria láctea y en otras áreas del sector alimentario (Martin, 2018).

La fermentación, uno de los procesos biotecnológicos más antiguos, ha contribuido no solo a mejorar la conservación e inocuidad de diversos alimentos, sino también a incrementar su valor nutricional y sensorial. La acción de microorganismos beneficiosos permite obtener productos más digeribles, con mejores características organolépticas y con propiedades funcionales que impactan positivamente en la salud del consumidor (Iranzo, 2015).

En este contexto, la biotecnología aplicada a los alimentos cobra relevancia al posibilitar la optimización y control de los procesos microbianos. Gracias al conocimiento científico moderno, técnicas tradicionales como la fermentación se han perfeccionado, permitiendo la innovación y el desarrollo de alimentos más seguros, nutritivos y adaptados a las necesidades actuales de la población (Gómez, 2020).

MARCO TEÓRICO

Biotecnología aplicada a la industria alimentaria

La biotecnología en el ámbito alimentario se fundamenta en la utilización de microorganismos y de sus procesos metabólicos para transformar materias primas en alimentos con valor agregado. Entre estos, los productos lácteos fermentados

como el yogur destacan al posibilitar la incorporación de probióticos y otros componentes funcionales que benefician la salud del consumidor (Martin, 2018; Parra Huertas, 2012).

Probióticos y su relevancia en la salud

Los probióticos se definen como microorganismos vivos que, cuando se consumen en cantidades adecuadas, confieren beneficios a la salud, especialmente en el ámbito gastrointestinal (Nyanzi et al., 2021). Entre sus efectos más destacados se encuentran:

- Mejora de la digestión
- Fortalecimiento del sistema inmunológico
- Contribución al equilibrio de la microbiota intestinal
- Prevención de enfermedades crónicas

Las cepas probióticas más empleadas pertenecen a los géneros *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, valoradas por su capacidad de resistir condiciones adversas del tracto gastrointestinal y colonizar el intestino (Ramírez et al., 2011).

Inulina como fibra prebiótica

La inulina es un carbohidrato de tipo fructano presente en diversas fuentes vegetales. Es considerada una fibra dietaria no digerible, lo que le permite actuar como prebiótico al promover el crecimiento de bacterias benéficas, especialmente lactobacilos y bifidobacterias (Shoaib et al., 2016).

Su incorporación en matrices alimentarias ofrece propiedades tecnológicas como:

- Capacidad gelificante
- Retención de agua
- Mejora de textura y viscosidad
- Incremento del valor nutricional

Además, contribuye a la regulación digestiva, al control metabólico y a la absorción de minerales como el calcio (Kamel et al., 2021; Khodear et al., 2018).

Proceso de fermentación láctica

La fermentación láctica constituye la base de la elaboración del yogur. Este proceso consiste en la conversión de lactosa en ácido láctico mediante la acción de bacterias ácido lácticas (BAL), principalmente *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (Romero & Arango, 2017).

Este proceso:

- Reduce el pH
- Inhibe microorganismos patógenos
- Genera la coagulación de proteínas
- Otorga textura y sabor característicos

El éxito de la fermentación depende de condiciones como temperatura, tiempo de incubación, pH inicial y calidad de la leche (Díaz et al., 2021).

Clasificación de la fermentación

Las técnicas de fermentación se clasifican en cuatro tipos principales: alcohólica, láctica, acética y butírica (Ondarse, 2021).

En el caso del yogur, la fermentación láctica es la responsable de la formación de ácido láctico y del desarrollo de características sensoriales y microbiológicas del producto final.

Las BAL pueden clasificarse en:

- **Homofermentativas:** producen principalmente ácido láctico
- **Heterofermentativas:** producen ácido láctico junto a otros compuestos

Ambas categorías contribuyen a mejorar la estabilidad y funcionalidad del alimento.

Proceso de elaboración de yogur probiótico enriquecido con inulina

La producción de yogur requiere la acción conjunta de *S. thermophilus* y *L. bulgaricus*, microorganismos que funcionan de manera simbiótica, estimulando mutuamente su crecimiento (López & Boronat, 2014).

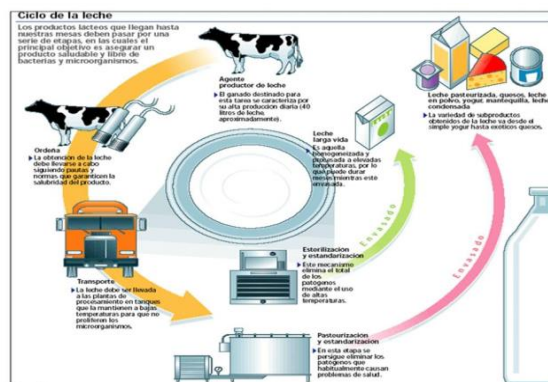
El proceso general incluye:

1. Pasteurización de la leche
2. Enfriamiento e inoculación de cultivos iniciadores
3. Adición de inulina
4. Fermentación controlada
5. Enfriamiento y envasado

La calidad del yogur depende de parámetros como temperatura (40–45 °C), tiempo de incubación (3–4 horas) y uso de estabilizantes que mejoran la viscosidad y apariencia del producto (Mendoza, 2021).

Figura 1.

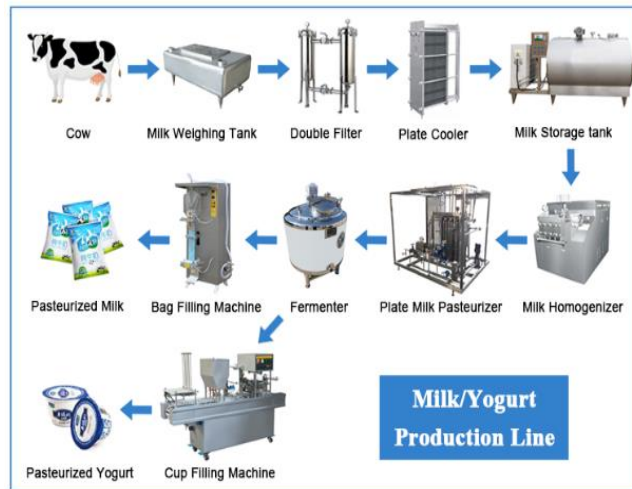
Mapa conceptual de industria láctea.



La figura 1. El estudio se centra en la distribución de la materia prima en la industria láctea, destacando el yogur como un subproducto principal. En esta industria, la leche es la materia prima fundamental, de la cual se obtienen diversos productos lácteos. El yogur se elabora a partir de la fermentación de la leche mediante bacterias específicas, y se considera un producto de gran valor nutricional.

Figura 2.

Diagrama de flujo de elaboración de Yogurt.



Aplicaciones biotecnológicas e innovación en la industria alimentaria

La biotecnología ha permitido innovar en la producción de alimentos funcionales mediante:

- Optimización de procesos fermentativos
- Selección de cultivos microbianos con propiedades específicas
- Incorporación de ingredientes funcionales como prebióticos y probióticos
- Desarrollo de productos sensorialmente diferenciados

La combinación de probióticos e inulina configura un alimento simbiótico capaz de mejorar el bienestar intestinal y responder a la demanda creciente de productos saludables (Sarwar et al., 2019).

Asimismo, la industria láctea enfrenta desafíos ambientales como consumo de agua y generación de residuos. Tecnologías como los biofiltros microbianos han demostrado eficacia en el tratamiento de efluentes y reducción de contaminantes (Naz et al., 2015; Prócel et al., 2016).

METODOLOGÍA

La elaboración del yogur probiótico enriquecido con inulina se fundamenta en un proceso biotecnológico que integra operaciones fisicoquímicas controladas y el uso de microorganismos específicos. Este proceso inicia con la selección y preparación de la materia prima láctea, la cual se somete a pasteurización, una etapa indispensable para garantizar la inocuidad del producto al eliminar microorganismos patógenos y reducir la carga microbiana inicial (Díaz et al., 2021).

Posteriormente, la leche pasteurizada se enfría hasta alcanzar la temperatura óptima de inoculación, momento en el cual se añaden los cultivos probióticos seleccionados, compuestos principalmente por cepas de *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, reconocidas por sus beneficios sobre la salud intestinal y su capacidad de colonizar el tracto digestivo (Ramírez et al., 2011). Estas cepas

fermentan la lactosa mediante rutas metabólicas específicas, generando ácido láctico y modificando las propiedades fisicoquímicas de la leche.

Simultáneamente, se incorpora inulina como fuente de fibra prebiótica. Este compuesto actúa como sustrato para los probióticos, favoreciendo su crecimiento y aumentando la funcionalidad del producto final. La adición de inulina se realiza previo a la fermentación para asegurar su dispersión homogénea y su interacción óptima con los microorganismos (Shoab et al., 2016).

Una vez inoculado el cultivo y añadida la inulina, la mezcla se somete a un proceso de fermentación controlada, manteniendo temperaturas entre 40 °C y 45 °C durante 3 a 4 horas. Durante esta fase, las bacterias transforman la lactosa en ácido láctico, lo que provoca la disminución del pH y la coagulación de las proteínas, generando la textura característica del yogur (Romero & Arango, 2017).

Al alcanzar el pH y la consistencia deseada, el producto se enfría rápidamente para detener la fermentación y preservar la viabilidad de los probióticos. Posteriormente, se procede al envasado aséptico en condiciones controladas para evitar contaminaciones externas y garantizar la estabilidad microbiológica y sensorial del producto.

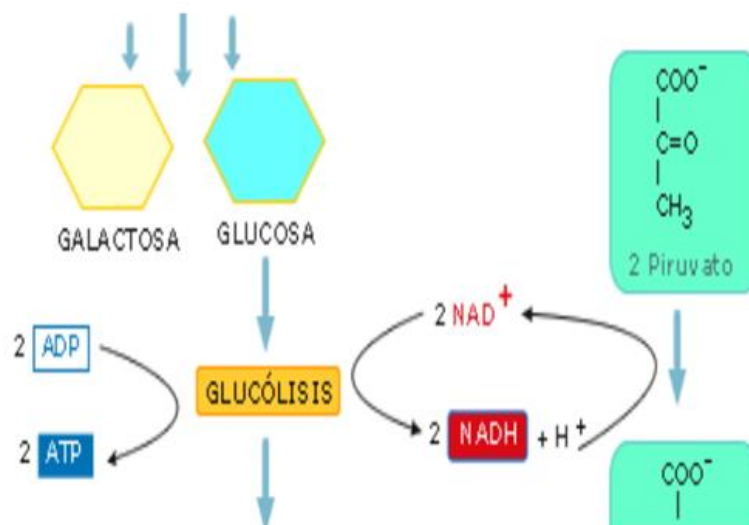
Finalmente, el yogur es sometido a controles de calidad, los cuales incluyen:

- Conteo de bacterias ácido lácticas viables
- Determinación del contenido de fibra
- Evaluación de pH y acidez titulable
- Análisis sensorial
- Medición de textura

Estos parámetros permiten asegurar que el alimento cumpla con las especificaciones técnicas exigidas por la industria y con los criterios de funcionalidad asociados a los probióticos y prebióticos (Nyanzi et al., 2021).

Figura 3.

Ruta metabólica de una bacteria ácido láctica.



La fermentación ácido láctica en la producción de yogur no solo aporta sabores y texturas característicos, sino que también reduce el pH, lo que inhibe el crecimiento de ciertos patógenos. Durante este proceso, las bacterias *Streptococcus* renuevan el oxígeno, mientras que los *Lactobacillus* transforman la lactosa en ácido láctico, lo que es crucial para la coagulación de la leche.

Cuando el pH se encuentra entre 5 y 6, la leche adquiere una consistencia semisólida, gracias a la formación de ácido láctico. Este cambio permite que las proteínas de la leche se agrupan, generando la fase coloidal deseada en el yogur, lo que contribuye a su textura final.

RESULTADOS

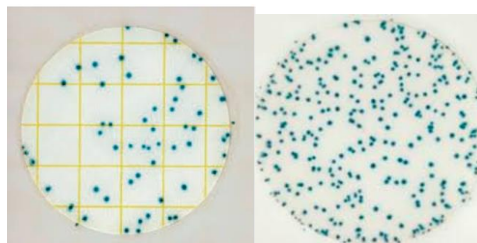
Los resultados obtenidos evidenciaron que la adición de inulina al yogur probiótico aportó beneficios significativos tanto a nivel nutricional como funcional. En primer lugar, se observó un incremento del contenido de fibra dietaria en el producto final, lo cual representa un valor añadido desde la perspectiva de la salud pública, dado que la fibra contribuye a mejorar el tránsito intestinal, regular la microbiota y reducir el riesgo de enfermedades metabólicas como obesidad y diabetes (Shoaib et al., 2016; Shang et al., 2018).

Asimismo, la inulina actuó como un prebiótico natural al estimular el crecimiento y la actividad de bacterias benéficas presentes en el yogur, especialmente cepas de *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, utilizadas durante el proceso de fermentación. Dichas bacterias demostraron una alta capacidad de supervivencia en el medio fermentado, reforzando su potencial probiótico y ampliando la funcionalidad del alimento. Estudios previos confirman que la presencia de inulina incrementa la viabilidad microbiana en productos lácteos fermentados, lo que mejora su impacto fisiológico en el consumidor (Kamel et al., 2021; Sarwar et al., 2019).

Desde el punto de vista tecnológico, la fermentación realizada en biorreactores permitió mantener un control preciso sobre variables críticas como temperatura, agitación, tiempo de incubación y pH. Este aspecto fue crucial para asegurar la consistencia del producto final, así como para optimizar el crecimiento de las cepas probióticas (Soukoulis et al., 2007). Los biorreactores también facilitaron la reducción del tiempo total de fermentación y posibilitaron la escalabilidad del proceso, un elemento indispensable para la producción industrial.

Figura 4.

Placa Petrifilm™ para el conteo de bacterias ácido lácticas.



En cuanto a los indicadores microbiológicos, el conteo de bacterias ácido lácticas mostró rangos óptimos de viabilidad, situándose entre 200 y 300 colonias por placa, lo cual cumple con los requisitos establecidos para productos probióticos. Las BAL se caracterizan por su capacidad para tolerar condiciones de acidez y permanecer activas durante la vida útil del producto, lo que garantiza que el consumidor obtenga los beneficios asociados a su ingesta (Ramírez et al., 2011).

Figura 5.

Biorreactor de acero inoxidable utilizado para la fermentación controlada.



Otro aspecto relevante corresponde a la incorporación de tecnologías limpias para el tratamiento de efluentes generados durante la producción. La industria láctea es una de las que mayor impacto ambiental genera debido a la elevada carga orgánica de sus residuos. Sin embargo, la implementación de biofiltros basados en microorganismos inmovilizados ha demostrado ser eficaz para la remoción de demanda biológica y química de oxígeno, grasas y nutrientes presentes en los líquidos residuales (Naz et al., 2015; Prócel et al., 2016). Estos sistemas representan una alternativa sostenible que minimiza el impacto ambiental del proceso productivo.

Desde la perspectiva normativa, los resultados del estudio resaltan la necesidad de cumplir con los lineamientos nacionales e internacionales sobre etiquetado, inocuidad y trazabilidad de alimentos funcionales. Legislaciones como la Resolución 810 de 2021 establecen requisitos claros para el rotulado de productos probióticos y prebióticos, garantizando información transparente y adecuada para el consumidor (Ministerio de Salud y Protección Social, 2021). Asimismo, los estándares del Codex Alimentarius ofrecen directrices para la clasificación y denominación de productos lácteos fermentados, lo cual es fundamental para asegurar la calidad y la correcta comercialización del yogur enriquecido con inulina (FAO/OMS, 2003; Codex, 2003).

En conjunto, los resultados indican que la incorporación de inulina y el uso de cultivos probióticos no solo mejoran las propiedades nutricionales y funcionales del yogur, sino que también potencian su aceptación sensorial y viabilidad industrial. Estas características posicionan al yogur probiótico enriquecido con inulina como un alimento altamente prometedor dentro del mercado de productos

funcionales, alineado con las tendencias actuales de consumo saludable e innovación biotecnológica.

CONCLUSIONES

La incorporación de inulina en la elaboración de yogur probiótico demostró beneficios significativos en la funcionalidad y valor nutricional del producto final. Como fibra dietaria con propiedades prebióticas, la inulina favoreció la proliferación de bacterias benéficas en el tracto intestinal, lo que contribuye a mejorar la salud digestiva del consumidor y a potenciar la acción de las cepas probióticas presentes en el yogur. Este efecto simbiótico incrementó la viabilidad microbiana y fortaleció las características funcionales del alimento.

Asimismo, el proceso de producción utilizando biorreactores permitió un control riguroso de las condiciones de fermentación, garantizando la estabilidad y actividad de los microorganismos probióticos. La fermentación estandarizada facilitó la obtención de un producto homogéneo y de alta calidad, optimizando los recursos operativos y reduciendo los tiempos del proceso. Estos elementos reafirman la importancia de la biotecnología aplicada como herramienta clave para la innovación en alimentos funcionales.

No obstante, los resultados también evidencian la necesidad de seguir desarrollando investigaciones que profundicen en el comportamiento de los probióticos en presencia de fibra prebiótica, así como en el impacto de diferentes parámetros tecnológicos en la calidad del producto final. Aspectos como la estabilidad durante el almacenamiento, la interacción entre compuestos funcionales y la percepción sensorial del consumidor requieren una evaluación continua.

Finalmente, se destaca la relevancia de cumplir con las normativas nacionales e internacionales relacionadas con la inocuidad alimentaria, el etiquetado nutricional y el uso de ingredientes funcionales. Asegurar la transparencia en la información ofrecida al consumidor y la calidad microbiológica del producto es fundamental para garantizar que los yogures probióticos enriquecidos con inulina cumplan con los estándares de seguridad y eficacia exigidos en el sector alimentario. En conjunto, este estudio reafirma el potencial del yogur probiótico con inulina como un alimento funcional de valor agregado y con amplias oportunidades de desarrollo en la industria láctea.

REFERENCIAS

- Díaz, H., Mora, L., Navarro, C., Navarro, S., & Pacheco, M. (2021). Effect of process variables on the physicochemical and rheological properties of yogurt. *Revista UDCA*, 24(1). <http://doi.org/10.31910/rudca.v24.n1.2021.1922>
- FAO/OMS Codex Alimentarius. (2003). *Norma para leches fermentadas CXS 243-2003*. FAO/WHO. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%3a%2f%2fworkspace.fao.org%2fsites%2fcodex%2fstandards%2fcxs%2b243-2003%2fcxs_243s.pdf
- Gómez, I. I. J. (2020). *Biotecnología microbiana: La importancia de continuar con la cacería de microbios implementando nuevas tecnologías*. <https://www.researchgate.net/publication/348554282>

- Iranzo, M. (2015). Yogur. <https://www.mariairanzobiotec.com/yogur/>
- Kamel, D. G., Hammam, A., Alsaleem, K. A., & Osman, D. M. (2021). Addition of inulin to probiotic yogurt: Viability of *Bifidobacterium bifidum* and sensory characteristics. *Food Science & Nutrition*, 9(3), 1743–1749. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2154>
- Khodear, M., Zayan, A., Tammam, A. A., & Mohran, M. A. (2018). Influence of adding inulin as a fat replacer on the characteristics of yoghurt. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 9(1), 13–17. <https://doi.org/10.21608/jfds.2018.34436>
- López, J., & Boronat, R. (2014). Microbiología básica del yogur como recurso en el laboratorio de educación secundaria. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (76), 80–86.
- Martin, M. (2018). Utilización biotecnológica de los microorganismos en la elaboración de productos alimentarios. <https://zaguan.unizar.es/record/77936>
- Mendoza Mendoza, R. E. (2021). Propiedades y características reológicas aplicadas en el yogur (Tesis de grado). Universidad Nacional de Chimborazo. http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/7629/1/Tesis_Mendoza_rosa_20_04_2021.pdf
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2021). Resolución 810 de 2021: Reglamento técnico sobre etiquetado nutricional. https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%20810%20de%202021.pdf
- Naz, I., Saroj, D. P., Mumtaz, S., Ali, N., & Ahmed, S. (2015). Assessment of biological trickling filter systems with various packing materials for improved wastewater treatment. *Environmental Technology*, 36(4), 424–434. <https://doi.org/10.1080/09593330.2014.951400>
- Nyanzi, R., Jooste, P. J., & Buys, E. M. (2021). Probiotic yogurt quality criteria, regulatory framework, clinical evidence, and analytical aspects. *Journal of Dairy Science*, 104(1), 1–19. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19116>
- Ondarse, D. (2021). Fermentación. <https://concepto.de/fermentacion/>
- Parra Huertas, R. A. (2012). Yogur en la salud humana. <http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/969/1/162-177.pdf>
- Prócel, D., Posligua, P., & Banchón, C. (2016). Biodegradación de contaminantes orgánicos de la industria láctea. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 3(1), 22–32. <https://revistas.upse.edu.ec/index.php/ct/article/view/67>
- Ramírez Ramírez, J. C., Rosas Ulloa, P. E., Velázquez González, M. Y., Ulloa, J. A., & Arce Romero, F. (2011). Bacterias lácticas: Importancia en alimentos y sus efectos en la salud. CONACYT. <https://www.conacyt.gob.mx>
- Romero, V., & Arango, J. (2017). Fermentación láctica en la producción del yogur. https://issuu.com/bibliotecaangloamericano/docs/fermentacion_lactica_en_la_produc
- Sarwar, A., Aziz, T., Al-Dalali, S., Zhao, X., Zhang, J., Ud Din, J., Chen, C., Cao, Y., & Yang, Z. (2019). Physicochemical and microbiological properties of synbiotic yogurt made with probiotic yeast *Saccharomyces boulardii* in combination with inulin. *Foods*, 8(10), 468. <https://doi.org/10.3390/foods8100468>
- Shang, H. M., Zhou, H. Z., Yang, J. Y., Li, R., Song, H., & Wu, H. X. (2018). In vitro and in vivo antioxidant activities of inulin. *PLOS ONE*, 13(2), e0192273. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192273>
- Shoaib, M., Shehzad, A., Omar, M., Rakha, A., Raza, H., Sharif, H. R., ... Niazi, S. (2016). Inulin: Properties, health benefits and food applications. *Carbohydrate Polymers*, 147, 444–454. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.04.020>
- Soukoulis, C., Panagiotidis, P., Koureli, R., & Tzia, C. (2007). Industrial yogurt manufacture: Monitoring of fermentation process and improvement of final product quality. *Journal of Dairy Science*, 90(6), 2641–2654. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-802>