

Aplicaciones De La Bioquímica En La Ingeniería De Alimentos

Applications Of Biochemistry In Food Engineering

Aplicações Da Bioquímica Na Engenharia De Alimentos

**Becerra-Peluffo Valeria¹ ; Coronel- Arévalo Saray¹ ;Orozco-Ventura Melany¹ ;
Pérez-Narváez Valeria¹ ;*León-Méndez Glicerio²**

¹ Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, Programa Ingeniería de Alimentos, Cartagena, Colombia. ✉

Correo electrónico: Vbecerrap@unicartagena.edu.co  <https://orcid.org/0009-0003-4184-9844>; ✉ Correo electrónico: scoronela@unicartagena.edu.co  <https://orcid.org/0009-0005-3738-8699>; ✉ Correo electrónico: morozcov2@unicartagena.edu.co  <https://orcid.org/0009-0004-4560-5799>; ✉ Correo electrónico: vperezn@unicartagena.edu.co  <https://orcid.org/0009-0006-9750-8952>

² Centro de Comercio y Servicios, Regional Bolívar, SENA, Grupo de Investigación en Innovación y Biotecnología (GIBEI). Cartagena, Colombia.* ✉ Correo electrónico: Gleonm1@unicartagena.edu.co; *  <https://orcid.org/0000-0002-9899-5872>

Recibido: febrero 18 de 2025; Aprobado: junio 10 de 2025; Publicado: junio 28 de 2025

RESUMEN

La bioquímica, como disciplina central en la ingeniería de alimentos, permite comprender los procesos químicos y biológicos que determinan la calidad, funcionalidad y seguridad alimentaria. Su objetivo principal es aplicar este conocimiento para desarrollar productos innovadores, mejorar procesos industriales y garantizar alimentos nutritivos y seguros. En este contexto, se aborda el impacto de procesos bioquímicos clave como la oxidación lipídica, las reacciones de Maillard y la retrogradación del almidón en la calidad sensorial y nutricional. Además, el uso de enzimas como catalizadores biológicos optimiza etapas como la fermentación, la producción de lácteos y la panificación, mientras que tecnologías avanzadas como la

inmovilización enzimática mejoran su sostenibilidad. En el desarrollo de alimentos funcionales, los compuestos bioactivos como probióticos y antioxidantes aportan beneficios específicos a la salud, destacándose ejemplos de innovación en América Latina. En cuanto a conservación y seguridad, se emplean biosensores, antimicrobianos y biopelículas activas para detectar y controlar microorganismos y contaminantes. Finalmente, tecnologías como la alta presión hidrostática y el microencapsulado permiten preservar nutrientes y propiedades sensoriales en el procesamiento. Así, la bioquímica aplicada asegura productos que responden a las necesidades del mercado, promoviendo sostenibilidad, salud y calidad alimentaria.

*Autor a quien debe dirigirse la correspondencia León-Méndez Glicerio²E-mail: Gleonn1@unicartagena.edu.co;



Palabras clave: Bioquímica, enzimas, seguridad alimentaria, sostenibilidad.

ABSTRACT

Biochemistry, as a central discipline in food engineering, allows us to understand the chemical and biological processes that determine food quality, functionality and safety. Its main objective is to apply this knowledge to develop innovative products, improve industrial processes and guarantee nutritious and safe food. In this context, the impact of key biochemical processes such as lipid oxidation, Maillard reactions and starch retrogradation on sensory and nutritional quality is addressed. Furthermore, the use of enzymes as biological catalysts optimizes stages such as fermentation, dairy production and baking, while advanced technologies such as enzymatic immobilization improve their sustainability. In the development of functional foods, bioactive compounds such as

probiotics and antioxidants provide specific health benefits, highlighting examples of innovation in Latin America. In terms of conservation and safety, biosensors, antimicrobials and active biofilms are used to detect and control microorganisms and contaminants. Finally, technologies such as high hydrostatic pressure and microencapsulation allow nutrients and sensory properties to be preserved in processing. Thus, applied biochemistry ensures products that respond to market needs, promoting sustainability, health and food quality.

Keywords: Biochemistry, enzymes, food safety, sustainability.

RESUMO

A bioquímica, como disciplina central da engenharia alimentar, permite-nos compreender os processos químicos e biológicos que determinam a qualidade, funcionalidade e segurança dos alimentos. Seu principal objetivo é aplicar esse conhecimento para desenvolver produtos inovadores, melhorar processos industriais e garantir alimentos nutritivos e seguros. Neste contexto, é abordado o impacto dos principais processos bioquímicos, como a oxidação lipídica, as reações de Maillard e a retrogradação do amido na qualidade sensorial e nutricional. Além disso, o uso de enzimas como catalisadores biológicos otimiza etapas como fermentação, produção de laticínios e panificação, enquanto tecnologias avançadas como a imobilização enzimática melhoram a sua sustentabilidade. No desenvolvimento de alimentos funcionais, compostos bioativos como probióticos e antioxidantes proporcionam benefícios específicos à saúde, destacando exemplos de inovação na América Latina. Em termos de

conservação e segurança, biossensores, antimicrobianos e biofilmes ativos são utilizados para detectar e controlar microrganismos e contaminantes. Por fim, tecnologias como alta pressão hidrostática e microencapsulação permitem que nutrientes e propriedades sensoriais sejam preservados no processamento. Assim, a bioquímica aplicada garante produtos que respondem às necessidades do mercado, promovendo a sustentabilidade, a saúde e a qualidade alimentar.

Palavras-chave: Bioquímica, enzimas, segurança alimentar, sustentabilidade.

Introducción

La bioquímica es una ciencia que se encuentra en el núcleo de múltiples disciplinas, entre ellas la ingeniería de alimentos, donde desempeña un papel clave en la mejora de procesos, el desarrollo de productos y la garantía de calidad y seguridad alimentaria (Pineda Ochoa, et al., 2022). Al comprender las reacciones químicas y biológicas que ocurren en los alimentos, los ingenieros son capaces de diseñar y optimizar procedimientos que no solo preserven las propiedades nutritivas de los productos, sino que también mejoren su funcionalidad y aceptación por parte de los consumidores (Prieto-Tapias, et al., 2023).

El estudio de la bioquímica aplicada a los

alimentos abarca una amplia gama de áreas, como los procesos de calidad, el uso de enzimas en la industria, el desarrollo de alimentos funcionales y los métodos de conservación y seguridad alimentaria (Corrales-Cardona y Silva-Díez, 2020).

Según Sánchez et al. (2021), esta integración permite abordar los desafíos actuales de la industria alimentaria, desde la estabilidad de los productos durante su almacenamiento hasta el impacto de las condiciones de procesamiento en sus características sensoriales y nutricionales.

En este artículo, se abordarán los diversos aspectos que relacionan la bioquímica con la ingeniería de

alimentos, destacando su importancia en áreas clave como la calidad alimentaria, el uso de enzimas, el desarrollo de alimentos funcionales y la conservación. Asimismo, se presentarán ejemplos prácticos que ilustran cómo el conocimiento bioquímico contribuye al avance de esta industria, garantizando productos más seguros, innovadores y adaptados a las necesidades del mercado actual (Púa osado, et al., 2022; Flórez Mogollón y Ochoa A., 2022).

Importancia de la bioquímica en la ingeniería alimentos

Procesos bioquímicos de calidad alimentaria. La calidad alimentaria depende en gran medida de los procesos bioquímicos que ocurren durante el procesamiento, almacenamiento y distribución de los alimentos. Estas interacciones químicas y biológicas determinan las propiedades físicas, organolépticas y nutricionales de los productos, lo que impacta directamente en su aceptación por parte del consumidor.

Uno de los principales procesos es la oxidación lipídica, una reacción que ocurre cuando los lípidos insaturados en los alimentos reaccionan con el oxígeno, formando compuestos como hidroperóxidos y aldehídos. Esto genera sabores y olores desagradables, además

de una pérdida significativa del valor nutricional de los alimentos, particularmente en aquellos ricos en grasas. Para mitigar este deterioro, se aplican estrategias como el uso de antioxidantes naturales y la modificación de las condiciones de almacenamiento (Castro-Torres, et al., 2024; Blanco-Acosta, et al., 2023; Choe y Min, 2020). Otra reacción clave es la degradación de carbohidratos, especialmente durante el almacenamiento prolongado. Por ejemplo, la retrogradación del almidón, un fenómeno que ocurre en productos horneados como panes y pasteles, afecta la textura y reduce la vida útil del alimento. El estudio de estos procesos permite a los ingenieros de alimentos desarrollar métodos para estabilizar las propiedades estructurales y sensoriales (Daza Orsini, y Parra Aparicio, 2021; Damodaran et al., 2017).

Asimismo, las modificaciones proteicas, como la desnaturalización y las interacciones entre proteínas y otros compuestos, son fundamentales en alimentos procesados. Estas reacciones pueden mejorar la funcionalidad de las proteínas en productos cárnicos o lácteos, pero si no se controlan adecuadamente, pueden llevar a pérdidas nutricionales o alteraciones en la textura (Gélvez-Ordoñez et al., 2023;

Calsada-Urbe et al., 2022).

Finalmente, el control de las reacciones de Maillard, una interacción entre azúcares reductores y aminoácidos, es vital para garantizar la calidad sensorial de alimentos como panes, carnes y productos horneados. Este proceso contribuye al desarrollo de sabores, aromas y colores deseados, pero también puede generar compuestos tóxicos si las condiciones no se optimizan (Sánchez et al., 2021). Los procesos bioquímicos son esenciales para garantizar y mejorar la calidad alimentaria. Su estudio y control permiten a la ingeniería de alimentos diseñar productos que no solo sean seguros, sino también atractivos y nutritivos para el consumidor final.

Enzimas en el procesamiento de alimentos. Las enzimas son catalizadores biológicos esenciales en el procesamiento de alimentos, ya que permiten reacciones específicas con alta eficiencia y bajo impacto ambiental. Su aplicación mejora la calidad, funcionalidad y sostenibilidad en diversas etapas de producción.

En la industria, las enzimas como las amilasas, proteasas y lipasas optimizan procesos como la fabricación de pan, el ablandamiento de carnes y la producción de lácteos fermentados. Por ejemplo, las

amilasas mejoran la textura y volumen del pan al degradar almidones, mientras que las proteasas se utilizan para hidrolizar proteínas y generar productos como quesos o suplementos proteicos.

Asimismo, las enzimas contribuyen al desarrollo de alimentos funcionales, como la lactasa, que permite la producción de lácteos sin lactosa. Además, tecnologías como la inmovilización de enzimas han incrementado su estabilidad y reutilización en procesos industriales, reduciendo costos y desechos.

Las enzimas desempeñan un papel crucial en la reducción de contaminantes y la producción sostenible, al reemplazar procesos químicos intensivos con alternativas biológicas más seguras y eficientes.

Desarrollo de alimentos funcionales.

Los alimentos funcionales son aquellos que, además de cumplir funciones nutricionales básicas, contienen componentes bioquímicos activos que benefician funciones fisiológicas específicas del organismo, mejorando la salud o reduciendo el riesgo de enfermedades (Fuentes-Berrío, Acevedo-Correa, y Gelvez-Ordóñez, 2015). Este concepto, que tuvo su origen en Japón en los años 80 con los *Foods for Specified*

Health Use (FOSHU), resalta el valor añadido de los alimentos procesados que van más allá del contenido nutricional básico para promover el bienestar humano (Arias Palma, G., et al., 2021); Fuentes-Berrío et al., 2015).

La bioquímica juega un papel central en este campo interdisciplinario al investigar la estructura y función de los compuestos bioactivos en los alimentos y su interacción con los sistemas biológicos del organismo. Este conocimiento ha permitido avances significativos en el desarrollo de alimentos funcionales.

El mercado de alimentos funcionales ha mostrado un crecimiento considerable en los últimos años, alcanzando valores estimados de **\$167 mil millones**, con tasas anuales del 48% (Lorenzo Fuentes-Berrío et al., 2015). Este auge ha sido impulsado por el descubrimiento y la aplicación de compuestos funcionales como fitoesteroles, fibras, probióticos y antioxidantes.

Desde la perspectiva bioquímica, los fitoesteroles son un ejemplo destacado: su similitud estructural con el colesterol les permite reducir sus niveles en sangre mediante la inhibición de su absorción intestinal, logrando disminuciones de hasta el 9% en el colesterol LDL

(Fuentes-Berrío et al., 2015).

En Colombia, algunas empresas han incorporado conocimientos bioquímicos en el desarrollo de alimentos funcionales. Por ejemplo, una compañía desarrolló una bebida láctea enriquecida con microorganismos diseñados para fortalecer el sistema inmunológico, resultado de una década de investigación. También introdujo productos centrados en la salud digestiva y alimentos enriquecidos con fibra y hierro, adaptados al mercado nacional (Fuentes-Berrío et al., 2015). Otra empresa invirtió significativamente en infraestructura para la producción de yogures funcionales y presentó productos que incluyen un ingrediente funcional reconocido por su capacidad para reducir el colesterol (Fuentes-Berrío et al., 2015).

El estudio bioquímico de los componentes funcionales ha permitido avanzar en la prevención de enfermedades crónicas. Compuestos como los ácidos grasos poliinsaturados (DHA y EPA) se integran en las membranas celulares, donde promueven procesos antiinflamatorios y benefician la salud cardiovascular.

Otros componentes funcionales, como la fibra dietética y los antioxidantes, también

han sido ampliamente estudiados por su papel en la regulación de la glucosa y el colesterol en sangre, además de su capacidad para proteger contra el estrés oxidativo y ciertos tipos de cáncer, como el de colon (Fuentes-Berrío et al., 2015).

En América Latina, Brasil lidera el desarrollo de alimentos funcionales con regulaciones que exigen evidencia científica para respaldar las afirmaciones sobre beneficios para la salud (Lorenzo Fuentes-Berrío et al., 2015). En contraste, en países como Colombia, aunque se han implementado normativas parciales como la Resolución 333 de 2011, aún falta una regulación integral que promueva la investigación y el desarrollo en este campo.

Conservación y seguridad alimentaria.

La seguridad alimentaria es un área clave en la ingeniería de alimentos, ya que busca prevenir enfermedades relacionadas con el consumo de alimentos contaminados y proteger la salud pública. (Cruz Villamizar, et al., 2022). Desde la perspectiva bioquímica, se abordan diferentes enfoques para garantizar alimentos inocuos, como el control de microorganismos, la detección de contaminantes y la neutralización de toxinas:

El control de microorganismos

patógenos como *Salmonella*, *Escherichia coli* y *Listeria monocytogenes* se logra mediante procesos que afectan su metabolismo bioquímico. Por ejemplo, la acidificación de alimentos con ácido láctico o cítrico interfiere en la síntesis de proteínas y ADN bacteriano, reduciendo su viabilidad. Además, se han desarrollado técnicas como el uso de péptidos antimicrobianos (AMP) que destruyen la membrana celular de los microorganismos, evitando su proliferación (Barbosa-Cánovas et al., 2019). La bioquímica ha permitido desarrollar biosensores basados en enzimas, ADN o anticuerpos específicos que detectan en tiempo reales contaminantes como pesticidas, toxinas o microorganismos. Por ejemplo, los inmunoensayos enzimáticos (ELISA) permiten identificar rápidamente toxinas como las aflatoxinas en productos agrícolas, lo que ayuda a prevenir su ingreso a la cadena alimentaria (Buelvas Jiménez, 2021; Sharma et al., 2020).

La bioquímica también contribuye a reducir riesgos asociados con toxinas naturales como las producidas por mohos (micotoxinas) o algas (biotoxinas marinas). Se han desarrollado técnicas para inactivar estas toxinas mediante procesos químicos o físicos. Por ejemplo,

la desnaturalización térmica puede reducir la toxicidad de algunas proteínas alergénicas en alimentos como cacahuates y mariscos (Jay et al., 2022).

Un área de innovación es el desarrollo de materiales bioquímicamente activos para el embalaje de alimentos. Las biopelículas antimicrobianas contienen compuestos naturales, como extractos de plantas o enzimas, que inhiben el crecimiento bacteriano en la superficie de los alimentos. Estos materiales han demostrado ser efectivos para extender la vida útil de productos como carnes y quesos, mejorando su seguridad (Gutiérrez et al., 2021).

Impacto de las condiciones de procesamiento. El proceso de elaboración de alimentos juega un rol crucial en la industria de la alimentación, asegurando la seguridad microbiana, la calidad sensorial y el valor nutricional de los productos. En este campo, la bioquímica se presenta como un instrumento científico crucial, pues facilita entender, anticipar y regular los impactos de elementos físicos, tales como la temperatura, el pH y la presión, en los componentes de la alimentación. Estas variables resultan esenciales ya que afectan directamente la estabilidad, funcionalidad y biodisponibilidad de los

nutrientes y compuestos bioactivos que se encuentran en los alimentos (Villamil et al., 2020).

Un ejemplo representativo de esta interacción es la pasteurización. Este proceso térmico, ampliamente utilizado en la industria de los lácteos, consiste en la aplicación controlada de calor para eliminar microorganismos patógenos y reducir la carga microbiana sin comprometer las propiedades nutricionales y organolépticas del producto. Durante este proceso, la desnaturalización de proteínas es un fenómeno clave. Este cambio estructural en las proteínas garantiza la inactivación de microorganismos y enzimas perjudiciales, proporcionando seguridad microbiológica sin afectar significativamente la calidad del alimento (López-Fandiño et al., 2007). Además, la pasteurización ha demostrado ser eficaz para preservar compuestos bioactivos, como los péptidos derivados de proteínas lácteas, que contribuyen a efectos beneficiosos en la salud, como la regulación de la presión arterial y la mejora de la función inmune (Parisi et al., 2016).

Asimismo, el pH y la presión ejercen efectos significativos en los sistemas alimentarios. Por ejemplo, el ajuste del

pH en la fabricación de quesos influye en la formación de micelas de caseína y, por ende, en la textura y funcionalidad del producto final. Por otro lado, el uso de tecnologías emergentes como la alta presión hidrostática (APH) ha ganado relevancia debido a su capacidad para inactivar microorganismos y enzimas sin necesidad de altas temperaturas, preservando mejor los atributos sensoriales y nutricionales de los alimentos (Knorr et al., 2011). Estas tecnologías, basadas en principios bioquímicos, ofrecen alternativas prometedoras para el desarrollo de alimentos funcionales y mínimamente procesados, que responden a las demandas de consumidores que priorizan la salud y la sostenibilidad.

El conocimiento bioquímico también permite mejorar la estabilidad de los compuestos sensibles durante el procesamiento. Por ejemplo, la vitamina C y los polifenoles, esenciales por sus propiedades antioxidantes, pueden degradarse bajo ciertas condiciones térmicas. Sin embargo, el uso de técnicas avanzadas, como el microencapsulado, ayuda a proteger estos compuestos frente a la oxidación y otros factores degradantes, asegurando su eficacia funcional en el producto final (Pinchao López, et al., 2024; Gómez-Mascaraque

et al., 2016).

Estudios de caso

La oxidación lipídica en productos cárnicos. Un estudio reciente evaluó el impacto de antioxidantes naturales, como el extracto de romero, en la conservación de embutidos. Los compuestos fenólicos presentes en este extracto inhibieron la oxidación de lípidos y preservaron el color y sabor del producto durante el almacenamiento prolongado (Torrenegra-Alarcon, et al., 2024; Estévez et al., 2021).

Inhibición del pardeamiento enzimático en frutas. El pardeamiento enzimático, causado por la polifenoloxidasas, afecta la apariencia y calidad de frutas frescas como manzanas y papas. Investigaciones han demostrado que la combinación de tratamientos térmicos suaves y el uso de ácido ascórbico disminuyen significativamente este fenómeno, preservando tanto el color como el contenido nutricional del producto (Martínez & Whitaker, 2020).

Detección de contaminación bacteriana en alimentos lácteos. La aplicación de biosensores en la industria láctea permite detectar *Escherichia coli* y otras bacterias patógenas en tiempo real. Estos dispositivos, basados en enzimas que reaccionan con metabolitos bacterianos,

mejoran la precisión de los análisis microbiológicos, reduciendo riesgos de

intoxicación alimentaria (Velusamy et al., 2022).

CONCLUSIONES

La bioquímica desempeña un papel fundamental en la resolución de desafíos relacionados con la conservación y la seguridad alimentaria en la ingeniería de alimentos. Su integración no solo permite extender la vida útil de los productos, sino también salvaguardar la salud del consumidor mediante el desarrollo de tecnologías avanzadas. Gracias a la investigación constante, los ingenieros de alimentos pueden implementar soluciones más eficientes y sostenibles, transformando la industria alimentaria.

Como base científica de la ingeniería de alimentos, la bioquímica demuestra su importancia al vincular procesos moleculares con soluciones prácticas. Su aplicación en áreas como la optimización de procesos, el desarrollo de alimentos funcionales y la conservación segura mejora tanto la calidad como la funcionalidad de los productos, al tiempo

que responde a las crecientes demandas de sostenibilidad y salud en el mercado actual.

Tecnologías innovadoras, como los biosensores y los sistemas enzimáticos, representan avances significativos para garantizar la seguridad alimentaria y reducir el impacto ambiental. Asimismo, el desarrollo de compuestos bioactivos y métodos de conservación más eficientes refuerza la relevancia de esta disciplina en la creación de alimentos nutritivos y atractivos desde el punto de vista sensorial.

Por lo tanto, la bioquímica continúa siendo un pilar esencial para el progreso y la innovación en la ingeniería de alimentos, promoviendo una industria más responsable, centrada en las necesidades del consumidor y comprometida con la sostenibilidad ambiental.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad de Cartagena y SENA en especial al Centro de Comercio – Regional Bolívar

(SENNOVA), por facilitar espacios, recursos y tiempo de los investigadores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias Palma, G., & Moreano Terán, N. Silva Paredes Jenny. (2021). Aprovechamiento del lactosuero en la industria. *@limentech, Ciencia Y Tecnología Alimentaria*, 19(1), 36–54. <https://doi.org/10.24054/limentech.v19i1.1409>
- Barbosa-Cánovas, GV, Fontana, AJ, Schmidt, SJ, & Labuza, TP (2019). *Actividad del agua en alimentos: fundamentos y aplicaciones*. John Wiley & Sons.
- Blanco- Acosta, P., Lozano, A., Granados-Conde, C., Pastrana-May, G., Medina-Peñaranda, M., & León-Méndez, G. (2023). Evaluación de la actividad antioxidante del extracto de gulupa (*passiflora edulis f. edulis*) y su evaluación en la elaboración un yogurt helado. *@limentech, Ciencia Y Tecnología Alimentaria*, 21(2), 169–178. <https://doi.org/10.24054/limentech.v21i2.2859>
- Buelvas Jiménez, M. (2021). Importancia de los factores climáticos en el cultivo de arroz. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 6(1), 28–34. <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/rcyta/article/view/1080/1164>
- Calsada Uribe Nataly Jullyet.; Caballero Pérez Luz Alba; Soto Tolosa Erika Paola. (2022). Elaboración de una barra proteica con recubrimiento de un gel energético a base de café. *Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 20 N° 2. Pp: 5 - 23. <https://doi.org/10.24054/limentech.v20i2.2282>
- Castro-Torres, Amy Natalia; Rodríguez-Leal, Miller Santiago; Farias-Campomanes, Angela María; Colina-Moncayo, Jhoana Yamilet. (2024). Determinación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el proceso de obtención de guarapo de piña (*Ananas Comosus*). *Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 22 N° 1. Pp: 61 -83. <https://doi.org/10.24054/limentech.v22i1.2863>
- Choe, E., & Min, D. B. (2020). Mechanisms and factors for edible oil oxidation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*,

- 5(4), 169-186.
<https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2006.00009.x>
- Corrales-Cardona, Jhoan E.; Silva-Díez, María P. (2020). Evaluación de la estabilidad de probióticos lactospore® en pulpa de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) variedad amarillo común, deshidratada por ventana refractiva. Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN 1692-7125 ISSN Impreso 1692-7125./ ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 18 N° 1. Pp: 34 – 44. DOI: <https://doi.org/10.24054/limentech.v18i1.320>
- Cruz Villamizar, D. V., Rodríguez Ospino, P. P., Castellanos González, L. & Céspedes Novoa, N.. E. (2022). Validación de una tecnología en producción limpia de fresa a pequeña escala en la finca Sol Vida del municipio de Pamplona, Norte de Santander. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 7(1), 3-18. <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/rcyta/article/view/2769/3963>
- Damodaran, S., Parkin, K. L., & Fennema, O. R. (2017). Fennema's Food Chemistry. CRC Press.
- Daza Orsini, Sandra Milena; Parra Aparicio, Gina Patricia. (2021). Espectroscopia de infrarrojo con transformada de fourier (FT-IR) para análisis de muestras de harina de trigo, fécula de maíz y almidón de yuca. Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 19 N° 1. Pp: 5 -16. <https://doi.org/10.24054/limentech.v19i1.1407>
- Estévez, M., Ventanas, S., & Heinonen, M. (2021). Oxidación de lípidos y proteínas en sistemas cárnicos: toxicidad y estrategias antioxidantes. *Meat Science*, 181, 108601. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108601>
- Flórez Mogollón, D. A. & Ochoa, A. (2022). Diagnóstico de Buenas Prácticas Agrícolas y Ambientales en los sistemas productivos de papa y durazno de tres veredas del municipio de Chitagá, Norte de Santander. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 7(1), 19-27. <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/rcyta/article/view/2776/3964>
- Fuentes-Berrío, L., Acevedo-Correa, D., & Gelvez-Ordóñez, V. M. (2015). Los alimentos funcionales: una solución factible para prevenir enfermedades

- cardiovasculares. *Revista Bioagro*, 13 (2), 81-89. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612015000200016
- Gélvez-Ordoñez Víctor Manuel; Rolón-Moreno Ana-Milena; Caballero-Pérez Luz Alba. (2023). Pretratamiento con campo magnético en la fermentación de emulsiones de carne de cerdo. *Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 21 N° 1. Pp.: 69 - 90. <https://doi.org/10.24054/limentech.v21i1.2367>
- Gómez-Mascaraque, L. G., Pérez-Masiá, R., & Lagaron, J. M. (2016). Recent advances in the encapsulation of bioactive compounds in food matrices through biopolymeric- based systems. *Food Hydrocolloids*, 51, 442–452. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.05.033>
- Gutiérrez, TJ, Morales, NJ, Pérez, CJ, & Rojas, A. (2021). Avances en materiales de envasado bioactivos: propiedades antimicrobianas y antioxidantes. *Food Packaging and Shelf Life*, 27, 100624. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100624>
- Izaguirre-Pérez Marian Eliza; Figueroa-Andrade Patricia; Molina-Noyola Leonardo Daniel; Ramos Ibarra María Luisa; Torres-Bugarín Olivia. (2022). La espirulina como súper alimento: usos y beneficios. *Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 20 N° 2. Pp: 85 – 102. <https://doi.org/10.24054/limentech.v20i2.2271>
- Jay, JM, Loessner, MJ y Golden, DA (2022). *Microbiología alimentaria moderna* (12.^a ed.). Springer.
- Knorr, D., Heinz, V., & Buckow, R. (2011). High pressure application for food biopolymers. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects*, 1804(4), 699– 705. <https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2010.07.026>
- Las enzimas en la industria alimenticia. (s. f.). Site_Name. <https://argenbio.org/biotecnologia/aplicaciones-de-la-biotecnologia/168-las-enzimas-en-la-industria-alimenticia>
- López-Fandiño, R., Otte, J., & van Camp, J. (2007). Physiological, chemical and

- technological aspects of milk-protein-derived peptides with antihypertensive and ACE- inhibitory activity. *International Dairy Journal*, 16(11), 1277–1293.
<https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2006.06.004>
- Martín, F. (2016, 4 mayo). Las enzimas de los alimentos: ¿qué son, para qué sirven y cuáles sus aplicaciones? (I). *restauracioncolectiva.com*.
<https://www.restauracioncolectiva.com/n/las-enzimas-de-los-alimentos-que-son-para-que-sirven-y-cuales-sus-aplicaciones-i>
- Martínez, MV, & Whitaker, JR (2020). Bioquímica y control del pardeamiento enzimático. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 28 (1), 43-70.
<https://doi.org/10.1080/10408399009527517>
- Parisi, M. C., Ribeiro, S. M. R., & Moura, L. L. (2016). Functional dairy products: New perspectives for the development of probiotic and prebiotic formulations. *Food Research International*, 90, 35–44.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.05.037>
- Pinchao López, J. C., & Viteri Álava, C. del S. (2024). Evaluación de las características sensoriales de un queso fresco con aceite microencapsulado de microalga *parachlorella kessleri*. *Revista @limentech, Ciencia Y Tecnología Alimentaria*, 22(1), 26–42.
<https://doi.org/10.24054/limentech.v22i1.2861>
- Pineda Ochoa, C., Amesty Castro, J. Á., González García, H., Hernández Suárez, H., Rosales Rodríguez, L. Y. & Parra Ramírez, K. S. (2022). Calidad bromatológica y organoléptica del ensilaje de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) con la aplicación de inoculantes microbianos. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 7(2), 63-67.
<https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/rcyta/article/view/2817/5627>
- Prieto-Tapias, Marcela J; Fuenmayor, Carlos Alberto; Fernández-Aleán, Margarita; Navas-Guzmán, Norleyn. (2023). Productos alimenticios con adición de harina de ahuyama (*cucurbita moschata*) como contribución al consumo de vitamina A. *Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 21 N° 2. Pp: 5 – 21.
<https://doi.org/10.24054/limentech.v21i2.2604>

- Púa Rosado Amparo Luz; Torregrosa Romero Carolina; Torres Barraza Elverling; Barreto Rodríguez Genisberto Enrique; Marsiglia Fuentes Ronald. (2022). Propiedades reológicas de un producto de galletería a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*). Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 20 N° 2. Pp: 24 -40.
- Sánchez, L., Martínez, A., & Pérez, R. (2021). Reacciones bioquímicas en alimentos: Calidad y seguridad. Journal of Food Chemistry and Safety, 9(2), 87-98.
- Sharma, K., Mahajan, R. y Singh, D. (2020). Métodos de bioensayo para la detección de residuos de pesticidas en productos alimenticios. Food Analytical Methods, 13 (3), 591- 605 .
<https://doi.org/10.1007/s12161-019-01592-w>
- Singh, RP, y Heldman, DR (2014). *Introducción a la ingeniería alimentaria* (5.ª ed.). Academic Press.
https://www.researchgate.net/publication/287278900_Introduction_to_food_engineering_Fifth_edition
- Torrenegra-Alarcon Miladys; Hernández-Santos Ruth; Granados-Llamas Edgard; Bastidas-Guarnizo Camilo; León-Méndez Glicerio; Granados-Conde Clemente; De La Espriella-Angarita Stephanie. (2024). Especies Vegetales Con Potencial Antioxidante en la Innovación de Productos Cárnicos Procesados: Una Revisión. Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 22 N° 1. Pp: 295-311.
<https://doi.org/10.24054/limentech.v22i1.3185>
- Velusamy, V., Arshath , M., Kumar, PS y Dhandapani, R. (2022) . Biosensores en seguridad alimentaria: avances recientes y desafíos futuros. *Tendencias en ciencia y tecnología de los alimentos*, 122, 58-74.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.03.012>
- Villamil, R. A., Robelto, G. E., Mendoza, M. C., Guzmán, M. P., Cortés, L. Y., Méndez, C. A., & Giha, V. (2020). Desarrollo de productos lácteos funcionales y sus implicaciones en la salud: Una revisión de literatura. *Revista Chilena de Nutrición*, 47(6), 1018–1032.
https://scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182020000601018