

Química de los Alimentos

La ciencia de la alimentación

QUÍMICA DE LOS ALIMENTOS



Química de los Alimentos

La ciencia de la alimentación

Diana Valentina Vargas Vargas
Génesis Nathaly Cantillo Holguín
Gustavo Elías Martínez Valenzuela
Raul Ricky Minchala Hidalgo
Lady Maria Gaibor Vallejo
Pablo Juan Nuñez Rodríguez
Manuel Ignacio Cando Diaz
Ana María Mendoza Rivadeneira
Manuel Oswaldo Santander Villao
Sara Pilar Aucancela Sanchez

Autores Investigadores



Química de los Alimentos

La ciencia de la alimentación

AUTORES

INVESTIGADORES

Diana Valentina Vargas Vargas

Magíster en Pedagogía Mención en Formación Técnica y Profesional;
Ingeniero Agrícola Mención Agroindustrial;
Universidad Estatal de Milagro;
Milagro, Ecuador;

✉ dvargasv6@unemi.edu.ec

ORCID <https://orcid.org/0009-0006-1179-9446>

Génesis Nathaly Cantillo Holguín

Magíster en Química Aplicada;
Ingeniera Agrícola Mención Agroindustrial;
Universidad Estatal de Milagro;
Milagro, Ecuador;

✉ gcantilloh@unemie.edu.ec

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2995-6212>

Gustavo Elías Martínez Valenzuela

Magíster en Procesamiento de Alimentos;
Diploma Superior en Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo;
Doctor en Ciencia de los Alimentos;
Biólogo; Universidad Agraria del Ecuador;
Universidad Estatal de Milagro;
Milagro, Ecuador;

✉ gmartinez@uagraria.edu.ec

✉ gmartinezv3@unemi.edu.ec

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0424-1632>

Raul Ricky Minchala Hidalgo

Ingeniero Agrícola Mención Agroindustrial;
Universidad Estatal de Milagro; Milagro, Ecuador;

✉ rminchalah@unemi.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0009-0008-6043-5600>

Lady Maria Gaibor Vallejo

Magíster en Gestión de Procesos y Seguridad de los Alimentos;
Magíster en Procesamiento de Alimentos;

Ingeniera en Alimentos;

Universidad Agraria del Ecuador;

Guayaquil, Ecuador;

✉ lgaibor@uagraria.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0000-0003-3552-6128>

Pablo Juan Nuñez Rodríguez

Magíster en Docencia Superior;

Diplomado Superior en Investigación Educativa;

Ingeniero en Alimentos;

Universidad Agraria del Ecuador;

Guayaquil, Ecuador;

✉ pnunez@uagraria.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0000-0003-4384-9082>

Manuel Ignacio Cando Diaz

Magíster en Alimentos mención Procesamiento de Alimentos;

Ingeniero Agrícola Mención Agroindustrial;

Tecnólogo en Alimentos;

Universidad Estatal de Milagro;

Milagro, Ecuador;

✉ mcandod2@unemi.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0009-0000-3734-4825>

Ana María Mendoza Rivadeneira

Magíster en Ingeniería Industrial mención en Sistemas Integrados de Gestión;

Magíster en Alimentos mención Procesamiento de Alimentos;

Ingeniera en Ciencias Gastronómicas con Concentración

en Administración de Empresas de Alimentos y Bebidas;

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí;

Manta, Ecuador;

✉ mariaa.mendoza@uleam.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0000-0003-2055-5882>

Manuel Oswaldo Santander Villao

Magíster en Ciencias Internacionales y Diplomacia;

Biólogo;

Universidad Agraria del Ecuador;

Guayaquil, Ecuador;

✉ msantander@uagraria.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0000-0002-5868-4084>

Sara Pilar Aucancela Sanchez

Magíster en Cambio Climático;

Biólogo;

Universidad Estatal de Milagro;

Milagro, Ecuador;

✉ saucancelas@unemi.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0009-0000-8817-0423>

Química de los Alimentos

la ciencia de la alimentación

REVISORES

ACADÉMICOS

Osmir Cabrera Blanco

Doctor en Ciencias Químicas;
Universidad Técnica "Luis Vargas Torres" de Esmeraldas; Ecuador;

✉ ocabrera@finlay.edu.cu;

🆔 <https://orcid.org/0000-0002-7882-7054>

Maribel Cuello Pérez

Doctor en Ciencias Químicas;
Universidad Técnica "Luis Vargas Torres" de Esmeraldas; Ecuador;

✉ maribel.cuello@utelvt.edu.ec;

🆔 <https://orcid.org/0000-0002-7086-6075>

CATALOGACIÓN BIBLIOGRÁFICA

AUTORES: Diana Valentina Vargas Vargas
Génesis Nathaly Cantillo Holguín
Gustavo Elías Martínez Valenzuela
Raul Ricky Minchala Hidalgo
Lady María Gaibor Vallejo
Pablo Juan Nuñez Rodríguez
Manuel Ignacio Cando Díaz
Ana María Mendoza Rivadeneira
Manuel Oswaldo Santander Villao
Sara Pilar Aucancela Sanchez

Título: Química de los Alimentos. La ciencia de la alimentación

Descriptor: Química; Industria alimentaria; Agroindustria; Derecho a la alimentación

Código UNESCO: 23 Química

Clasificación Decimal Dewey/Cutter: 540/M366

Área: Ciencias Químicas

Edición: 1^{ra}

ISBN: 978-9942-654-15-1

Editorial: Mawil Publicaciones de Ecuador, 2024

Ciudad, País: Quito, Ecuador

Formato: 148 x 210 mm.

Páginas: 135

DOI: <https://doi.org/10.26820/978-9942-654-15-1>

URL: <https://mawil.us/repositorio/index.php/academico/catalog/book/132>

Texto para docentes y estudiantes universitarios

El proyecto didáctico: **Química de los Alimentos. La ciencia de la alimentación**, es una obra colectiva escrita por varios autores y publicada por MAWIL; publicación revisada bajo la modalidad de pares académicos y por el equipo profesional de la editorial siguiendo los lineamientos y estructuras establecidos por el departamento de publicaciones de MAWIL de New Jersey.

© Reservados todos los derechos. La reproducción parcial o total queda estrictamente prohibida, sin la autorización expresa de los autores, bajo sanciones establecidas en las leyes, por cualquier medio o procedimiento.



Usted es libre de:
Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato.
Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente.

Director Académico: Lcdo. Alejandro Plúa Argoti

Dirección Central MAWIL: Office 18 Center Avenue Caldwell; New Jersey # 07006

Gerencia Editorial MAWIL-Ecuador: Mg. Vanessa Pamela Quishpe Morocho

Dirección de corrección: Mg. Yamara Galanton.

Editor de Arte y Diseño: Lic. Eduardo Flores, Arq. Alfredo Díaz

Corrector de estilo: Lic. Marcelo Acuña Cifuentes

Química de los Alimentos

la ciencia de la alimentación

Índices

Contenidos



Prólogo -----	13
Introducción -----	15
Capítulo I.	
Agua -----	17
<i>Diana Valentina Vargas Vargas</i>	
Capítulo II.	
Biomoléculas -----	34
<i>Génesis Nathaly Cantillo Holguín</i>	
Capítulo III.	
Enzimas -----	43
<i>Gustavo Elías Martínez Valenzuela</i>	
Capítulo IV.	
Vitaminas y Minerales -----	53
<i>Raul Ricky Minchala Hidalgo</i>	
Capítulo V.	
Pigmentos -----	64
<i>Lady María Gaibor Vallejo</i>	
Capítulo VI.	
Compuestos que Intervienen en el Aroma y Sabor-----	74
<i>Pablo Juan Nuñez Rodríguez</i>	
Capítulo VII.	
Aditivos Alimentarios -----	86
<i>Manuel Ignacio Cando Díaz</i>	
Capítulo VIII.	
Tóxicos presentes en los alimentos-----	96
<i>Ana María Mendoza Rivadeneira</i>	
Capítulo IX.	
Compuestos Funcionales -----	106
<i>Manuel Oswaldo Santander Villao</i>	
Capítulo X.	
Alimentos Transgénicos-----	135
<i>Sara Pilar Aucancela Sanchez</i>	

Química de los Alimentos

la ciencia de la alimentación

Índices

Tablas



Tabla 1. Clasificación de las enzimas en función del tipo de reacción que catalizan-----	48
Tabla 2. Principales fuentes de cada una de las vitaminas-----	30
Tabla 3. Las principales fuentes de minerales contenidas en los alimentos-----	60
Tabla 4. Clasificación de colorantes naturales según la composición química-----	67
Tabla 5. Umbrales de detección de algunos aldehídos en alimentos----	78
Tabla 6. Potenciadores de aromas y sabor de los alimentos-----	79
Tabla 7. Sabor de varios aminoácidos en sus formas isoméricas-----	83
Tabla 8. Clasificación de aditivos alimentarios de acuerdo a su función tecnológica-----	92
Tabla 9. Enfermedades o intoxicaciones relacionadas con los tóxicos presentes en la cadena alimentaria-----	105
Tabla 10. Enfermedades o intoxicaciones relacionadas con los tóxicos presentes en la cadena alimentaria-----	105

Química de los Alimentos

la ciencia de la alimentación

Índices

Figura



.....

Figura 1. El agua	19
Figura 2. Elevada fuerza de cohesión	20
Figura 3. Congelación de alimentos	24
Figura 4. La liofilización	30
Figura 5. Soluciones acuosas	32
Figura 6. Las biomoléculas inorgánicas no están basadas en el carbono	37
Figura 7. Las biomoléculas orgánicas son producto de las reacciones químicas propias del cuerpo	38
Figura 8. La herencia en los seres vivos es posible gracias a la existencia del ADN	41
Figura 9. Estructura de las enzimas	46
Figura 10. Clasificación de las enzimas	47
Figura 11. Actuación de las Enzimas	49
Figura 12. Alimentos que contienen vitaminas y minerales	55
Figura 13. Pigmentación y alimentación (carotenoides)	68
Figura 14. El color de frutas y hortalizas	69
Figura 15. Clorofilas	70
Figura 16. Carotenoide	70
Figura 17. Pigmentos Hidrosolubles	72
Figura 18. Sabor y Aroma	82
Figura 19. Los 5 sabores en los alimentos	84
Figura 20. Aditivos alimentarios	88
Figura 21. Aditivos alimentarios	89
Figura 22. Los aditivos en alimentos y sus efectos en la salud	93
Figura 23. Contaminantes químicos en los alimentos	98
Figura 24. El bisfenol A (BPA) presente en los envases de plástico y latas de metal	104
Figura 25. La luteína de la yema de huevo tiene compuestos bioactivos	109
Figura 26. Las proteínas alternativas	112
Figura 27. Alimentos transgénicos	118
Figura 28. Consecuencias por la ingesta de alimentos transgénicos	122

Química de los Alimentos

la ciencia de la alimentación

Prólogo



La Química de los Alimentos es una disciplina fascinante que desentraña los intrincados procesos químicos que ocurren en los alimentos. Por tal motivo ha sido creado este libro, como una guía integral y detallada sobre el tema, el cual representa un valioso recurso para estudiantes, profesionales y entusiastas de la ciencia de los alimentos.

En estas páginas, se exploran minuciosamente las propiedades químicas de los componentes alimentarios, desde carbohidratos y lípidos hasta proteínas y antioxidantes, destacando su rol crucial en la calidad, sabor, textura y seguridad de los alimentos. Se abordan con profundidad temas avanzados como los alimentos transgénicos, la oxidación lipídica y la formación de compuestos aromáticos, proporcionando una visión holística de la complejidad química detrás de los alimentos cotidianos.

Además, se examinan los aditivos alimentarios, su función, regulación y potencial impacto en la salud, ofreciendo al lector una perspectiva informada sobre estos elementos clave en la industria alimentaria.

Con un enfoque riguroso pero accesible, este libro se erige como una herramienta indispensable para aquellos que desean adentrarse en el apasionante mundo de la Química de los Alimentos, ya sea por motivos académicos, profesionales o simplemente por el deseo de comprender mejor los procesos químicos que sustentan nuestra alimentación diaria.

Química de los Alimentos

la ciencia de la alimentación

Introducción



La química de los alimentos es un campo apasionante que nos permite desentrañar los misterios detrás de los alimentos y cómo sus componentes interactúan con el organismo. En este libro, exploraremos los elementos fundamentales que constituyen los alimentos, desde la esencia misma del agua hasta los compuestos más complejos que dan sabor y color a nuestros platos.

En el Capítulo 1, nos adentraremos en el agua, el componente más crucial de los alimentos, analizando su papel en la estructura y función de los ingredientes. A continuación, en el Capítulo 2, examinaremos las biomoléculas, las unidades básicas que constituyen los carbohidratos, lípidos y proteínas, y cómo estas afectan tanto la nutrición como la textura de los alimentos.

El Capítulo 3, nos llevará al fascinante mundo de las enzimas, catalizadores biológicos que no solo son esenciales para la digestión, sino que también juegan un papel vital en la elaboración de muchos productos alimenticios. Luego, en el Capítulo 4, abordaremos las vitaminas y minerales, micronutrientes esenciales que contribuyen a la salud y el bienestar.

El color de los alimentos es otro aspecto que exploraremos en el Capítulo 5, donde los pigmentos revelan no solo la estética de los platos, sino también su valor nutricional. En el Capítulo 6, nos centraremos en los compuestos que intervienen en el aroma y sabor, desvelando cómo las interacciones químicas crean experiencias sensoriales únicas.

El Capítulo 7, se dedicará a los aditivos alimentarios, sustancias que mejoran la conservación y la palatabilidad de los productos, mientras que en el Capítulo 8, discutiremos los tóxicos presentes en los alimentos, una preocupación creciente en nuestra sociedad actual.

Finalmente, exploraremos los compuestos funcionales en el Capítulo 9, que ofrecen beneficios para la salud más allá de la nutrición básica, y cerraremos con el Capítulo 10, donde abordaremos el tema de los alimentos transgénicos, una innovación que está transformando la agricultura y la alimentación.

Este recorrido por la química de los alimentos no solo tiene como objetivo educar sobre los principios científicos detrás de lo que se consume, sino también fomentar una mayor apreciación por la complejidad y belleza de la naturaleza. Al final de este libro, esperamos que los lectores comprendan mejor los alimentos y su química.

Química de los Alimentos


la ciencia de la alimentación

Capítulo I

Agua

Diana Valentina Vargas Vargas

Universidad Estatal de Milagro;

 <https://orcid.org/0009-0006-1179-9446>



Introducción

En la ciencia de la alimentación, uno de los elementos fundamentales y esenciales para comprender la composición y el comportamiento de los alimentos es el agua. Su presencia, propiedades y funciones juegan un papel crucial en la química de los alimentos, afectando su textura, sabor, color y conservación. En este capítulo se realiza estudio del agua como componente clave en la estructura y transformación de los productos alimenticios. Explorándose su interacción con otros compuestos, sus efectos en la preparación y procesamiento de alimentos, así como su importancia en la nutrición y salud,

Definición

En primer lugar, es relevante mencionar a la Universidad Autónoma de Puebla (2019), donde se expone:

El agua es una sustancia cuya molécula está compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H_2O). El agua es el compuesto químico más importante del planeta. Es esencial e imprescindible para el origen y la supervivencia de la gran mayoría de todas las formas conocidas de vida. (p. 1)

En segundo lugar, es importante indicar a AdmonQuim (2020), donde explica que el agua es un compuesto esencial en la mayoría de los alimentos, tanto en animales como en vegetales. Se encuentra tanto dentro como fuera de las células. Además, favorece la dispersión y actúa como un disolvente de otros químicos. Su papel en la conservación de alimentos es esencial, ya que puede congelarse a altas temperaturas Figura 1.

Figura 1.

El agua.



Nota. Tomado de *El Agua en la industria alimentaria* de Tinoco (2020), <https://bmeditores.mx/entorno-pecuario/el-agua-en-la-industria-alimentaria/>

Estructura y propiedades del agua

Según Tinoco (2020), la molécula de agua se compone de dos átomos de hidrógeno (H) y un átomo de oxígeno (O), que están conectados mediante dos enlaces covalentes. El ángulo formado entre los enlaces H-O-H es de 104,5 grados. Además, se destaca que el oxígeno presenta una mayor electronegatividad en comparación con el hidrógeno, lo que le permite atraer con mayor fuerza a los electrones de cada enlace.

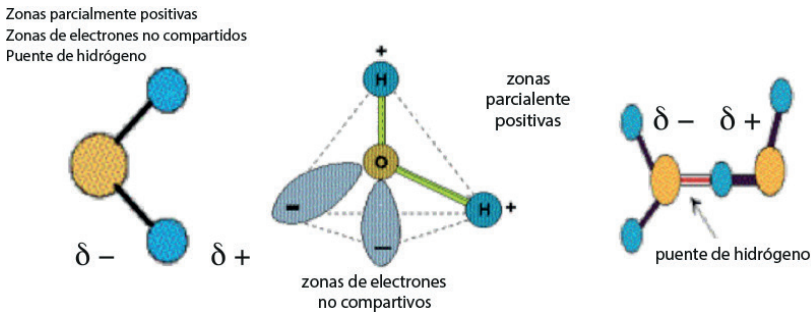
Propiedades

- Acción disolvente: el agua es conocida como el disolvente universal debido a su capacidad para disolver una amplia variedad de sustancias. Esta propiedad se debe a la formación de puentes de hidrógeno. En el caso de las disoluciones iónicas, los iones de las sales son atraídos por los dipolos del agua y quedan rodeados por moléculas de agua en forma de iones hidratados o solvatados. Esta capacidad disolvente es fundamental para que el agua sea el medio donde tienen lugar las reacciones del metabolismo, lo que la convierte en un elemento esencial para la vida.

- Elevada fuerza de cohesión: los puentes de hidrógeno mantienen las moléculas de agua unidas y forman una estructura compacta. Esto hace que el agua sea un líquido casi incompresible. Esta característica permite que el agua funcione como un esqueleto hidrostático en algunos animales Figura 2.

Figura 2.

Elevada fuerza de cohesión.



Nota. Tomado de *El Agua en la industria alimentaria* de Tinoco (2020), <https://bmeditores.mx/entorno-pecuario/el-agua-en-la-industria-alimentaria/>

- El gran calor específico del agua: se debe a los puentes de hidrógeno entre sus moléculas, lo que le permite absorber y retener grandes cantidades de calor. Esto hace que la temperatura del agua aumente lentamente, lo que protege al citoplasma acuoso de cambios bruscos de temperatura y contribuye a mantenerla constante.
- El elevado calor de vaporización del agua: se debe a los puentes de hidrógeno, los cuales deben romperse para que las moléculas de agua pasen de la fase líquida a la gaseosa. Se necesitan 540 calorías para evaporar un gramo de agua a 20° C y presión de 1 atmósfera.

Se puede señalar que el agua cumple diversas funciones en los seres vivos, como ser solvente universal, participar en reacciones químicas, regular la temperatura corporal y mantener la estructura celular. Además, su capacidad para disolver sustancias la hace fundamental para la vida. También actúa como amortiguador, ayudando a mantener el equilibrio ácido-base en los organismos. Siendo así, el agua esencial para la vida y desempeña múltiples roles en los seres vivos.

Importancia del agua

Según la Fundación Aquae (2021), el agua es esencial para la producción de alimentos y también influye en su conservación y seguridad. El crecimiento de microorganismos en los alimentos está directamente relacionado con la cantidad de agua presente. Es importante controlar la humedad para prevenir el deterioro de los alimentos y garantizar su calidad e inocuidad. La gestión adecuada del agua en la producción y almacenamiento de alimentos es fundamental para evitar problemas de contaminación y asegurar la salud de los consumidores.

De igual manera para WaterTechnologiesdeMéxico (2023), el agua es esencial en la industria alimentaria, siendo crucial en la producción, procesamiento y limpieza de alimentos. La calidad del agua utilizada impacta la seguridad, sabor y calidad de los productos. Es fundamental garantizar un tratamiento adecuado del agua para asegurar la excelencia en cada etapa del proceso alimentario.

Donde la calidad del agua es crucial para la seguridad alimentaria, ya que, si está contaminada con microorganismos patógenos, como bacterias, virus o parásitos, existe un alto riesgo de contaminación cruzada en el proceso de producción de alimentos. Por lo tanto, es fundamental implementar sistemas de filtración y desinfección adecuados para eliminar cualquier microorganismo dañino y asegurar la seguridad de los productos alimenticios.

También, el agua utilizada en la preparación de alimentos puede influir en su sabor y aroma debido a la presencia de minerales, compuestos químicos o impurezas. Estos elementos pueden alterar las características organolépticas de los alimentos, lo que puede resultar en un sabor desagradable o afectar la calidad del producto final. El uso de sistemas de purificación de agua es fundamental para eliminar componentes indeseables y mejorar el sabor de los alimentos.

Inclusive, la calidad del agua utilizada en el procesamiento de alimentos tiene un impacto directo en la calidad del producto final. Agua de baja calidad puede afectar negativamente la textura, el color y la apariencia de los alimentos. Por otro lado, el uso de agua purificada garantiza una mejor consistencia y aspecto en los productos.

Además, la conservación de alimentos es crucial en la industria alimentaria. El uso del agua para limpiar y desinfectar equipos y superficies puede introducir microorganismos dañinos, afectando la calidad y durabilidad de los productos. Los sistemas de tratamiento de agua son fundamentales para

eliminar microorganismos no deseados y garantizar la higiene en todas las etapas de producción.

Asimismo, para Telwesa (2022), el agua es fundamental en la industria alimentaria, ya que se utiliza en la producción de alimentos primarios, en la limpieza y mantenimiento de equipos, en las operaciones de transformación de alimentos e incluso como ingrediente en la elaboración de ciertos alimentos. Es crucial contar con agua de alta calidad para garantizar la seguridad de los consumidores y obtener productos óptimos. Además, es importante gestionar el agua de manera responsable, ya que es un recurso escaso y esencial para la supervivencia del planeta.

En el mismo orden de ideas es relevante mencionar a KDUCIDAD (2024), donde expone que la calidad del agua se presenta como un elemento fundamental en la interrelación entre agua y alimentos, destacando su importancia en el tratamiento de aguas residuales. La pureza del agua no solo es un recurso esencial, sino que su tratamiento contribuye a la reducción de la huella hídrica y promueve un modelo de economía circular.

Igualmente, el agua tratada se reutiliza en diversas aplicaciones, como la refrigeración, lo que no solo elimina contaminantes, sino que también genera biogás. Este biogás se convierte en un recurso valioso, utilizado como combustible y fuente de energía eléctrica. Además, la calidad del agua es crucial para garantizar la seguridad alimentaria y la salud del consumidor, lo que subraya la necesidad de una gestión responsable del agua en respuesta a los desafíos ambientales actuales.

Tipos de agua contenidos en los alimentos: el agua libre y el agua ligada:

Según MAPRYSA (2021), el agua es el constituyente más abundante en los alimentos y es crucial para la inocuidad alimentaria. Su presencia, cantidad y naturaleza influyen en procesos químicos y bioquímicos que son clave para controlar la calidad e inocuidad de los productos. La actividad de agua (A_w) es un equilibrio dinámico de moléculas de agua entre un alimento y su entorno, lo que afecta la estabilidad microbiológica, química y estructural.

De este modo, la actividad de agua ha sido un tema de interés para los tecnólogos de alimentos debido a su impacto en la estabilidad y calidad de los alimentos. La cantidad de “agua disponible” en un alimento puede influir en el crecimiento de microorganismos y en características de calidad como textura, sabor, color y valor nutricional.

De acuerdo con Barrios (2019), el cual expone que:

Los alimentos en general, tienen agua en su composición, sin embargo, este término hace referencia al contenido total de agua en el alimento. En los tejidos animales y vegetales el agua no está distribuida de manera uniforme, quedando una porción del agua en estado móvil o libre, la que se conoce como actividad de agua (Aw) e influye directamente en los cambios que sufre el alimento durante su vida útil, la que va variando dependiendo del tipo de alimento, procesamiento, y el método usado para su conservación, y se puede encontrar en menor o mayor cantidad siendo los alimentos con mayor cantidad de agua libre los más susceptibles a una descomposición rápida o un rápido desarrollo microbiano (alimentos inestables). (p. 1)

Tal como lo expresa la Higiene Alimentaria (2024), la “actividad del agua” (Aw) es crucial para la seguridad alimentaria y el sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC). El valor Aw indica la proporción de agua libre en un alimento, que es utilizada por microorganismos para crecer y deteriorar el alimento.

De esta manera, el agua es esencial en los alimentos y está directamente relacionada con su vida útil. La Aw determina qué tipo de microorganismos pueden crecer en un alimento, lo que permite tomar medidas preventivas para mantener su seguridad y calidad. Bacterias, mohos y levaduras pueden acortar la vida útil de un alimento y poner en riesgo su inocuidad.

En el mismo orden de ideas es importante indicar a MAPRYSA (2021), donde se explica que la actividad del agua (Aw) en los alimentos es decisiva para el crecimiento de microorganismos y la textura de los alimentos. Los alimentos con una Aw elevada tienen una textura más jugosa, tierna y masticable, mientras que los alimentos con una Aw baja son crujientes y quebradizos. La migración de humedad entre componentes con diferentes niveles de Aw puede causar cambios no deseados en la textura de los alimentos.

Donde la cantidad total de agua ligada en un alimento no tiene relación con la estabilidad del alimento. Es la cantidad de agua libre o disponible en un alimento, conocida como actividad de agua, lo que es más significativo para la estabilidad alimentaria, química y microbiana. La medición de la actividad de agua es importante para cumplir con los requerimientos HACCP y las regulaciones gubernamentales.

Es decir que la actividad del agua en los alimentos puede ser disminuida por la adición de sólidos, intercambio de humedad con el medio o interacción con solutos disueltos que forman puentes de hidrógeno. Muchos países han establecido prescripciones obligatorias sobre los valores de A_w admisibles en los alimentos.

El agua y la congelación de los alimentos

Tal como lo expresa Nicholas (2022), la congelación es un proceso físico que reduce la temperatura de un material por debajo de su punto de congelación. Se basa en dos principios de energía térmica: calor sensible y calor latente. Primero se elimina el calor sensible hasta que el material alcanza su punto de congelación, luego se elimina el calor latente de cristalización (fusión) y finalmente se elimina el calor sensible restante hasta llegar a la temperatura deseada por debajo del punto de congelación Figura 3.

Figura 3.

Congelación de alimentos.



Nota. Tomado de Tipos de *Congelación de Alimentos* de Friosan (2022), <https://friosan.cl/2022/01/13/tipos-de-congelacion-de-alimentos/>

Donde el calor sensible se refiere a la energía térmica necesaria para modificar la temperatura de un material específico hasta un valor deseado. Este tipo de calor es detectable, ya que se puede observar el cambio de temperatura durante los procesos de calentamiento o enfriamiento.

Por otro lado, el calor latente se relaciona con la energía requerida para cambiar la fase del agua en un material sin alterar su temperatura. Durante

este proceso de cambio de fase, toda la energía se utiliza para realizar la transformación, lo que significa que no se produce un cambio en la temperatura del material. En el contexto de la congelación, se menciona el calor latente de fusión, donde se libera calor mientras el producto se cristaliza a una temperatura constante.

Donde, la expresión comparación para hervir es el calor latente de vaporización.

Para el agua pura, el calor latente de fusión es una constante con un valor de ~334 kJ por kg de agua.

Para los productos alimenticios, el calor latente de fusión se puede estimar como:

$$\lambda = M_{\text{water}} \times \lambda_w$$

- Donde λ = calor latente de fusión del producto alimenticio (kJ/kg)
- M_{agua} = cantidad de agua en el producto, o contenido de agua (decimal)
- λ_w = calor latente de fusión de agua pura (~334 kJ/kg)

La energía térmica sensible y latente en la congelación de alimentos se considera mediante las ecuaciones.

Es importante indicar que el agua unida a los sólidos en los alimentos no se congela a -40 °C, con un porcentaje que varía entre 3% y 46%.

Tipos de congelación

Según Congelados Apolo (2021), dependiendo de los tipos de congeladores y el tipo de producto que se va a congelar.

- Congelación lenta: se utiliza cuando son productos de gran tamaño y se almacenan en grandes congeladores, lo que requiere que sean cámaras de gran capacidad para almacenar una gran cantidad. Mantiene la calidad y no altera el sabor ni el olor de los productos. El tiempo de congelación es largo.
- Congelación media.
- Congelación rápida: es la que se realiza en las cocinas y en la industria alimentaria para congelar de forma rápida. Se trata de un enfriamiento brusco y se suelen congelar los productos en menos de 4 horas.

Técnicas de congelación

Como señala Congelados Apolo (2021), existen diferentes técnicas de congelación que se adaptan a distintas velocidades de congelación. Estos métodos son clave para preservar los nutrientes y el sabor de los alimentos durante el proceso de congelación. Es importante seleccionar la técnica adecuada según la velocidad de congelación requerida para cada tipo de alimento.

- Por contacto: se trata de una superficie fría que extrae el calor del producto. El marisco y el pescado se suele congelar de esta forma.
- Métodos criogénicos: se utilizan fluidos criogénicos como nitrógeno líquido o dióxido de carbono que crean un efecto congelador. Este proceso es conocido como ultracongelación.
- Por aire: una corriente de aire frío extrae el calor del producto hasta llegar a la temperatura de congelación deseada. Se suele utilizar en productos de un tamaño pequeño.

Secado y liofilización

Desde el punto de vista de Garrote (2022):

La liofilización, en inglés freeze-drying (literalmente secado por congelación), es un proceso que implica congelar una sustancia para extraer el líquido que contiene mediante sublimación.

Este proceso no sólo logra aumentar la vida útil del producto, sino que conserva su forma y su volumen, así como sus nutrientes y sus cualidades organolépticas. (p. 1)

Según Hilgedick (2022), la liofilización es un proceso de conservación que implica la eliminación del agua de una muestra congelada al vacío, lo que permite que el hielo pase directamente de sólido a vapor sin pasar por el estado líquido. Este método, conocido como sublimación, preserva la integridad de la estructura biológica y química de la muestra a largo plazo debido a la mínima entrada de calor requerida. La liofilización se puede realizar en diferentes escalas, desde liofilizadores domésticos hasta equipos de producción a gran escala.

Teniendo en cuenta a Garrote (2022), la liofilización es un proceso que se aplica a frutas, verduras, setas, carne y vísceras, tanto troceadas como en pulpa. La rentabilidad de la liofilización depende de los procesos adicionales que requiera cada tipo de alimento y del valor añadido que se le pueda dar

una vez mezclado con otros elementos. Es importante cortar la carne o vísceras en trozos más pequeños antes de someterlas al proceso de liofilización.

De este modo, la liofilización es un proceso efectivo para los líquidos, pero la velocidad del proceso depende de la cantidad de agua presente. Menos agua significa una liofilización más rápida.

Ventajas de la liofilización

Como plantea Garrote (2022), la comida liofilizada conserva el sabor, color, olor y textura del alimento, manteniendo también sus cualidades nutricionales como vitaminas, minerales y proteínas. Este proceso no daña los alimentos sensibles al calor al realizarse a bajas temperaturas.

Además, los alimentos liofilizados pueden rehidratarse rápidamente y al estar precocinados, se pueden preparar fácilmente para su consumo. Son ideales para viajes y situaciones extremas debido a que la comida se vuelve ligera y fácil de transportar. Por último, la comida liofilizada tiene una mayor durabilidad en comparación con otros métodos de conservación de alimentos.

Asimismo, los alimentos liofilizados tienen una vida útil de entre 10 y 25 años debido a la eliminación del agua, lo que evita la actividad bacteriana y la degradación del producto. Sin embargo, la duración exacta dependerá del almacenamiento posterior.

Desventajas de la liofilización

Según Garrote (2022), las desventajas de la liofilización:

- Algunos productos liofilizados son más costosos que los enlatados o deshidratados debido al proceso de liofilización.
- Es necesario tratar algunas materias primas antes de la liofilización para evitar la pérdida de color, ya que son sensibles al proceso.
- La congelación puede dañar ciertos alimentos, haciéndolos más susceptibles al colapso.
- Para garantizar la eficacia de la conservación, es importante mantener algunos alimentos liofilizados a bajas temperaturas.

Etapas de la liofilización industrial de alimentos

Como lo expresa Garrote (2022), para que se cumpla el proceso de liofilización se deben cumplir 3 etapas:

- **Congelado:** los alimentos se congelan a -40°C en carros con bandejas en el túnel de congelación para evitar la formación de cristales de hielo. Posteriormente, se trasladan a la cámara de congelación hasta su procesamiento en el liofilizador.
- **Vacío:** en el liofilizador, se introduce la receta en el cuadro de mandos y se extrae el aire de la cámara con bombas de vacío para reducir la presión por debajo de 1,5mbar. Esto se hace para elevar la temperatura del alimento y lograr el vacío necesario en el proceso de liofilización.
- **Secado:** este proceso se lleva a cabo en una cámara donde la presión es menor al punto triple del agua, lo que permite que el hielo se convierta en vapor de agua y se extraiga del alimento. Como resultado, el producto queda seco y con pequeños huecos donde antes estaban los cristales de hielo. Estos huecos permiten que el agua se reabsorba cuando el alimento se prepara para el consumo, manteniendo su tamaño y forma original. El calor es fundamental en este proceso para transformar el hielo en vapor de agua y lograr un producto seco y listo para su consumo.

El secado o deshidratación

Según Emjuvi (2021), la deshidratación se define como el proceso de eliminación total o parcial del agua de una sustancia, aplicable a sólidos, líquidos o gases. Aunque este proceso puede incluir diversas operaciones unitarias como la evaporación y la adsorción, la tecnología y el tratamiento teórico que se emplean son distintos.

Asimismo, la deshidratación es una técnica ancestral utilizada para la conservación de alimentos, que ha permitido la supervivencia humana en épocas de escasez. Esta práctica incluye el secado al sol de diversos productos como frutas, granos, vegetales, carnes y pescados. En la actualidad, la industria de alimentos deshidratados es un sector significativo dentro del ámbito alimentario a nivel global, con instalaciones que varían desde simples secadores solares hasta complejas plantas de secado.

Tipos de secados

Según Centro Europeo de Postgrado y Empresa (2024), existen varios tipos de secados:

- Los secaderos solares directos son estructuras que cuentan con una superficie de secado cubierta por un material transparente, lo que

permite proteger los productos de la lluvia y la contaminación, facilitando así el secado de los productos agrícolas de manera efectiva.

- Los secaderos solares indirectos no permiten que la radiación solar incida directamente sobre el producto, lo que puede ser beneficioso en ciertas condiciones climáticas o para productos específicos que requieren un manejo más delicado.
- Los secaderos solares asistidos son aquellos que han sido adaptados para incorporar energía térmica, complementando así la energía solar y mejorando la eficiencia del proceso de secado. Este enfoque híbrido permite optimizar el uso de recursos y garantizar un secado más uniforme y controlado.
- El secado por gases calientes es un método que implica la interacción de gases calientes con materiales húmedos para promover la transferencia de calor y masa. Este proceso se caracteriza por su simplicidad y facilidad de manejo, lo que lo convierte en una opción accesible para diversas aplicaciones. La eficacia de este método radica en su capacidad para acelerar el secado de los materiales, optimizando así el tiempo y los recursos utilizados en el proceso.
- El secado por contacto o conducción es un método en el que el calor se transmite al producto húmedo a través de una pared metálica. Los secaderos de rodillos utilizan un rodillo giratorio calentado para secar el producto en su superficie. El secado a vacío consiste en una cámara conectada a un condensador y una bomba de vacío, mientras que el secado a vacío de cinta sinfín distribuye el alimento en forma de pasta sobre una cinta transportadora de acero que circula en una cámara a vacío sobre dos rodillos huecos.
- La deshidratación osmótica implica sumergir frutas y hortalizas frescas en una solución azucarada o salina con mayor presión osmótica que el alimento, lo que provoca que el agua se transfiera del alimento a la solución. Esto disminuye la actividad de agua en el alimento, pero no lo suficiente para prevenir la proliferación de microorganismos. Aunque este proceso puede aumentar la vida útil del alimento, no lo preserva por completo.

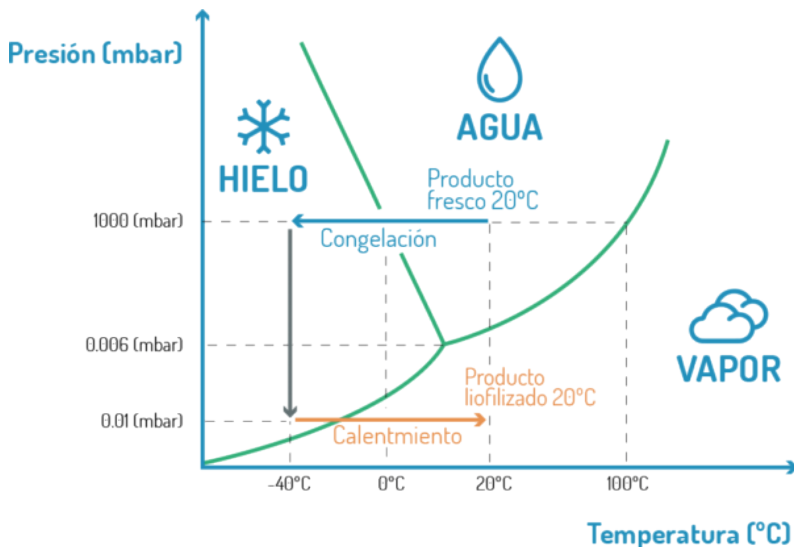
La liofilización y el secado

Como lo señala Garrote (2022), la liofilización es un proceso de secado que implica congelación y sublimación, lo que permite conservar la forma, el

volumen, los nutrientes y las cualidades organolépticas de los alimentos. A diferencia de los métodos tradicionales de secado, la liofilización evita cambios físicos y químicos que pueden hacer que los alimentos sean menos apetecibles o incluso no comestibles debido a las altas temperaturas. Este proceso aumenta la vida útil de los alimentos sin comprometer su calidad Figura 4.

Figura 4.

La liofilización.



Nota. Tomado de *Liofilización: ¿qué es y qué procesos implica?* de Garrote (2022), <https://www.barnalab.com/blog/proceso-de-lio-filizacion-y-etapas/>

Soluciones acuosas

Desde el punto de vista de XNOMIND (2019):

Las disoluciones acuosas son aquellas que se definen como soluciones que cuentan con dos solventes, en donde la presencia del agua como el solvente mayor, no falla. Además, el agua se utiliza como el descomponente inicial para cualquier sustancia, aunque exista otro solvente dentro de la mezcla. (p. 1)

Asimismo, según XNOMIND (2019), una solución acuosa es aquella en la que el agua actúa como disolvente. El símbolo (aq) indica que una especie

está en solución acuosa en una ecuación química. El soluto es el compuesto que se disuelve en el solvente líquido, que en el caso de las soluciones acuosas es el agua. Por ejemplo, la disolución de sal de mesa (NaCl) en agua tiene una fórmula química específica.

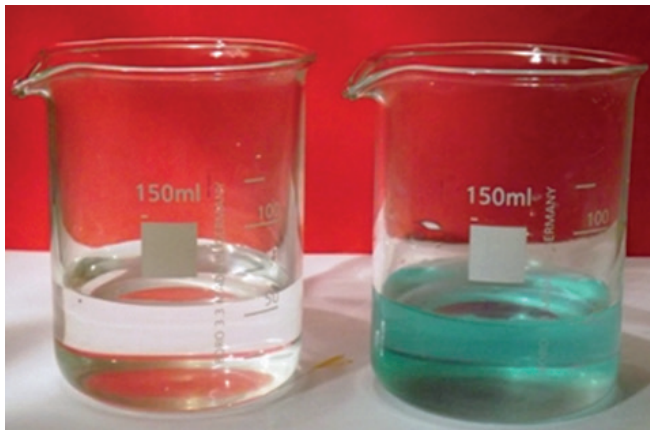
Donde el agua es comúnmente conocida como el solvente universal, sin embargo, su capacidad para disolver sustancias se limita a aquellas que poseen propiedades hidrofílicas. Los compuestos hidrofílicos incluyen ácidos, bases y diversas sales, que son solubles en agua. Por otro lado, las sustancias hidrófobas, como muchas grasas y aceites, no se disuelven en agua, lo que impide la formación de soluciones acuosas con estos compuestos. Esta distinción entre sustancias hidrofílicas e hidrófobas es fundamental para comprender la química del agua y su interacción con diferentes materiales Figura 5.

Características

También, encontramos que para XNOMIND (2019), las soluciones acuosas se distinguen por sus características y propiedades bien definidas que permiten identificarlas rápidamente. Estas soluciones conducen electricidad debido a la presencia de electrolitos fuertes, como en el caso del agua de mar. Por otro lado, las mezclas con cantidades menores de electrolitos se conocen como conductores menores, como el agua del grifo. La diferencia entre estos dos líquidos radica en la cantidad de electrolitos presentes, lo que los hace altamente diferenciables.

Figura 5.

Soluciones acuosas.



Nota. Tomado de *Disoluciones acuosas* de XNOMIND (2019), <https://disoluciones.net/disoluciones-acuosas>

En igual forma, las disoluciones pueden medirse a través de su término ácido, su base y su pH. Por ejemplo, el vinagre, una solución acuosa, puede medirse en términos de pH debido a que es un ácido débil.

En la opinión de Yubrain (2020), las reacciones químicas en soluciones acuosas suelen ser rápidas debido a la disociación de las moléculas de los reactivos en la solución. Esto se debe a que las fuerzas de atracción entre los compuestos son más débiles cuando están disueltos. Además, los componentes resultantes de la disociación pueden moverse libremente, lo que favorece las colisiones entre los reactivos y aumenta la velocidad de la reacción química.

El agua en la industria alimentaria

Como expresa Telwesa (2022), el agua es fundamental en la industria alimentaria, ya que se utiliza en la producción de alimentos primarios, en la limpieza y mantenimiento de equipos, en las operaciones de transformación de alimentos e incluso como ingrediente en la elaboración de ciertos alimentos. Es crucial contar con agua de alta calidad para garantizar la seguridad de los consumidores y obtener productos óptimos. Además, es importante gestionar el agua de manera responsable, ya que es un recurso escaso y esencial para la supervivencia del planeta.

Según KDUCCIDAD (2024), la calidad del agua se presenta como un elemento fundamental en la interrelación entre agua y alimentos, destacando su importancia en el tratamiento de aguas residuales. La pureza del agua no solo es un recurso esencial, sino que su tratamiento contribuye a la reducción de la huella hídrica y promueve un modelo de economía circular.

Asimismo, el agua tratada se reutiliza en diversas aplicaciones, como la refrigeración, lo que no solo elimina contaminantes, sino que también genera biogás. Este biogás se convierte en un recurso valioso, utilizado como combustible y fuente de energía eléctrica. Además, la calidad del agua es crucial para garantizar la seguridad alimentaria y la salud del consumidor, lo que subraya la necesidad de una gestión responsable del agua en respuesta a los desafíos ambientales actuales.

Química de los Alimentos


La ciencia de la alimentación

Capítulo II

Biomoléculas

Génesis Nathaly Cantillo Holguín

Universidad Estatal de Milagro;

 <https://orcid.org/0000-0002-2995-6212>



Introducción

La química de los alimentos es una disciplina fascinante que estudia las biomoléculas presentes en los alimentos y cómo interactúan para proporcionar nutrición, sabor, aroma y textura a los alimentos que se consumen. Las biomoléculas son moléculas orgánicas presentes en los alimentos que desempeñan funciones vitales en los seres vivos y en los procesos culinarios.

Entre las principales biomoléculas presentes en los alimentos se encuentran los carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. Los carbohidratos son una importante fuente de energía que se encuentra en alimentos como granos, frutas y verduras. Los lípidos, como las grasas y aceites, también proporcionan energía y contribuyen a la palatabilidad de los alimentos. Las proteínas son fundamentales para la estructura celular, funciones enzimáticas y transportadoras, y se encuentran en alimentos como carnes, lácteos y legumbres. Los ácidos nucleicos, como el ADN y el ARN, son responsables de la transmisión y expresión de la información genética.

De igual forma, la comprensión de las biomoléculas en los alimentos es crucial para optimizar la calidad nutricional, seguridad alimentaria y desarrollo de nuevos productos alimenticios. Mediante técnicas analíticas y de procesamiento, los científicos de alimentos pueden estudiar y modificar estas biomoléculas para mejorar la calidad y el valor nutricional de los alimentos que se consumen a diario.

Definiciones

En primer lugar, es relevante mencionar a Ondarse (2024), donde expone que las biomoléculas son moléculas propias de los seres vivos, ya sea como producto de sus funciones biológicas o como constituyente de sus cuerpos. Se presentan en un enorme y variado rango de tamaños, formas y funciones. Las principales biomoléculas son los carbohidratos, las proteínas, los lípidos, los aminoácidos, las vitaminas y los ácidos nucleicos.

En segundo lugar, es importante mencionar a Sánchez (2021):

Las biomoléculas son los compuestos químicos que forman la materia viva de todos los seres que habitan la Tierra. Resultan de la unión de bioelementos por enlaces químicos, entre los que destacan los de tipo covalente. Estas biomoléculas universales son los aminoácidos, glúcidos, lípidos, proteínas, vitaminas y ácidos nucleicos. (p. 1)

De igual manera Ondarse (2024), expone que el cuerpo de los seres vivos está compuesto principalmente por seis elementos primordiales: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre. Estos elementos son fundamentales para la vida ya que permiten diversas funciones biológicas esenciales. El carbono es la base de las moléculas orgánicas, el hidrógeno y el oxígeno son componentes clave del agua, el nitrógeno es esencial para la formación de proteínas, el fósforo es necesario para el ADN y ARN, y el azufre se encuentra en aminoácidos y vitaminas.

Donde la presencia de estos elementos en los seres vivos es crucial para su funcionamiento y supervivencia:

- Tales como, la formación de enlaces covalentes es crucial para la estabilidad de las moléculas, ya sean simples, dobles o triples.
- Esto permite la creación de esqueletos tridimensionales de carbono, lo que contribuye a la diversidad de compuestos orgánicos.
- Además, la posibilidad de construir múltiples grupos funcionales con características únicas y distintas es fundamental para la variedad de propiedades que pueden presentar las moléculas orgánicas.
- En tal sentido, la formación de enlaces covalentes permite la creación de estructuras complejas con propiedades específicas y diversas.

Por esta razón, las biomoléculas están compuestas principalmente por elementos químicos como carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Estas moléculas tienen una relación importante entre su estructura y sus funciones, y el entorno en el que se encuentran también influye en esta relación.

Importancias de las biomoléculas

Tal como lo expresa Ondarse (2024), las biomoléculas son esenciales para el funcionamiento de las células en los organismos vivos, cumpliendo funciones de sostén, regulación y transporte de sustancias. La ausencia de ciertas biomoléculas puede causar deficiencias y desequilibrios en el organismo, llevando al deterioro o incluso a la muerte.

De acuerdo como WUOLAH (2023), donde expone que las biomoléculas son fundamentales para diversos procesos biológicos. En primer lugar, son esenciales en la construcción y mantenimiento de las células, ya que forman su estructura y participan en su reparación. Además, desempeñan un papel crucial en el almacenamiento y transporte de energía, lo cual es vital para la actividad celular. Por último, las biomoléculas también regulan procesos

biológicos importantes, como la transmisión de señales, la reproducción y la inmunidad. Estos aspectos destacan la importancia de las biomoléculas en la vida y el funcionamiento de los organismos.

Tipos de biomoléculas

Biomoléculas inorgánicas

Encontramos que según Sánchez (2021), las biomoléculas inorgánicas, a pesar de no ser de origen orgánico, son fundamentales para la formación y mantenimiento de los organismos. Un ejemplo de esto es el agua (H_2O), que representa el 70% del peso celular total.

De igual manera, tal como lo expresa Ondarse (2024), las biomoléculas inorgánicas no están basadas en el carbono, como el $CO_2(g)$ y en CO . Pueden ser parte de los seres vivos y objetos inanimados, y son indispensables para la vida. No forman cadenas de monómeros ni polímeros, y pueden estar formadas por distintos elementos químicos. Algunos ejemplos son el agua, oxígeno, hidrógeno, amoníaco y cloruro de sodio Figura 6.

Figura 6.

Las biomoléculas inorgánicas no están basadas en el carbono.



Nota. Tomado de *Biomoléculas* de Ondarse (2024), <https://concepto.de/biomoleculas/>.

Las biomoléculas orgánicas

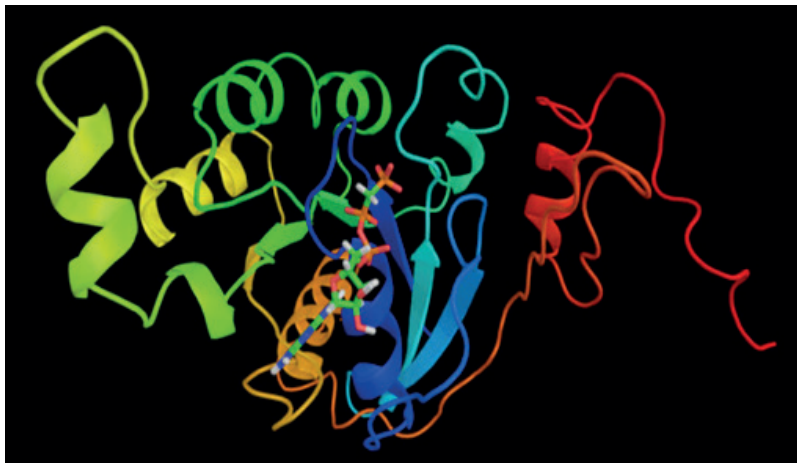
Desde el punto de vista de Ondarse (2024), las biomoléculas orgánicas son fundamentales en la química del carbono y son el resultado de las reacciones químicas que ocurren en los organismos vivos. Estas moléculas están compuestas principalmente por carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O), aunque también pueden incluir elementos metálicos como hierro (Fe), cobalto

(Co) o níquel (Ni), que se conocen como oligoelementos. Ejemplos representativos de biomoléculas incluyen proteínas, aminoácidos, lípidos, carbohidratos, ácidos nucleicos y vitaminas Figura 7.

Donde estas biomoléculas desempeñan un papel crucial en los procesos metabólicos y en la estructura celular de los seres vivos.

Figura 7.

Las biomoléculas orgánicas son producto de las reacciones químicas propias del cuerpo.



Nota. Tomado de *Biomoléculas* de Ondarse (2024), <https://concepto.de/biomoleculas/>.

Según Sánchez (2021), los tipos de biomoléculas orgánicas presentes en el cuerpo de todos los seres vivos:

- Los aminoácidos son la base de las proteínas y también pueden realizar otras funciones en el cuerpo humano, como el GABA que actúa como neurotransmisor. Solo 20 de los muchos tipos de aminoácidos codifican las proteínas de los seres vivos. Una proteína se forma cuando la cadena de aminoácidos unidos supera las 50-100 unidades o alcanza una masa de 5000 uma (unidad de masa atómica unificada). Las proteínas son consideradas biomoléculas y se engloban en la misma categoría que estas biomoléculas que las conforman.
- Los glúcidos, también conocidos como carbohidratos, son biomoléculas importantes en nutrición debido a su alto contenido energético. Entre ellos se encuentran los azúcares libres, el almidón, el glucóge-

no y otras sustancias. En la mayoría de los seres vivos, los glúcidos están asociados con el almacenamiento y la quema de energía. En el ser humano, la mayor reserva energética a corto plazo no es el tejido graso, sino el glucógeno.

- Los lípidos son conocidos como grasas y están compuestos principalmente por carbono, hidrógeno y en menor medida, oxígeno. Este grupo incluye grasas, aceites, fosfolípidos y ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados.
- Las vitaminas son compuestos esenciales para la vida, clasificados como micronutrientes debido a que se requieren en cantidades muy pequeñas. A pesar de su baja concentración, desempeñan funciones vitales en el organismo que no pueden ser reemplazadas por otros nutrientes. Entre las vitaminas más destacadas se encuentran la vitamina A, la vitamina C y la vitamina E, cada una con roles específicos en la salud y el bienestar.
- Los ácidos nucleicos, que incluyen el ADN y el ARN, son fundamentales para la vida. El ADN actúa como la biblioteca de la información genética, esencial para el metabolismo celular y la supervivencia de las células, órganos y tejidos. Además, el ADN es crucial para la herencia y la evolución, ya que permite la producción de mutaciones y la transmisión de características que afectan tanto el genotipo como el fenotipo de las especies a lo largo del tiempo.

Funciones de las biomoléculas

Estas biomoléculas trabajan en conjunto para garantizar el correcto funcionamiento del organismo, proporcionar energía, mantener la salud y desempeñar funciones vitales en el metabolismo.

Tal como lo expresa Ondarse (2024), las biomoléculas cumplen las siguientes funciones:

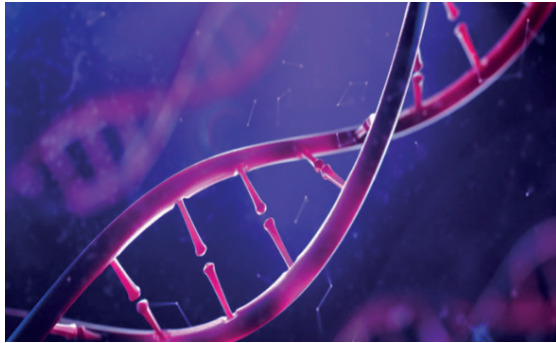
- Las proteínas y los lípidos desempeñan funciones estructurales en las células al mantener la estructura de membranas y tejidos. Los lípidos también actúan como reserva de energía en animales y plantas.
- Las biomoléculas desempeñan un papel crucial en el transporte de nutrientes y otras sustancias en el organismo. Estas moléculas se unen a las células a través de enlaces específicos, los cuales son capaces de romperse para facilitar el movimiento de las sustancias. Un ejemplo destacado de biomolécula involucrada en este proceso

es el agua, que es fundamental para la movilización de diversos compuestos dentro y fuera de las células.

- Las enzimas son biomoléculas que aceleran reacciones químicas sin formar parte de ellas. Regulan procesos químicos y biológicos en humanos, animales y plantas. Los inhibidores disminuyen la velocidad de ciertas reacciones químicas y también intervienen en la regulación de procesos químicos y biológicos. Ejemplos de enzimas son la amilasa, que descompone almidón en la boca, y la pepsina, que descompone proteínas en el estómago.
- Los organismos vivos pueden obtener energía a través de la nutrición autótrofa, donde sintetizan compuestos fundamentales para su metabolismo sin depender de otros seres vivos, o a través de la nutrición heterótrofa, donde obtienen materia orgánica de otros organismos. En ambos casos, la energía necesaria se obtiene a través de la oxidación de la glucosa para obtener energía. Los lípidos también son una fuente importante de energía para los organismos vivos.
- El ácido desoxirribonucleico (ADN), es un ácido nucleico que contiene la información genética necesaria para el desarrollo y funcionamiento de los seres vivos, así como la transmisión de la información hereditaria. Por otro lado, el ácido ribonucleico (ARN), interviene en la síntesis de proteínas necesarias para el funcionamiento celular y el desarrollo. Ambos ácidos nucleicos trabajan juntos, ya que el ADN utiliza el ARN para transmitir información genética durante la síntesis de proteínas. Estas biomoléculas constituyen la base del genoma, determinando la especificidad de una especie o individuo Figura 8.

Figura 8.

La herencia en los seres vivos es posible gracias a la existencia del ADN.



Nota. Tomado de *Biomoléculas* de Ondarse (2024), <https://concepto.de/biomoleculas/>.

Aspectos importantes de las biomoléculas

Según WUOLAH(2023), se encuentran aspectos que resaltan la importancia de las biomoléculas en los procesos biológicos y su papel crucial en la vida de los seres vivos:

- **Diversidad y funcionalidad:** las biomoléculas son esenciales para los procesos biológicos debido a su diversidad de estructuras y funciones.
- **Estructura y metabolismo celular:** son fundamentales para la formación, sostenimiento y acción de las células.
- **Impacto en salud y nutrición:** cumple un papel importante en la salud humana, la nutrición y el tratamiento de enfermedades.
- **Relación entre bioelementos y biomoléculas:** la interacción entre estos dos aspectos es importante para vislumbrar los procesos de vida.
- **Diversidad estructural:** las biomoléculas varían en tamaño, forma y composición química, lo que les permite desempeñar una amplia gama de funciones biológicas en los seres vivos.
- **Interacción molecular:** las biomoléculas interactúan entre sí y con otras moléculas para formar complejos sistemas biológicos, como enzimas, estructuras celulares y circuitos metabólicos.

- **Especificidad funcional:** cada tipo de biomolécula tiene funciones específicas y especializadas en el organismo, como la canalización de reacciones químicas, el transporte de nutrientes o la transmisión de información genética.
- **Regulación biológica:** las biomoléculas participan en procesos de regulación biológica, como la expresión génica, la señalización celular y la respuesta inmune, que son fundamentales para mantener el equilibrio y la homeostasis en los organismos vivos.
- **Importancia nutricional:** muchas biomoléculas, como los carbohidratos, lípidos y proteínas, son nutrientes esenciales que proporcionan energía, materiales de construcción y elementos necesarios para el funcionamiento adecuado del cuerpo.
- **Avances Científicos y Tecnológicos:** el conocimiento de las biomoléculas promueve progresos en medicina, biotecnología, alimentación y muchísimas otras áreas.

Química de los Alimentos

la ciencia de la alimentación

Capítulo III

Enzimas

Gustavo Elías Martínez Valenzuela

Universidad Agraria del Ecuador;

Universidad Estatal de Milagro;

 <https://orcid.org/0000-0002-0424-1632>



Introducción

Las enzimas son moléculas biológicas especializadas que actúan como catalizadores en una amplia variedad de reacciones químicas dentro de los organismos vivos. Estas proteínas juegan un papel fundamental en procesos vitales como la digestión, la síntesis de moléculas y la descomposición de sustancias. Gracias a su capacidad para acelerar y facilitar las reacciones químicas, las enzimas son fundamentales para el funcionamiento adecuado de los seres vivos. Asimismo, las enzimas desempeñan un papel crucial en la química de los alimentos al catalizar reacciones bioquímicas que influyen en la calidad, sabor y textura de los productos alimenticios.

Donde estas proteínas especializadas actúan como biocatalizadores, acelerando las reacciones químicas necesarias para la degradación de nutrientes, la maduración de frutas y vegetales, la fermentación de alimentos y muchos otros procesos clave en la industria alimentaria.

Definición

En primer lugar, es relevante mencionar a DC Fine Chemicals (2022), donde explica que:

Recibe el nombre de enzima aquella proteína responsable de disparar, modificar, detener, acelerar o ralentizar determinadas reacciones químicas, concretamente aquellas que son termodinámicamente posibles. En otras palabras, son las sustancias que se encargan de regular el cuerpo de los seres vivos, siempre a un ritmo adecuado. Por ello se afirma que son elementos esenciales para la vida. Así, la enzimología es un ámbito significativo de la química clínica, pues numerosas pruebas en el laboratorio suelen implicar enzimas. (p. 1)

En segundo lugar, es importante señalar a Biolan Health (2021), “las enzimas son moléculas orgánicas (proteínas) que actúan favoreciendo y regulando las reacciones químicas en los seres vivos y en diversos procesos naturales o industriales” (p. 1).

De igual forma es significativo indicar a Villén (2019), donde define:

Las enzimas son proteínas “especialistas” y controlan TODAS las reacciones químicas de nuestro cuerpo. Hay enzimas en todo lo que está vivo. Se dice que son catalizadores, porque cada reacción química necesita una enzima para que se realice, es decir, todo lo que se transforma lo hace

gracias a una enzima. Cada enzima actúa sobre una sustancia concreta, como una llave y una cerradura. (p. 1)

En el mismo orden de ideas, según la Editorial Etecé (2021), las enzimas son fundamentales para la vida, ya que catalizan alrededor de 4000 reacciones químicas conocidas. Es crucial mantener condiciones estables de pH, temperatura y concentración química para que las enzimas funcionen correctamente. Debido a que las enzimas son proteínas, es importante tener en cuenta que pueden desnaturalizarse y perder su efectividad si no se mantienen las condiciones adecuadas. Es necesario cuidar el entorno en el que las enzimas trabajan para garantizar su eficacia en las reacciones químicas.

Estructura de las enzimas

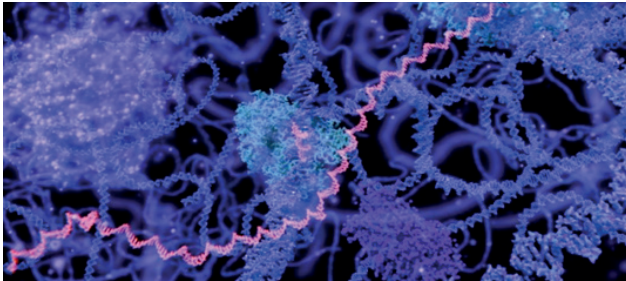
Tal como lo expresa la Editorial Etecé (2021), la mayoría de las enzimas están compuestas por proteínas globulares de diferentes tamaños, desde monómeros de 62 aminoácidos hasta cadenas de alrededor de 2500. Solo unos pocos de estos componentes son los responsables directos de la catálisis de la reacción, conocidos como centro activo.

Donde la secuencia de aminoácidos determina la estructura tridimensional y el funcionamiento de la enzima. La estructura puede incluir sitios para cofactores necesarios para su efectividad.

También, las enzimas se caracterizan por su alta especificidad, lo que significa que no participan en reacciones aleatorias ni interactúan con cualquier sustancia. Su función bioquímica es muy concreta y se realiza con un margen de error extremadamente bajo. Esto resalta la precisión y la importancia de las enzimas en los procesos biológicos Figura 9.

Figura 9.

Estructura de las enzimas.



Nota. Tomado de “*Enzimas*” de Editorial Etecé (2021), <https://concepto.de/enzimas/>.

Clasificación de las enzimas

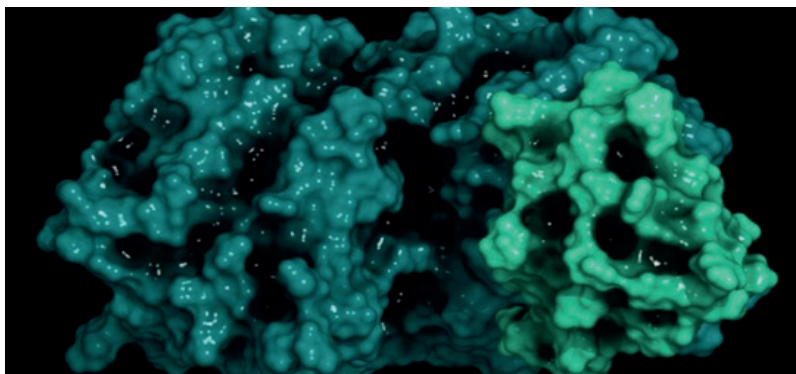
Como lo señala la Editorial Etecé (2021), las enzimas se clasifican según la reacción específica que catalizan Figura 10.

- Oxidorreductasas: las enzimas catalizan reacciones de óxido-reducción, lo que implica la transferencia de electrones o átomos de hidrógeno de un sustrato a otro. Algunos ejemplos de estas enzimas son la deshidrogenasa y la c oxidasa. Estas enzimas juegan un papel crucial en el metabolismo celular y en la generación de energía en los organismos vivos.
- Transferasas: las enzimas que catalizan la transferencia de grupos químicos específicos, distintos del hidrógeno, desempeñan un papel crucial en diversas reacciones bioquímicas. Un ejemplo destacado de este tipo de enzima es la glucoquinasa, que facilita la transferencia de grupos fosfato en el metabolismo de la glucosa. Estas enzimas son fundamentales para la regulación de procesos metabólicos y la producción de energía en los organismos.
- Hidrolasas: implican la ruptura de moléculas orgánicas mediante moléculas de agua. Un ejemplo específico mencionado es la lactasa. Este tipo de enzimas son fundamentales para la digestión de ciertos sustratos, como la lactosa. La hidrólisis es un proceso clave en la bioquímica y la biología molecular, permitiendo la descomposición de compuestos complejos en componentes más simples. La lactasa, en particular, es crucial para descomponer la lactosa en glucosa y galactosa, facilitando su absorción en el organismo.

- **Liasas:** son un tipo de enzimas que desempeñan un papel crucial en las reacciones bioquímicas, específicamente en la ruptura o soldadura de sustratos. Un ejemplo notable de este tipo de enzima es el acetato descarboxilasa, que cataliza la eliminación de un grupo carboxilo de un sustrato, facilitando así diversas reacciones metabólicas. Estas enzimas son esenciales para procesos biológicos, ya que contribuyen a la transformación de compuestos químicos en el organismo.
- **Isomerasas** son enzimas que facilitan la conversión de isómeros, transformando una molécula en su forma tridimensional geométrica. Este proceso es fundamental para la bioquímica y la química orgánica, ya que permite la interconversión de moléculas con diferentes propiedades y funciones. Las isomerasas desempeñan un papel crucial en la regulación de diversas vías metabólicas y en la síntesis de compuestos biológicamente activos. Su capacidad para catalizar reacciones de isomerización las convierte en componentes esenciales para el funcionamiento adecuado de los organismos vivos.
- **Ligasas:** son enzimas que catalizan reacciones específicas de unión de sustratos, utilizando la hidrólisis de nucleótidos de trifosfato como el ATP o el GTP. Un ejemplo de ligasa es la enzima piruvato carboxilasa.

Figura 10.

Clasificación de las enzimas.



Nota. Tomado de “*Enzimas*” de Editorial Etecé (2021), <https://concepto.de/enzimas/>.

Según Plou las enzimas se clasifican en 6 según la función del tipo de reacción que catalizan Tabla 1.

Tabla 1.

Clasificación de las enzimas en función del tipo de reacción que catalizan.

Clase	Nombre	Reacción que catalizan	Ejemplo
1	Oxidorreductasas	Oxidación-reducción	Peroxidasa
2	Transferasas	Transferencia de grupos químicos	Transaminasa
3	Hidrolasas	Hidrólisis	Lipasa
4	Liasas	Adición de un sustrato a un enlace doble, o eliminación	RuBisCO
5	Isomerasas	Isomerización	Glucosa isomerasa
6	Ligasas (sintetasas)	Formación de enlaces con consumo de ATP	L-Glutamina sintetasa

Nota. Tomado de *¿Qué son las “enzimas promiscuas”?* de Plou (2019), <https://blogs.20minutos.es/ciencia-para-llevar-csic/tag/enzimas/>

Actuación de las Enzimas

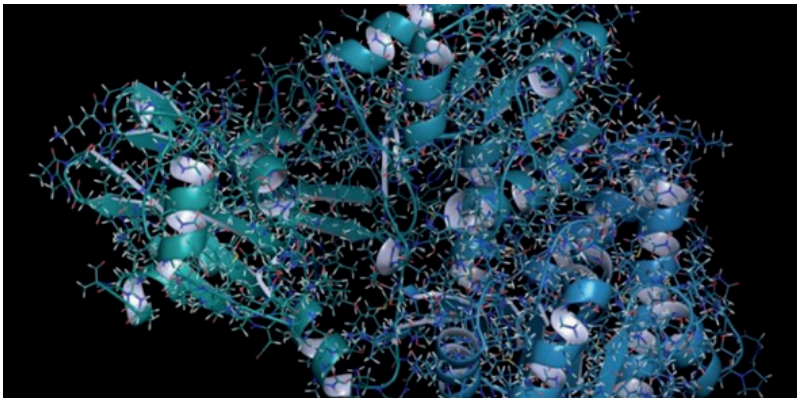
Desde el punto de vista de la Editorial Etecé (2021), las enzimas tienen diferentes formas de operar, pero siempre reducen la energía necesaria para iniciar una reacción química Figura 11.

- La ambientación es clave para reducir la energía de activación en una reacción química. Modificar las propiedades químicas del sustrato mediante reacciones con su capa de aminoácidos puede facilitar la reacción. Crear un ambiente propicio puede acelerar el proceso de reacción al disminuir la energía necesaria para que ocurra.
- La transición se facilita al reducir la energía necesaria sin alterar el sustrato. Esto se logra al crear un entorno con condiciones óptimas para que la reacción tenga lugar. Es importante propiciar este proceso para que se lleve a cabo de manera eficiente y efectiva. La clave está en establecer las condiciones adecuadas para que la transición ocurra de manera fluida y sin contratiempos.

- Las enzimas reaccionan con el sustrato para formar un complejo ES que acelera la reacción. Esto permite que se “salten pasos” en el proceso, reduciendo el tiempo necesario para que ocurra la reacción.
- El aumento de la temperatura puede acelerar la acción de las enzimas, siempre que se mantenga dentro de ciertos parámetros. Este incremento en la actividad enzimática se debe a un aumento en los niveles de energía calórica, que se puede lograr a través de reacciones exotérmicas paralelas. Es fundamental considerar que, aunque la temperatura puede mejorar la eficiencia enzimática, también existen límites que no deben ser sobrepasados para evitar la desnaturalización de las enzimas.

Figura 11.

Actuación de las Enzimas.



Nota. Tomado de “*Enzimas*” de Editorial Etecé (2021), <https://concepto.de/enzimas/>.

Como señala DC Fine Chemicals (2022), las enzimas disminuyen la energía necesaria para activar una reacción química, lo que facilita que ocurra. Su función principal es ambiental, creando un entorno propicio para que la reacción se produzca al reducir la energía de activación. Además, favorecen la transición al disminuir la energía necesaria para que la reacción se lleve a cabo, creando las condiciones adecuadas para que ocurra de manera eficiente.

Asimismo, las enzimas pueden proporcionar una ruta alternativa para acelerar una reacción al formar un complejo Enzima/Sustrato que actúa como

un “atajo”. Esto ayuda a reducir el tiempo de espera y aumentar la velocidad del proceso. Además, las enzimas también pueden aumentar la temperatura al participar en reacciones exotérmicas paralelas, lo que resulta en una mayor energía calórica y una mayor velocidad de la reacción.

Las enzimas y la industria alimentaria

Como plantea, DC Fine Chemicals (2022), las enzimas son componentes esenciales tanto en el organismo humano como en la industria alimentaria. Su presencia es fundamental para la vida, al igual que las vitaminas, minerales y azúcares. Estas biomoléculas desempeñan un papel crucial en la regulación de todas las reacciones químicas que ocurren en el cuerpo. Sin ellas, los procesos biológicos no podrían llevarse a cabo de manera eficiente.

En igual forma, existen tres grandes grupos de enzimas en la química alimentaria:

- Las metabólicas: son procesos que se originan en el interior de las células del organismo. Su función principal incluye la eliminación de toxinas y sustancias de desecho, lo que es crucial para mantener la salud celular. Además, estas reacciones metabólicas son fundamentales para la obtención de energía, lo que permite el correcto funcionamiento de diversas funciones biológicas. También desempeñan un papel significativo en el sistema inmunológico, contribuyendo a la defensa del organismo contra patógenos y enfermedades.
- Las enzimas digestivas: son fundamentales para que el cuerpo humano pueda aprovechar eficientemente los nutrientes de los alimentos que se consumen. Estas enzimas son secretadas en el tubo digestivo para facilitar la digestión y absorción de los nutrientes. Su función es descomponer los alimentos en moléculas más pequeñas para que puedan ser absorbidas por el organismo de manera efectiva. La presencia de enzimas digestivas es crucial para una buena salud digestiva y para garantizar que el cuerpo reciba los nutrientes necesarios para funcionar correctamente.
- Las dietéticas: se encuentran en la composición de los alimentos crudos y ayudan en los procesos digestivos, al igual que otras enzimas.

Es decir, los alimentos fermentados y frescos son ricos en enzimas, como frutas, queso, huevo o carne. Las enzimas también pueden tener origen microbiano, como en quesos curados o ciertos tipos de té.

Donde la tecnología y química alimentaria aprovechan las enzimas para mejorar procesos específicos, como ablandar carnes o distinguir tipos de leche o queso.

Algunos ejemplos incluyen la tripsina y la lipasa pancreática de origen animal, así como la alfa-amilasa de origen vegetal, que se encuentra en el germen de trigo y se utiliza en harinas y pan.

Según Salazar (2020), la bioquímica ha experimentado un notable desarrollo dentro de las ciencias médicas, destacándose por su aplicación en diversas áreas. Las enzimas lipasas, que se obtienen de organismos vivos, son fundamentales en la producción de alimentos, jabones, detergentes, aceites y otros productos industriales. Recientemente, se han establecido nuevas clasificaciones de estas enzimas, organizándolas en grupos y subgrupos, lo que facilita su estudio y aplicación.

Además, existe un creciente interés en su uso para la producción de biodiesel, así como en el ámbito de la biotecnología y la genética médica, lo que resalta su versatilidad y potencial en diversas industrias.

En el mismo orden de ideas para The Food Tech (2023), en la industria alimentaria se emplean diversos tipos de enzimas, cada una con un propósito particular y una función específica:

- Enzimas amilolíticas: se emplean en la manufactura de alimentos como pan, cerveza y whisky, descomponiendo carbohidratos complejos en azúcares más simples para favorecer la fermentación.
- Las enzimas proteolíticas: son utilizadas en la elaboración de alimentos como queso y carne, fragmentando proteínas en aminoácidos más pequeños para mejorar la textura y sabor del producto final.
- Las enzimas lipolíticas: se aplican en la producción de alimentos como margarina y otros productos con alto contenido de grasa, descomponiendo las grasas en ácidos grasos más simples para facilitar la elaboración del producto final.

The Food Tech (2023), beneficios de las enzimas en la industria alimentaria:

- Mejora de la calidad: las enzimas pueden optimizar la textura y sabor de los alimentos al descomponer proteínas y carbohidratos en fragmentos más pequeños, lo que puede resultar en preparaciones más suaves y sabrosas.

- Aceleración del proceso de producción: las enzimas tienen la capacidad de catalizar reacciones químicas presentes de forma natural en los alimentos, lo que conlleva a una reducción considerable en el tiempo de elaboración.
- Prolongación de la vida útil: las enzimas contribuyen a la conservación de los alimentos al degradar ciertas sustancias que propician el deterioro de los mismos, ayudando así a extender su frescura y durabilidad.
- Minimización de desperdicios: al perfeccionar la calidad de los alimentos, las enzimas pueden disminuir la cantidad de productos descartados debido a no cumplir con las expectativas del consumidor.

Química de los Alimentos


la ciencia de la alimentación

Capítulo IV

Vitaminas y Minerales

Raul Ricky Minchala Hidalgo

Universidad Estatal de Milagro;

 <https://orcid.org/0009-0008-6043-5600>



Introducción

Las vitaminas y minerales son componentes esenciales en la química alimentaria, desempeñando un papel crucial en el mantenimiento de la salud y el bienestar humano. Las vitaminas son compuestos orgánicos que el cuerpo necesita en pequeñas cantidades para funcionar correctamente, mientras que los minerales son elementos inorgánicos que también son vitales para diversas funciones biológicas.

Asimismo, en la química alimentaria, encontramos que se estudia cómo estos nutrientes interactúan con otros componentes de los alimentos y cómo su biodisponibilidad puede verse afectada por factores como la preparación y el almacenamiento de los alimentos. Además, se investiga la importancia de una ingesta adecuada de vitaminas y minerales para prevenir deficiencias nutricionales y enfermedades asociadas.

Definiciones

En primer lugar, es relevante mencionar a Ondarse (2022), donde define:

Las vitaminas son sustancias que ayudan al correcto funcionamiento del organismo de los seres vivos pero que, en general, no son sintetizadas por su cuerpo, es decir, deben obtenerse del exterior a través de la alimentación. (p. 1)

En segundo lugar, es importante indicar a Nestle (2023), donde define las vitaminas:

Son un grupo de sustancias orgánicas que favorecen a nuestro organismo a través de su consumo en la alimentación. Son micronutrientes necesarios para la regulación de muchas funciones diferentes del cuerpo. Son importantes para la formación de tejidos, células de la sangre, material genético, hormonas y sustancias químicas para el sistema nervioso. (p. 1)

De igual manera, es significativo referirse a The Food Tech (2022), donde explica que las vitaminas y minerales son elementos que el cuerpo necesita para llevar a cabo funciones vitales, por lo que se les consideran esenciales. En una dieta equilibrada se podría garantizar los aportes de estos elementos que el organismo necesita, además de aportar otras sustancias como proteínas, grasas o antioxidantes Figura 12.

Figura 12.

Alimentos que contienen vitaminas y minerales.



Nota. Tomado de *Vitaminas y minerales: elementos básicos para el funcionamiento humano* de The Food Tech (2022), <https://thefoodtech.com/nutricion-y-salud/vitaminas-y-minerales-elementos-basicos-para-el-funcionamiento-humano/>

Tipos de vitaminas

Desde el punto de vista de Nestle (2023), existen trece vitaminas diferentes que desempeñan un papel crucial en la salud humana. Estas vitaminas son transformadas en compuestos más simples durante su consumo, lo que permite su absorción y utilización por el organismo.

Se clasifican en dos grupos principales: las hidrosolubles y las liposolubles.

- Las vitaminas hidrosolubles se disuelven en agua y son eliminadas rápidamente a través de la orina. Este grupo incluye las vitaminas del complejo B y la vitamina C. Es importante destacar que las personas que siguen una dieta vegetariana pueden necesitar suplementos de vitamina B12, ya que esta vitamina se encuentra en mayor concentración en alimentos de origen animal.
- Las vitaminas liposolubles se transportan a través de las grasas y comprenden las vitaminas A, D, E y K. Estas vitaminas son esenciales

para diversas funciones biológicas y su absorción está relacionada con la ingesta de grasas en la dieta.

Funciones de las vitaminas

Según Ondarse (2022), las vitaminas son nutrientes esenciales para el organismo, con diferentes tipos y funciones específicas. La mayoría de las vitaminas actúan como precursores de coenzimas, que son sustancias que regulan o catalizan diversas reacciones en el cuerpo. Es importante consumir una variedad de alimentos para asegurar la ingesta adecuada de todas las vitaminas necesarias para mantener la salud y el bienestar.

De igual manera como indica Nestle (2023), las vitaminas desempeñan funciones específicas en el organismo, siendo esenciales para la salud. Entre sus principales funciones se encuentran mejorar la visión, mantener la piel, fortalecer el sistema inmunológico, producir glóbulos rojos, reparar tejidos e intervenir en el metabolismo. Es importante asegurar una ingesta adecuada de vitaminas para garantizar el correcto funcionamiento del cuerpo y prevenir deficiencias que puedan afectar la salud.

Donde los alimentos son una fuente de múltiples nutrientes, ya que pueden contener varias vitaminas y minerales en una sola porción. Es importante consumir una variedad de alimentos para asegurar la ingesta adecuada de todos los nutrientes esenciales. La diversidad en la dieta es clave para mantener una alimentación equilibrada y saludable. Es fundamental prestar atención a la combinación de alimentos para obtener todos los nutrientes necesarios para el correcto funcionamiento del organismo Tabla 2.

Tabla 2.

Principales fuentes de cada una de las vitaminas.

Vitamina	Alimentos
A	Zanahoria, hígado de res y pollo
B1	Cereales integrales, carne de res y huevos
B2	Lácteos y hortalizas de hoja verde
B3	Lácteos, huevos y cereales enriquecidos
B5	Carnes, pollo y hortalizas
B6	Pescado, leguminosas y frutas
B9	Brócoli, remolachas y leguminosas
B12	Carnes, mariscos y vísceras
C	Carnes, huevos y vísceras
E	Aguacate, aceites vegetales y frutos secos
K	Hortalizas hojas verdes, pescado e hígado

Nota. Tomado de *Beneficios de las vitaminas y minerales* de Nestle (2023), <https://www.nestle-contigo.co/elige-tu-medida/vitaminas-minerales>

Tal como expresa Herbalife (2024), cada vitamina desempeña una función distinta y esencial en el cuerpo humano, por lo tanto, es fundamental mantener una dieta equilibrada y diversa para garantizar la adecuada provisión de estos nutrientes vitales. A continuación, presentamos un resumen de las principales funciones de las vitaminas.

1. Vitamina A (Retinol) es conocida por su capacidad de reducir el riesgo de daño en la visión, especialmente en la ceguera nocturna. Además, esta vitamina tiene un efecto positivo en el sistema inmunológico, fortaleciendo la inmunidad del organismo.
2. Vitamina D, también conocida como colecalciferol o vitamina D3, es esencial para mantener la salud ósea al facilitar la absorción del calcio. Además, juega un papel importante en la salud muscular y nerviosa.
3. Vitamina E (alfa-tocoferol) actúa como antioxidante, reduciendo el impacto de los radicales libres en el cuerpo y protegiendo los tejidos y órganos del daño.

4. Vitamina K es fundamental para regular la coagulación sanguínea y la vitamina K2 es esencial para fortalecer los huesos.
5. Vitamina C (ácido ascórbico): El ácido ascórbico es un micronutriente con capacidad antioxidante, la ciencia explica que actúa en conjunto con el alfa tocoferol y transfiere electrones para neutralizar la acción perjudicial de los radicales libres.
6. Vitamina B1, también conocida como tiamina, juega un papel crucial en el metabolismo de los carbohidratos, ayudando en la conversión de estos nutrientes en energía. Además, también participa en la descomposición de ciertas moléculas proteicas.
7. Riboflavina es fundamental para el metabolismo de los macronutrientes y se ha comprobado su papel en la síntesis de hormonas tiroideas.
8. Niacina (B3) juega un papel crucial en la transformación de los macronutrientes en energía y en su posterior utilización. Además, desempeña una función vital en la síntesis de hormonas.
9. Vitamina B5, también conocida como ácido pantoténico, juega un papel importante en la transformación de los macronutrientes en energía y en la producción de grasas.
10. Piridoxina (B6) desempeña un papel importante en la síntesis de la serotonina, norepinefrina, epinefrina y ácido gamma-aminobutírico, sustancias que tienen un papel activo en el sistema nervioso.
11. Biotina es esencial para regular la replicación y transcripción del ADN, así como para promover la proliferación y diferenciación celular.
12. Ácido fólico (B9) es fundamental para prevenir los defectos del tubo neural en el feto y también ayuda a prevenir la anemia megaloblástica.
13. Vitamina B12: Favorece la generación de energía a partir de proteínas y grasas. Asimismo, su consumo adecuado puede prevenir la anemia megaloblástica.

Los minerales

Según Nestle (2023), los minerales son sustancias necesarias en pequeñas cantidades para mantener una buena salud. Algunos minerales, como el calcio y el fósforo, se producen en pequeñas cantidades en nuestro cuerpo y deben ser consumidos en mayor cantidad a través de la alimentación.

Como señala Vilarrasa (2023), los minerales constituyen compuestos inorgánicos esenciales para el adecuado funcionamiento del cuerpo humano. Aproximadamente el 4 % del peso total de los hombres se atribuye a la existencia de estos elementos.

Dentro del ámbito de la nutrición, los minerales son sustancias químicas esenciales para garantizar un correcto funcionamiento del cuerpo. Participan en diversos procesos fisiológicos fundamentales para llevar a cabo las actividades diarias.

A pesar de su relevancia, el organismo humano no puede producirlos de forma natural. Por lo tanto, es imprescindible incorporarlos a través de la alimentación. La principal fuente de minerales son el agua, las plantas y los alimentos de origen animal.

Funciones

Desde el punto de vista de Nestle (2023), los minerales son esenciales para diversas funciones en el organismo, como mantener la salud de los huesos, el corazón y el cerebro, así como para la producción de enzimas y hormonas. Es importante asegurar una ingesta adecuada de minerales para garantizar el correcto funcionamiento del cuerpo y prevenir deficiencias que puedan afectar la salud.

Donde cada mineral desempeña un papel específico en el organismo y su carencia puede tener consecuencias negativas en la salud. Por lo tanto, es fundamental incluir una variedad de alimentos ricos en minerales en la dieta diaria para mantener un equilibrio adecuado y promover el bienestar general Tabla.

Como señala Vilarrasa (2023), los minerales son esenciales para la estructura de los tejidos, como los dientes y los huesos, y también forman parte fundamental de las células. Además, desempeñan un papel crucial en el equilibrio ácido-base, regulan el balance hídrico y participan en el transporte de gases. Asimismo, son indispensables para las contracciones musculares y el metabolismo de otras sustancias, como los lípidos y la glucosa, así como en el almacenamiento de energía. Por último, los microminerales tienen un papel destacado como catalizadores enzimáticos, especialmente en las enzimas con capacidad antioxidante Tabla 3.

Tabla 3.

Las principales fuentes de minerales contenidas en los alimentos.

Mineral	Alimentos
Hierro	Carne de res, hígado de pollo y leguminosas
Magnesio	Avena, almendras y chocolate amargo
Calcio	Lácteos, almendras y hortalizas de hoja verde
Zinc	Carnes, pollo y leguminosas
Fósforo	Lácteos, pescado y huevos
Sodio	sal

Nota. Tomado de *Beneficios de las vitaminas y minerales* de Nestle (2023), <https://www.nestle-contigo.co/elige-tu-medida/vitaminas-minerales>

Clasificación de los minerales

Como expresa Vilarrasa (2023), los minerales se pueden clasificar en dos grupos principales: macro y microminerales. Ambos son igualmente importantes en su función en el cuerpo humano, pero se diferencian principalmente en la cantidad requerida.

Asimismo, los macroelementos esenciales son fundamentales en cantidades superiores a los 100 mg al día. Los principales son el calcio, fósforo, sodio, potasio, cloro, magnesio y azufre.

Donde la escasez de macrominerales es una de las deficiencias nutricionales más comunes. Esto es especialmente cierto en el caso del calcio, donde se observa una ingesta insuficiente a partir de los 50 años, tanto en hombres como en mujeres. Las consecuencias pueden ser problemas de salud graves a largo plazo, como la osteoporosis.

De igual forma para Marnys (2021), los macrominerales son minerales que se encuentran en el cuerpo en cantidades significativas, lo que explica su nombre, ya que las necesidades diarias de un adulto promedio superan los 100 mg al día.

- El magnesio desempeña una función crucial en el funcionamiento de los músculos y los nervios, así como en el mantenimiento de la salud ósea y la regulación del ritmo cardíaco. Este mineral se puede obtener del agua, frutas como el plátano, frutos secos o la soja.

- El calcio es un mineral fundamental para el crecimiento y desarrollo de los huesos, y se encuentra en abundancia en estos y en la sangre. Se puede obtener de productos lácteos, verduras de hoja verde oscura, pescado y mariscos.
- El sodio es esencial para regular la presión sanguínea. Se encuentra en una amplia variedad de alimentos, por lo que la falta de este mineral en la dieta es poco común. La sal de mesa, conocida como cloruro de sodio, es una de sus formas más populares.
- El fósforo desempeña un papel crucial en la constitución de huesos y dientes. Asimismo, es un elemento esencial del ADN y ARN, y se encuentra presente en las membranas celulares. Este mineral puede ser adquirido a través del consumo de legumbres, cereales, nueces, carne, pescado y queso.
- El potasio es esencial para el correcto funcionamiento de diversas reacciones enzimáticas, así como para el adecuado desempeño de las fibras musculares y del corazón. Alimentos como la leche, la carne, los plátanos y las pasas son buenas fuentes de potasio.

Teniendo en cuenta Vilarrasa (2023), donde explica que los oligoelementos u Microminerales son necesarios en cantidades menores a los 100 mg al día. Elementos con una función bioquímica crucial en el cuerpo humano incluyen hierro, zinc, flúor, selenio, cobre, cromo, yodo, manganeso y molibdeno.

Según Marnys (2021), la mayor parte de estos oligoelementos se integran en las enzimas u hormonas clave en los procesos del cuerpo (metabolismo), por lo tanto, son indispensables para el organismo. Entre ellos se encuentran el hierro, selenio, zinc, cobre, yodo, azufre, cloro, cobalto y molibdeno.

- El hierro es esencial para la síntesis de proteínas necesarias en el transporte de oxígeno a los glóbulos rojos, así como en la formación de flavoproteínas y otras enzimas. Fuentes ricas en hierro incluyen carnes rojas, yema de huevo, legumbres y frutos secos.
- El selenio es conocido por su papel como antioxidante, combatiendo el estrés oxidativo y contribuyendo a diversas funciones biológicas, incluyendo el sistema inmunológico. Alimentos como vegetales, cereales, carne y pescado son ricos en selenio.
- El zinc es un mineral que participa en la función del sistema inmunológico, en conjunto con otros nutrientes como la vitamina C, y también es importante para la formación de huesos y tejidos. Alimentos

como la carne, el pescado y los frutos secos son fuentes ricas en zinc.

- El cobre se encuentra en el hígado, los huesos y los músculos, pero también hay trazas de cobre en todos los tejidos del cuerpo. Es un componente de muchas enzimas, incluidas las necesarias para la producción de energía, la formación de glóbulos rojos, huesos o tejido conjuntivo, y la acción antioxidante que protege a las células del daño causado por los radicales libres, que son subproductos de la actividad celular normal.

Diferencias entre vitaminas y minerales

Desde el punto de vista de Natur House (2022), las vitaminas y los minerales son nutrientes esenciales para el correcto funcionamiento de nuestro organismo. Mientras que las vitaminas son compuestos orgánicos que se obtienen de fuentes vegetales y animales, los minerales son compuestos inorgánicos presentes en el suelo y absorbidos por las plantas. Las vitaminas son sensibles al calor y pueden perder sus propiedades si se cocinan en exceso, mientras que los minerales son más estables y no se ven afectados por el calor.

De igual manera, las vitaminas son fundamentales para proporcionar energía, fortalecer el sistema inmunológico, y contribuir al desarrollo de células y órganos, así como a la salud de la piel, la vista y el cabello. Por otro lado, los minerales desempeñan funciones químicas básicas en nuestro organismo, como el metabolismo y la formación de estructuras como la piel y los huesos.

De acuerdo con The Food Tech (2022), existen ciertas diferencias entre las vitaminas y los minerales:

- Las vitaminas son compuestos esenciales que se obtienen de organismos vivos, incluyendo tanto plantas como animales. Su estabilidad puede verse afectada por factores ambientales como el calor, el aire y la luz, lo que puede modificar su estructura y, por ende, su eficacia. Es fundamental considerar estas condiciones para preservar las propiedades nutricionales de las vitaminas.
- Los minerales son sustancias inorgánicas que mantienen su estructura química molecular. Esto significa que no son de origen biológico y que su composición química se mantiene constante. Los minerales son importantes para la salud humana, ya que desempeñan funciones vitales en el cuerpo, como la formación de huesos y dientes, la regulación de la presión arterial y la producción de energía. Además,

los minerales también son utilizados en la industria para la fabricación de productos como el acero, el vidrio y los fertilizantes. Es importante consumir una dieta equilibrada que incluya una variedad de minerales para mantener una buena salud.

Alimentos que contienen vitaminas y minerales

Como plantea The Food Tech (2022), las vitaminas y minerales presentes en los alimentos son fundamentales para la síntesis de enzimas. Estas sustancias esenciales contribuyen a la mantención y reparación de los tejidos y células del organismo. Su adecuada ingesta es crucial para el correcto funcionamiento del cuerpo humano.

- Los alimentos ricos en vitaminas incluyen: leche, hígado, frutas y verduras de color anaranjado, y verduras de hojas verdes oscuras como la col y la espinaca, que son fuentes de vitamina A. Los granos de cereales, semillas, tomate, atún y carne son ricos en vitamina B1 (tiamina). Las hortalizas verdes, carne, huevo, almendras y espinaca son fuentes de vitamina B2 (riboflavina). El aceite de hígado de pescado es una fuente de vitamina D. Por último, la yema de huevo, frutos secos y aceites vegetales son alimentos ricos en vitamina E.
- Los alimentos que son fuentes de minerales incluyen productos lácteos y verduras de hoja verde para obtener calcio. Para el magnesio, se recomienda consumir carne, pescado, productos lácteos y verduras verdes. El fósforo se encuentra en aves de corral, verduras, huevos, carne, productos lácteos y pescado. Para obtener potasio, es importante consumir verduras y frutas frescas. El zinc se encuentra en carne, huevos, mariscos, cereales, nueces, almendras y semillas de calabaza. Por último, el cobre se puede obtener de nueces, semillas, hígado y mariscos. Es importante incluir una variedad de estos alimentos en la dieta para asegurar una ingesta adecuada de minerales esenciales.

Química de los Alimentos


La ciencia de la alimentación

Capítulo V

Pigmentos

Lady Maria Gaibor Vallejo

Universidad Agraria del Ecuador;

 <https://orcid.org/0000-0003-3552-6128>



Introducción

Los pigmentos son compuestos químicos que aportan color a los alimentos y desempeñan un papel crucial en la química alimentaria. Su presencia no solo influye en el aspecto visual de los alimentos, sino que también puede indicar la presencia de nutrientes beneficiosos para la salud. En este contexto, exploraremos la importancia de los pigmentos en la ciencia de los alimentos y su relación con la calidad nutricional de nuestra dieta.

Definición

En primer lugar, es relevante mencionar a Rosely (2023), donde expone que se puede definir a los pigmentos de manera general como sustancias que absorben ciertas longitudes de onda de luz y reflejan o transmiten otras, lo que resulta en la percepción de diferentes colores. Se clasifican según su naturaleza química, origen y aplicaciones.

También, los pigmentos son esenciales en nuestra vida cotidiana, aportando color y vitalidad a una amplia gama de objetos, obras de arte y seres vivos. Desde los colores vibrantes de un atardecer hasta los intrincados diseños de las alas de una mariposa, los pigmentos son responsables de crear experiencias visuales cautivadoras. El mundo de los pigmentos es extenso y diverso, abarcando una amplia variedad de colores y tipos.

En segundo lugar, es importante resaltar a Campos citada Jácome (2023), donde define a los pigmentos naturales:

Son materiales solubles e insolubles que al ser molidos se mantienen en suspensión con un aglomerante. La generación de color se debe a la estructura específica del compuesto, esta estructura captura la energía y la excitación generada por un electrón del orbital exterior en el orbital principal, la energía no absorbida se refleja en radiación y/o refracción para la visualización de imágenes. (p. 4)

Tipos de pigmentos

Tal como lo señala Rosely (2023), los pigmentos se clasifican en: los pigmentos inorgánicos y los pigmentos orgánicos.

Los pigmentos inorgánicos: son generalmente minerales o compuestos que no contienen carbono en su estructura molecular. Estos pigmentos suelen provenir de materiales terrestres y minerales, como metales, óxidos, sulfuros y sales. Algunos ejemplos de pigmentos inorgánicos incluyen: dióxido de titanio, óxido de hierro, sulfuro de cadmio y cromato de plomo.

- Blanco de titanio: el dióxido de titanio (TiO_2) es un pigmento blanco muy conocido y utilizado en múltiples sectores. Ofrece una opacidad y un brillo excepcionales cuando se combina con otros tonos.
- Negro de carbón: este pigmento negro intensamente concentrado se obtiene a través de la combustión incompleta de hidrocarburos. El negro de humo es comúnmente empleado en tintas de impresión, pinturas y plásticos.
- Óxidos de hierro: los pigmentos de óxido de hierro se presentan en una variedad de colores, como rojo, amarillo y marrón. Se extraen de minerales de hierro y son frecuentemente utilizados en recubrimientos arquitectónicos, cerámica e incluso en productos cosméticos.
- Colores de cadmio: los pigmentos de cadmio proporcionan tonalidades vibrantes y duraderas, que abarcan desde el rojo y el amarillo hasta el naranja. No obstante, debido a su elevada toxicidad, su uso ha sido restringido en ciertas aplicaciones.

Los pigmentos orgánicos: en contraste con los inorgánicos, se componen de moléculas que contienen carbono y se obtienen mayormente de fuentes naturales o sintéticas. Estos pigmentos brindan una variedad extensa de colores y presentan una intensidad de color excepcional. Algunos pigmentos orgánicos destacados son:

- Azul de ftalocianina: este pigmento azul brillante, a menudo conocido como “azul ftalocianina”, se deriva químicamente de compuestos de ftalocianina. Se utiliza comúnmente en tintas de impresión, plásticos y pinturas para artistas.
- Quinacridona: los pigmentos de quinacridona proporcionan colores intensos y duraderos, que van desde rojos y rosas hasta violetas y naranjas. Se utilizan ampliamente en diversas aplicaciones, incluidos revestimientos y textiles para automóviles.
- Pigmentos azoicos: los pigmentos azoicos son famosos por sus vibrantes tonos amarillo, naranja y rojo. Estos pigmentos se sintetizan a partir de compuestos azo y encuentran aplicaciones en impresión, plásticos y textiles.
- Perileno: los pigmentos de perileno, derivados de compuestos de perileno, ofrecen rojos y naranjas intensos con una resistencia a la luz excepcional. A menudo se utilizan en pinturas y tintas de alta calidad.

Desde el punto de vista de Birmania citado por Jácome (2023), los pigmentos pueden ser categorizados de acuerdo a su origen, composición química y características. Por lo general, se dividen en pigmentos naturales y sintéticos según su procedencia Tabla 4.

Tabla 4.

Clasificación de colorantes naturales según la composición química.

Naturaleza química	Algunos ejemplos	Color
Tetrapirroloes	Ficobilinas	Azul-verde Verde
	Clorofila	
Carotenoides	Carotenoides	Amarillo-anaranjado
	Flavovas	Blanco-crema
Flavonoides	Chalconas	Amarillo-blanco
	Auronas	Amarillo
	Antocianinas	Rojo-azul
Xantonas	Xantonas	Amarillo
Quinonas	Naftoquinonas	Rojo-azul-verde
Derivados indióides e índoles	Indio	Azul-rosado
	Betalainas	Amarillo-rojo
Pirimidinas sustituidas	Perinas	Blanco-amarillo
	Flavinas	Amarillo
	Fenoxanizinas	Amarillo-rojo
	Fenazinas	Amarillo-púrpura

Nota: esta tabla muestra la clasificación de colorantes naturales según la composición química

Nota. Tomado de *Biotecnología para la extracción de pigmentos vegetales, para uso industrial* de Jácome (2023), <https://doi.org/10.56712/latam.v4i1.353>

También, es relevante mencionar a El Norte de Castilla (2022), los compuestos fitoquímicos son responsables de pigmentar a los alimentos y se dividen en tres categorías distintas: los carotenoides, la clorofila y las antocianinas. De igual manera, como señala Simbiosis (2024), el color de los alimentos va a venir determinado por tres tipos de sustancias: pigmentos naturales (propios del alimento), productos de reacción o aditivos alimentarios (colorantes).

Donde los pigmentos naturales más importantes se dividen en tres grupos: carotenoides, polifenoles y derivados tetrapirrólicos.

En este grupo se encuentran los carotenos, siendo los principales el licopeno del tomate, los α y β -carotenos de las zanahorias, así como las xantofilas como la zeaxantina del maíz y la yema del huevo, la luteína también presente en la yema del huevo, la violaxantina de los cítricos, la antoxantina de los crustáceos y la crocetina del azafrán Figura 13.

Figura 13.

Pigmentación y alimentación (carotenoides).



Nota. Tomado de *Pigmentación y alimentación* de Béchaux (2022), <https://www.isispharmamexico.com/pigmentacion-y-alimentacio>

Además de su capacidad antioxidante, los carotenoides son beneficiosos como protectores contra el cáncer y algunos tienen actividad vitamínica A. No obstante, no todos los carotenoides son provitamina A, por lo que no es cierto que la intensidad del color esté relacionada con su valor nutricional, y, por ende, no es verdad que las yemas de huevo más coloridas sean más ricas en vitamina A.

De igual manera los polifenoles, específicamente los flavonoides: son responsables de las tonalidades rojizas y azuladas en verduras, hortalizas y vinos. Algunos como los taninos influyen en el sabor, son astringentes y aportan “cuerpo” al vino. Las antoxantinas, por otro lado, proporcionan coloraciones amarillas o incluso pueden ser incoloras Figura 14.

Figura 14.

El color de frutas y hortalizas.



Nota. Tomado de *¿Por qué es importante el color de los alimentos?* de Fos-sas (2022), <https://www.cuerpomente.com/alimentacion/relacion-color-ali>

Asimismo, los compuestos tetrapirrólicos pueden tener su origen en plan-tas (clorofilas) o en animales (pigmentos hemo):

- Las clorofilas: son los pigmentos verdes que se encuentran en el mundo vegetal, y son una fuente natural de magnesio. Son porfirinas que se caracterizan por tener un átomo central de magnesio, y si lo pierden se forma un compuesto llamado feofitina, de color pardo, que está presente en las verduras poco frescas, deterioradas o cocidas.
- Los pigmentos hemo (hemoglobina y mioglobina) son los responsa-bles del color rojo-rosado de la carne, y son una buena fuente de hierro. La hemoglobina se encuentra en la sangre y la mioglobina en el músculo. Cuando el hierro se oxida, pasa de la forma ferrosa a la férrica, formando metahemoglobina y miohemoglobina de color pardo, por eso al calentar la carne por la exterior queda parda y el interior rosado.

Los pigmentos vegetales

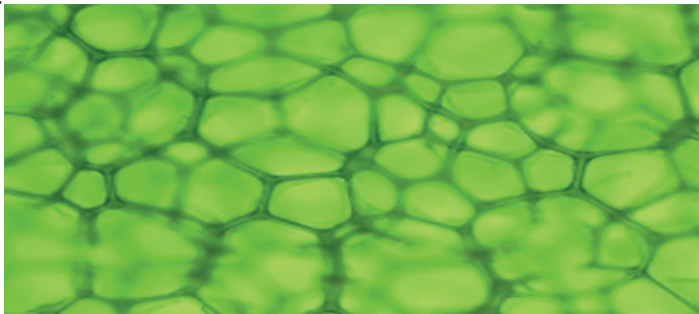
Según Hurtado citado por Jácome (2023), los pigmentos vegetales se ob-tienen de plantas (raíces, bayas, cortezas, hojas y madera) y otros elementos. En general, los pigmentos vegetales se pueden dividir en pigmentos solubles en lípidos y pigmentos solubles en agua.

Pigmentos liposolubles

Clorofilas: se obtienen de plantas y tienen un color verde; se pueden encontrar en licores, dulces, golosinas Figura 15.

Figura 15.

Clorofilas.



Nota. Tomado de *Biotecnología para la extracción de pigmentos vegetales, para uso industrial* de Jácome(2023), <https://www.epublicacoes.uerj.br/enfermagemuerj/article/download/80274/50226/310874>

Como señala Ramírez citado por Jácome (2023), el carotenoide se extrae de vegetales con tonalidades naranjas, como la zanahoria, o ciertos tipos de algas Figura 16.

Figura 16.

Carotenoide.



Nota. Tomado de *Biotecnología para la extracción de pigmentos vegetales, para uso industrial* de Jácome (2023), <https://www.epublicacoes.uerj.br/enfermagemuerj/article/download/80274/50226/310874>

Pigmentos Hidrosolubles

Tal como expresa Pochteca (2022), los colorantes pueden ser de origen natural o sintético y poseen un alto grado de solubilidad, lo que les permite ser utilizados para teñir líquidos, pastas, geles y otros productos con un elevado contenido de agua.

Por lo general, estos colorantes se presentan en forma de polvo para ser diluidos en agua, aunque también existen en formatos líquidos, sólidos, en gel y en pasta. Su característica más destacada es su notable solubilidad en diversos solventes, como el agua, y su capacidad de coloración se fundamenta en el proceso de disolución.

Donde se utilizan en alimentos, bebidas, dulces, jarabes, gelatinas, medicamentos, jugos, productos lácteos, refrescos, sopas instantáneas, polvos o harinas que requieren la adición de agua u otro líquido, entre otros usos.

También, los pigmentos hidrosolubles no tienen sabor, por lo que son adecuados para su uso en diversas preparaciones alimenticias, bebidas, aperitivos, golosinas, suplementos, polvos o lácteos. Su capacidad de disolución es perfecta para mezclarse con los productos y proporcionarles un color vibrante, atractivo y que cumpla con las regulaciones actuales.

Dentro de los colorantes hidrosolubles encontramos betalaínas, flavonoides y antocianinas Figura 17.

Las betalaínas son: colorantes solubles en agua que se extraen de la remolacha, la tuna o el betabel, de donde proviene su denominación. Estas sustancias se acumulan en flores, frutos, tallos y raíces, de las cuales se obtiene el ácido betalámico, un cromóforo soluble que presenta propiedades antioxidantes.

Existen dos categorías de betalaínas: las betacianinas, que producen un color rojo violáceo, y las betaxantinas, que generan tonos naranjas y amarillos. Generalmente, este colorante se comercializa bajo el nombre de “rojo remolacha” y se presenta en diversas formas, como polvos, concentrados y aerosoles.

Ahora bien, la extracción de las betalaínas se lleva a cabo utilizando una solución de metanol al 80%, seguida de un proceso de centrifugación a 2200 RPM durante 10 minutos, lo que permite obtener los sobrenadantes que se combinan, filtran y almacenan en frascos oscuros en condiciones de refrigeración.

Los flavonoides: término que proviene del griego “flavus”, que significa amarillo, son responsables de una amplia gama de colores que incluyen amarillo, naranja, rojo y azul. Se encuentran asociados a azúcares, formando heterósidos solubles en agua, y se obtienen de diversas plantas, vegetales y frutas, proporcionando un efecto protector contra el daño ocasionado por agentes oxidantes.

En tal sentido, la extracción de estos colorantes se realiza a partir de muestras secas y molidas, que se desengrasan utilizando n-hexano o petróleo, y el residuo se extrae con etanol al 70% para asegurar la obtención de los compuestos más polares. El extracto resultante se evapora mediante calentamiento a 50°C y se somete a particiones sucesivas con acetato de etilo, n-butanol y éter etílico.

Las antocianinas: son colorantes solubles en agua que se encuentran en las vacuolas de las células vegetales, de las cuales se obtienen colores como el rojo, púrpura y azul. El método de extracción de las antocianinas consiste en la maceración de la muestra con una solución de ácido clorhídrico al 1% o en etanol.

Figura 17.

Pigmentos Hidrosolubles.



Nota. Tomado de *Colores Hidrosolubles: Características y Aplicaciones* de Pochteca (2022), <https://mexico.pochteca.net/colores-hidrosolubles-caracteristicas-y-aplicaciones/>

Los beneficios de los pigmentos vegetales para la salud

Cabe considerar a Fossas (2022), donde expone que es importante destacar el valor de los pigmentos vegetales, donde estas sustancias trasciende su función estética y su influencia en la percepción sensorial de los alimentos.

Actualmente, se ha comprobado que los carotenoides y polifenoles desempeñan un papel crucial en la biología a través de sus propiedades antioxidantes y su capacidad para neutralizar radicales libres, que son compuestos químicos altamente reactivos capaces de dañar componentes vitales de las células, como el ADN, las membranas celulares y las proteínas.

De igual manera esta acción se relaciona con el envejecimiento, así como con enfermedades cardiovasculares, pulmonares, procesos neurodegenerativos y cáncer, contra los cuales estos pigmentos ofrecen una valiosa protección.

Sanjuan Lara (2024), los colorantes naturales están ganando popularidad en la industria alimentaria, gracias a la percepción de que son más seguros y de mejor calidad en comparación con los sintéticos. Su diversidad de aplicaciones demuestra su versatilidad y su capacidad para fomentar tendencias hacia una alimentación más saludable y sostenible, lo que indica un futuro alentador para su utilización en este sector. Además de ser una opción más saludable, estos colorantes se adhieren a las normativas alimentarias, asegurando así su seguridad.

Los colorantes naturales

Según The Food Tech (2023), los colorantes naturales provienen de diversas fuentes orgánicas, y el método de producción puede diferir según el tipo de colorante, tales como:

- **Frutas y verduras:** Numerosas frutas y verduras poseen pigmentos naturales que pueden ser empleados como colorantes. Un ejemplo es el betacaroteno, presente en las zanahorias, que se utiliza para impartir un tono naranja a los alimentos.
- **Espicias y hierbas:** Especies como la cúrcuma y el pimentón, así como hierbas como el perejil y la menta, contienen pigmentos naturales que pueden ser extraídos y utilizados como colorantes.
- **Minerales:** Algunos minerales, como el óxido de hierro, son utilizados como colorantes naturales. Estos minerales se muelen y procesan para obtener el pigmento deseado.
- **Insectos:** Ciertos colorantes de tonalidades rojas y rosadas se obtienen de insectos, como la cochinilla.

Química de los Alimentos


La ciencia de la alimentación

Capítulo VI

Compuestos que Intervienen en el Aroma y Sabor

Pablo Juan Nuñez Rodríguez

Universidad Agraria del Ecuador;

 <https://orcid.org/0000-0003-4384-9082>



Introducción

Los compuestos que intervienen en el aroma y sabor de los alimentos son fundamentales para la experiencia sensorial de la alimentación. Estos compuestos, que pueden ser volátiles o no volátiles, se originan de diversas fuentes, como los ingredientes naturales, la cocción, la fermentación y otros procesos de preparación. Entre ellos se encuentran los terpenos, aldehídos, ésteres, ácidos y fenoles, cada uno contribuyendo de manera única a la percepción del sabor y el aroma.

Donde la interacción entre estos compuestos y nuestros sentidos del gusto y el olfato es compleja y varía según la cultura, la tradición culinaria y las preferencias individuales. Comprender cómo estos compuestos afectan la calidad sensorial de los alimentos es esencial no solo para la gastronomía, sino también para la industria alimentaria.

Definición de aroma

En primer lugar, es relevante mencionar al Portal de Inocuidad (2020), el cual explica que el olor es la percepción que experimentan nuestros receptores nasales al interactuar con moléculas químicas presentes en el aire o disueltas en el agua del aire, siendo una característica inherente de la materia (por ejemplo, algunos aminoácidos contienen anillos aromáticos, es decir, estructuras químicas con la propiedad de tener aroma).

No obstante, el aroma es una sensación más compleja. Se percibe utilizando dos sentidos: naso-faríngeo, es decir, se detecta con la nariz y se completa al degustar... ¿no es curioso? Además, en la parte posterior de la lengua también tenemos receptores que identifican los sabores. Algunos autores han descubierto receptores para lo amargo en la primera parte de la laringe.

En segundo lugar, es relevante nombrar a Badui citado por Paredes (2022), donde define:

El aroma u olor es sustancia volátil la cual es percibida por la nariz al inhalar, cuando al percibir el olor mayormente es desagradable, pero cuando es agradable se llama aroma, el aroma juega un papel importante en la calidad de un alimento, si es agradable o el consumidor no lo acepta el alimento será aceptado y no aceptado. (p. 2)

En tercer lugar, es importante mencionar a Quimica.es (2024), donde explica que el aroma es una característica inherente de la materia y se define como la sensación que resulta de la recepción de un estímulo por el sistema

sensorial olfativo. La palabra “aroma” se refiere a una mezcla compleja de gases, vapores y polvo, donde la composición de la mezcla influye directamente en el aroma percibido por un mismo receptor. Aquello que no tiene aroma se llama inodoro.

Igualmente, el aroma es el objeto de percepción del sentido del olfato. El término fragancia o aroma se utiliza principalmente en la industria de alimentos o cosméticos para describir un aroma agradable, y comúnmente se usa para referirse a los perfumes. Los aromas corresponden al fenómeno objetivo de los químicos disueltos en el aire, aunque, al igual que en otros sentidos, varios factores psicológicos pueden desempeñar cierto papel en su percepción.

Según, Brf Ingredients (2020), los aromas juegan un papel crucial debido a sus propiedades sensoriales, que pueden realzar o modificar el aroma y el sabor de los alimentos. Se pueden dividir en dos categorías: sintéticos y naturales. Los aromas sintéticos abarcan tanto aquellos que son idénticos a los naturales como los que son completamente artificiales.

Asimismo, en el caso de los aromas naturales, las moléculas se extraen de fuentes animales o vegetales a través de métodos físicos, microbiológicos o enzimáticos. Por otro lado, los aromas sintéticos se generan a partir de reacciones químicas de síntesis. Cuando estas reacciones producen moléculas que no se encuentran en fuentes animales, vegetales o microbianas, se clasifican como “artificiales”.

En el mismo orden de ideas es transcendental resaltar a Gencat (2021), el cual manifiesta que el aroma es la combinación de las características de cualquier sustancia que se consume, principalmente percibida por los sentidos del gusto y el olfato, así como por los receptores generales del olor y el sabor, según los interpreta el cerebro. La percepción del gusto es una propiedad de los aromas.

De igual manera, las sustancias responsables de esta percepción son, por un lado, las responsables del gusto y, por otro, las responsables del olor. Las sustancias responsables del sabor, por lo general, no son volátiles a temperatura ambiente, por lo que interactúan con los receptores del gusto en la lengua y generan cinco percepciones del gusto: ácido, dulce, amargo, salado y umami.

Por otro lado, las sustancias responsables del olor, también conocidas como sustancias aromáticas, suelen ser compuestos volátiles que se perciben a través de los receptores olfativos retronasales y oronasales. Por lo tanto, al hablar del aroma de un alimento, es necesario considerar tanto el

olor como el sabor en su conjunto, ya que rara vez se percibirá únicamente uno de los dos.

Los compuestos que intervienen en el aroma

Los compuestos que intervienen en el aroma y sabor de los alimentos son diversos y pueden clasificarse en varias categorías. A continuación, se presentan algunos de los principales grupos de compuestos responsables de estas características:

Encontrándose los compuestos volátiles: estos son los compuestos que se evaporan fácilmente y son percibidos por el sentido del olfato.

De acuerdo con Rivera citado por Aguirre (2023), los compuestos orgánicos volátiles (COV o VOCs en inglés) se encuentran en sistemas biológicos y se refieren a moléculas de bajo peso molecular, con una amplia gama de polaridad debido a la presencia de varios grupos funcionales como alcoholes, ésteres, cetonas, aldehídos y terpenos principalmente.

Donde la mayoría de los compuestos orgánicos volátiles se encuentran en concentraciones bajas, las cuales son lo suficientemente altas para dispersarse en el entorno y alcanzar los receptores olfativos tanto de animales como de humanos, donde se identificarán los olores característicos de cada especie o variedad.

Tal como lo señala Pérez (2021), los compuestos químicos que producen olor deben ser volátiles, es decir, tener un peso molecular bajo y no tener tendencia a formar agregados de moléculas, para que el aire los arrastre con facilidad y puedan penetrar por nuestra nariz. Solo lo que es capaz de ser arrastrado por el aire, o es en sí mismo gaseoso, puede tener olor. Cuando estas moléculas llegan al fondo de nuestras fosas nasales, encuentran un montón de células que tienen en su superficie numerosos receptores. Este es el epitelio olfatorio.

De la misma forma, los compuestos que poseen un bajo peso molecular suelen contener tres átomos clave: oxígeno, nitrógeno y azufre. De estos, únicamente el oxígeno se asocia comúnmente con olores agradables, que es el enfoque de este artículo, mientras que los otros dos se abordarán en una futura discusión. En efecto, los compuestos que incluyen oxígeno, tales como aldehídos, cetonas y alcoholes, son abundantes y juegan un papel importante en los aromas de frutas, flores y otros elementos.

Según Yang citado por Aguirre (2023), los compuestos orgánicos volátiles en un vegetal pueden cambiar dependiendo de diversos factores como la variedad, la región geográfica, el clima, la cosecha o el grado de maduración.

En cuanto a Steinhaus citado por Aguirre (2023), el cual explica que es fundamental resaltar que el umbral de percepción olfativa varía según el compuesto, lo que significa que algunos compuestos volátiles en cantidades muy diluidas pueden producir un aroma fácilmente perceptible, mientras que otros necesitan una mayor cantidad para ser detectados Tabla 5.

Según Wein.Plus (2024), el umbral o límite de percepción es la capacidad de identificar los olores y sabores de las sustancias es un proceso complejo que involucra varios sentidos humanos. Las seis sensaciones gustativas (dulce, ácido, salado, amargo, umami y graso) se detectan a través del paladar y la lengua. Por otro lado, existen alrededor de 10.000 fragancias diferentes que el ser humano puede reconocer o llegar a reconocer con la experiencia adecuada. Estas se perciben olfativamente a través de la mucosa olfativa.

Tabla 5.

Umbral de detección de algunos aldehídos en alimentos.

Aldehído	Descripción	Umbral (ug/kg)	
		Olor	sabor
O=C-C=C-C=C-C	(C:6) Plátano	0.3	0.04
O=C-C=C-C=C-C-C	(C:7) Rancio	10	0.5
O=C-C=C-C=C-C-C	(C:7) Manzana podrida	4	0.055
O=C-C=C-C=C-C-C-C	(C:8) Nuez	1	0.15
O=C-C=C-C=C-C-C-C-C-C (C:11)	Grasa de pollo	2	0.25
O=C-C=C-C-C=C-C-C	(C:8) Pepino	2.5	0.35
O=C-C=C-C-C	(C:5) Manzana	2.5	0.35
O=C-C-C=C-C-C	(C:6) Tomate	0.15	0.15
O=C-C-C-C-C-C-C-C-C-C (C:10)	Naranja	34	5.5
O=C-C-C-C-C=C-C-C-C-C (C:10)	Melón	5	1

Nota. Tomado de *Aromas y Sabores para la Industria de Alimentos* de

Paredes (2022), https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/8622/Carlos_Exam.Suf.Prof_Titulo_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y

De igual manera para Madrid citado Paredes (2022), el sentido del olfato puede distinguir hasta 10,000 aromas diferentes. Estos aromas son sustancias químicas volátiles que llegan a nuestra nariz a través del aire. Los seres humanos contamos con entre 20 y 30 millones de células olfativas, lo que también sucede con el sentido del gusto, capaz de detectar sabores en concentraciones muy bajas.

En el mismo orden de ideas, es importante indicar a Pérez, citado por Paredes (2022), el cual manifiesta que existen diversas sustancias químicas en el entorno que, aunque no generan un impacto significativo por sí solas, pueden alterar el olor, aroma y sabor de los productos alimenticios cuando se combinan con ellos. De igual manera, los aditivos alimentarios, al ser incorporados a los alimentos, modifican sus propiedades técnicas, de elaboración, conservación y otros procesos, con el objetivo de mejorar las características para las cuales están destinados Tabla 6.

Tabla 6.

Potenciadores de aromas y sabor de los alimentos.

Potenciador de aroma y sabor	Numero de identificación
Acido L glutámico	E-620-Acido L Glutamico
Glutamato monosódico	E- 621-Glutamato monosódico
Glutamato monopotásico	E-622-Glutamato monopotásico
Glutamato calcico	E-623-Glutamato calcico
Glutamato amonico	E- 624-Glutamato amonico
Glutamato magnésico	E-625-Glutamato magnésico
Acido guanilico	E-626-Acido guanilico
Guanilato sodico	E-627-Guanilato sodico
Guanilato potásico	E-628- Guanilato potásico
Guanilato calcico	E- 629-Guanilato calcico
Ácido inosinico	E.630-Acido inosinico
Inosinato sódico	E-631- Inosinato sodico
Inosinato potásico	E-632-Inosinato potásico
Inosinato calcico	E-633-Inosinato calcico
5 Ribonucleotidos de calcio	E-635-5 Ribonucleotidos de calcio
5 Ribonucleotidos de sodio	E-635-5-Ribonucleotidos de sodio
Maltol	636-Maltol
Etilmaltol	637-Etilmaltol
Glicina y su sal sódica	E-640-Glicina y su sal sodico

Nota. Tomado de *Aromas y Sabores para la Industria de Alimentos* de

Paredes (2022), https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/8622/Carlos_Exam.Suf.Prof_Titulo_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Categorías de aromas alimentarios

Desde el punto de vista de Gencat (2021), en la actualidad, se pueden identificar diversas categorías de aromas alimentarios, como son las sustancias aromatizantes, las preparaciones aromatizantes, los aromas generados por procedimientos térmicos, los aromas de humo, los precursores de aromas y otras mezclas de aromas.

Donde sustancia aromatizante: se define como un compuesto químico que posee características aromatizantes.

- Preparación aromatizante: se refiere a un producto derivado de alimentos o de materiales de origen vegetal, animal o microbiológico, que no son alimentos en sí, y que se obtiene a través de métodos físicos, enzimáticos o microbiológicos apropiados, utilizando materias en su estado natural o transformadas para el consumo humano mediante uno o varios métodos tradicionales de preparación alimentaria. Este producto consiste en una combinación de diversas sustancias.
- Aroma obtenido por tratamiento térmico: es un producto que se genera mediante el calentamiento de una mezcla de ingredientes, los cuales no necesariamente poseen propiedades aromatizantes, y al menos uno de ellos contiene nitrógeno (amino) y otro un azúcar reductor. Los ingredientes utilizados para la elaboración de aromas a través de este procedimiento térmico pueden ser alimentos o materiales de base distintos a los alimentos.
- Aroma de humo: se trata de un producto que se obtiene mediante el fraccionamiento y purificación del humo condensado resultante de la combustión de madera.
- Precursor de aroma: es un producto que no necesariamente tiene propiedades aromatizantes por sí mismo y que se incorpora intencionadamente a un alimento con el objetivo exclusivo de generar un aroma a través de su ruptura o por reacción con otros componentes durante la transformación del alimento. Este precursor puede derivarse de alimentos o de materiales de base diferentes a los alimentos.
- Otros aromas: se refiere a un aroma que se añade o se destina a ser

añadido a los alimentos para proporcionarles un olor o un sabor, y que no se encuentra incluido en las definiciones anteriores.

- Ingrediente alimentario con propiedades aromatizantes: es un ingrediente alimentario distinto de los aromas que puede ser incorporado a los alimentos con el propósito principal de conferirles un aroma o modificar su propio aroma.

En el mismo orden de ideas es importante mencionar a Paredes (2022), los olores más comunes y significativos son los siguientes:

- Aromas quemados: caprilico, con fragancias a especias como canela, clavo de olor, flores o incluso olores putrefactos en otros casos.
- Olores etéreos: frutales, rancios, mentolados, resinosos, fragantes, fétidos y quemados.

De la misma forma para Etschman citado por Paredes (2022), el cual expone que existe una clasificación que maneja nueve factores odorantes:

- Fragante: Salicilato de metilo.
- Quemado: Guayacol.
- Caprilico: Etil disulfuro.
- Etéreo: 1-propanol.
- Dulzaino: Vainilla.
- Rancio: Acido butírico.
- Oleoso: Heptanol.
- Metálico: Hexanol.
- Aromático: Benzaldehido

Definición de Sabor

Según Maprysa (2020), el término “sabor” se refiere a la impresión que produce un alimento o sustancia, la cual está principalmente determinada por las sensaciones químicas que percibimos a través del sentido del gusto (en la lengua) y del olfato (en la nariz). Por lo tanto, lo que entendemos como sabor es el resultado de una combinación de sensaciones gustativas y olfativas, donde aproximadamente el 80% de lo que se experimenta como sabor proviene de las sensaciones olfativas que se detectan en la nariz al introducir el alimento en la boca Figura 18.

Figura 18.

Sabor y Aroma.



Nota. Tomado de *¿Sabor y Aroma, que son?* de Maprysa (2020), <https://maprysa.com.mx/f/¿sabor-y-aroma-que-son>

Donde la cuestión del sabor en los alimentos es de gran interés para los chefs, así como un desafío científico en el ámbito de la industria alimentaria. Se utilizan saborizantes, tanto naturales como artificiales, así como condimentos (especies), para realzar, intensificar o modificar los sabores en los alimentos.

De igual forma para Badui citado por Paredes (2022), el sabor abarca una experiencia sensorial que integra las emociones generadas por los sentidos del gusto y del olfato, y en numerosas ocasiones se ve acompañado de estímulos dolorosos, visuales, táctiles e incluso térmicos. En realidad, al hablar de sabor, se hace referencia a una respuesta que combina diversas emociones, siendo el resultado de la aceptación o el rechazo de un alimento.

De igual forma, existen varios sabores en cuanto a la evaluación sensoria, según Badui citado por Paredes (2022), Figura 19.

- Sabor dulce: cada uno de los compuestos mezclados tiene la capacidad de provocar excitaciones, por lo que se realizan análisis sensoriales para cuantificar su poder o intensidad soporífera. En el caso de los sabores dulces, se controla con respecto al poder edulcorante de la sacarosa, a la cual se le asigna un valor de 1 o 100. Las otras mezclas de compuestos dulces tendrán valores menores o mayores para provocar esa sensación Tabla 7.

- El sabor amargo: se debe al conocimiento de la estereoquímica, ya que las moléculas que desencadenan este estímulo contienen la unidad AH-B. La mayoría de compuestos amargos son ácidos orgánicos con nitrógeno y alcaloides en su composición, lo que provoca rechazo y vómito cuando el sabor es muy intenso.

Tabla 7.

Sabor de varios aminoácidos en sus formas isoméricas.

Aminoácidos	L-Isómero	D-Isómero
Acido glutámico	Único	Sin sabor
Asparagina	Insipido	Dulce
Fenilalanina	Ligero amargo	Dulce con resabio amargo
Histidina	Sin sabor amargo	Dulce
Isoleucina	Muy amargo	Dulce
Leucina	Ligeramente amargo	Muy dulce
Metionina	Sin sabor	Dulce
Serina	Ligero dulce	Muy dulce
Valina	Ligero dulce	Muy dulce

Nota. Tomado de *Aromas y Sabores para la Industria de Alimentos* de Paredes (2022), https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/8622/Carlos_Exam.Suf.Prof_Titulo_2022.pdf?sequence=1&i-sAllowed=y

- El sabor salado: está asociado al cloruro de sodio, en particular a los cationes, y se toma como referencia el NaCl. A diferencia de otras sales, esta aumenta la salivación. Las sales tienen un diámetro único, y cuando son inferiores a 6.5 Å, compuestos como NaCl y LiCl solo producen sabores salados, mientras que otros como KCl, CsCl, MgCl₂ producen sabores amargos.
- Sabor ácido: se considera como el ácido más simple y se compara con el Ácido Clorhídrico como estándar o referencia, aunque también se asocia con el ácido cítrico que produce un cierto grado de dulzor. En los ácidos orgánicos, hay una mínima diferencia en cuanto al sabor. La percepción del ácido depende del pH, de la acidez, de la molécula y del efecto amortiguador de la saliva.
- Umami o quinto sabor, según Fine Xining Lovers (2022), es un sabor distintivo difícil de explicar, se relaciona con el glutamato monosódico y otros nucleótidos, guanilato de sodio. Este sabor es muy similar al de la carne, y también está vinculado a alimentos ricos en proteínas

(pescado, quesos, huevos, salsa de soya, entre otros.). Además, se ha utilizado como potenciador del sabor y como bloqueador del sabor amargo.

Figura 19.

Los 5 sabores en los alimentos.



Nota. Tomado de *Aromas y Sabores para la Industria de Alimentos* de Paredes (2022), https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/8622/Carlos_Exam.Suf.Prof._Titulo_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Aroma y sabor en la industria de alimentos

Tal como señala, Pochteca Costa Rica (2022), la naturaleza brinda alimentos deliciosos, coloridos y con aromas agradables, pero la industria alimentaria ha ampliado la gama de olores y sabores con el fin de atraer a los consumidores con productos frescos. Los aditivos alimentarios se pueden utilizar en productos cárnicos, lácteos, panadería, repostería, aperitivos, frutas y verduras enlatadas, sopas instantáneas, carnes procesadas, entre otros, para lograr la aceptación del alimento por parte de los consumidores.

Según Maprysa (2020), los aditivos alimentarios se emplean en la industria con el propósito de realzar las propiedades organolépticas, tales como el olor, el sabor y la textura, así como los aspectos visuales de los alimentos, como el color. La característica principal de estas sustancias es su capacidad para influir directamente en los sentidos del gusto y del olfato, con el objetivo de intensificar el sabor o el aroma que ya posee el alimento, o, en su defecto, proporcionar un sabor y un aroma específicos que hagan que la comida resulte más atractiva y placentera para el consumidor.

De igual manera, como señala Duas Rodas (2023), la creación de un aroma es un proceso complejo que requiere conocimientos especializados en materias primas, tecnologías, legislación, productos finales y preferencias del consumidor. Además, se necesita una gran sensibilidad y habilidad artística para lograr un aroma que sea aprobado por los consumidores.

Química de los Alimentos


la ciencia de la alimentación

Capítulo VII

Aditivos Alimentarios

Manuel Ignacio Cando Diaz

Universidad Estatal de Milagro;

 <https://orcid.org/0009-0000-3734-4825>



Introducción

Los aditivos alimentarios son sustancias que se añaden a los alimentos con el fin de mejorar su sabor, textura, apariencia o conservación. Estos aditivos pueden ser naturales o artificiales y desempeñan diferentes funciones en los alimentos procesados que consumimos a diario. Es importante tener en cuenta que los aditivos alimentarios están regulados por las autoridades sanitarias para garantizar la seguridad de los consumidores. En este sentido, es fundamental conocer los diferentes tipos de aditivos y sus usos en la industria alimentaria.

Generalidades

En primer lugar, es importante señalar a la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2023), la cual expone que, a lo largo de la historia, se han desarrollado numerosos aditivos alimentarios con el propósito de satisfacer las demandas de la industria alimentaria. Estos aditivos son incorporados para asegurar la calidad y la seguridad de los productos alimenticios desde su producción en fábricas o cocinas industriales, pasando por los almacenes y puntos de venta, hasta llegar a los consumidores. Además, los aditivos se utilizan para alterar las características sensoriales de los alimentos, incluyendo el sabor, el aroma, la textura y la apariencia.

De igual manera, los aditivos alimentarios pueden derivarse de fuentes vegetales, animales o minerales, o ser producidos mediante síntesis química. En la actualidad, existen cientos de miles de aditivos alimentarios, cada uno diseñado para cumplir una función específica. Estos aditivos se pueden clasificar en tres categorías principales según su función.

Definición

Tal como lo expresa la OMS (2023), los aditivos alimentarios son compuestos que se incorporan principalmente a los alimentos elaborados industrialmente, con el objetivo de cumplir funciones técnicas, tales como mejorar la seguridad alimentaria, prolongar la vida útil o alterar sus características sensoriales.

Asimismo, estos aditivos no son sustancias que se consuman como alimentos por sí mismos ni se consideran ingredientes esenciales en la composición de los alimentos. En general, los alimentos que no han sido procesados o que han sido mínimamente procesados carecen de aditivos alimentarios. Figura 20.

Figura 20.

Aditivos alimentarios.



Nota. Tomado de *Aditivos alimentarios* de Organización Mundial de la Salud (OMS) (2023), <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-additives>

Según la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios citada por Vega (2021), los aditivos son “sustancias que normalmente no se consumen como alimento en sí, ni se usan como ingredientes, se añaden intencionadamente a los productos con un propósito tecnológico en la fase de fabricación, transformación, preparación, tratamiento y envasado” (p. 1).

De la misma forma Solimix (2023), explica que los aditivos alimentarios son compuestos, ya sean sintéticos o de origen natural, que se incorporan a los alimentos con el fin de optimizar su sabor, textura, color, conservación y diversas características. Además, estas sustancias se emplean para prolongar la vida útil de los productos, realzar su sabor y apariencia, así como para incrementar su valor nutricional Figura 21.

Figura 21.

Aditivos alimentarios.



Nota. Tomado de *Estas son las cinco funciones principales de los aditivos alimentarios* de Casas (2022), <https://www.mundodeportivo.com/vidae/nutricion/20220428/1001794918/son-cinco-funciones-principales-aditivos-alimentarios-act-pau.html>

Por su parte Calvo citado por Manivel (2019), muestra que con el fin de obtener la aprobación, cada aditivo debe pasar por rigurosos protocolos de investigación que abarcan: evaluaciones de toxicidad (aguda, subaguda, subcrónica y crónica), así como estudios sobre carcinogenicidad, mutagenicidad, teratogenicidad y metabolismo (incluyendo absorción, distribución y excreción), su impacto en la microbiota o en alguna función del organismo, reacciones alérgicas, interacciones con medicamentos, drogas, entre otros aspectos.

De acuerdo con la OMS (2023), los agentes aromatizantes: son compuestos químicos que se añaden a los alimentos para modificar su sabor y olor. Son aditivos comunes en la industria alimentaria y se encuentran en productos como dulces, bebidas, cereales y yogures. Pueden ser de origen natural, obtenidos de plantas o animales, o sintetizados químicamente. Los aromas naturales provienen directamente de fuentes naturales, mientras que los sintéticos a menudo se etiquetan como “naturales” si replican moléculas de origen natural.

También existen agentes aromatizantes artificiales que no se encuentran en la naturaleza. Además, ingredientes como especias y frutas deshidratadas pueden afectar el aroma y sabor, aunque no se consideran agentes aromatizantes.

De igual manera, los preparados enzimáticos: son un tipo de aditivo que puede o no estar presente en el producto alimentario final. Las enzimas, que son proteínas naturales actúan como catalizadores en las reacciones bioquímicas al descomponer moléculas grandes en sus componentes básicos.

Donde estas enzimas pueden ser obtenidas a partir de productos de origen animal, vegetal o de microorganismos como las bacterias, y se utilizan como una alternativa a los métodos químicos. Su uso es común en la repostería (para optimizar la masa), en la producción de zumos de frutas (para incrementar el rendimiento), en la elaboración de vinos y cervezas (para mejorar el proceso de fermentación) y en la producción de quesos (para favorecer la formación de cuajada).

Tipos de aditivos alimentarios

Desde el punto de vista de la OMS (2023), existen diversos aditivos alimentarios que se emplean por múltiples razones, tales como la conservación, la coloración o la edulcoración. Estos se incorporan durante las etapas de preparación, envasado, transporte o almacenamiento del alimento, convirtiéndose así en un componente del producto final.

Además, los conservantes tienen la capacidad de ralentizar el deterioro de los alimentos, que puede ser causado por factores como el aire, mohos, bacterias y levaduras. Además de preservar la calidad de los alimentos, contribuyen a prevenir contaminaciones que pueden dar lugar a enfermedades transmitidas por los alimentos, algunas de las cuales pueden ser mortales, como el botulismo.

Es decir, los colorantes se añaden a los alimentos para restaurar el color que se pierde durante su elaboración o en otros procesos de producción, o bien para proporcionar un aspecto más atractivo.

Donde los edulcorantes sin azúcar son frecuentemente utilizados como alternativas al azúcar, ya que aportan pocas o ninguna caloría a los alimentos.

Según la Vega (2021), los aditivos alimentarios se pueden clasificar según su origen en las siguientes categorías:

- **Naturales:** Son aquellos que se extraen de productos que se encuentran en la naturaleza. Ejemplos de esto son los espesantes, gelificantes y estabilizantes, como la pectina, que proviene de fuentes vegetales, y el agar, que se obtiene de algas, los cuales no requieren de procesos de laboratorio para su obtención.

- Sintéticos o artificiales: Estos aditivos se producen mediante la utilización de compuestos de síntesis que no se hallan en la naturaleza. La mayoría de los conservantes son de origen artificial, como el ácido benzoico y el ácido sórbico.

Asimismo, los aditivos alimentarios se pueden clasificar de acuerdo a la función que desempeñan, siendo de origen natural o sintético:

- Los colorantes aportan intensidad o modifican el color de los productos, haciéndolos más atractivos para el consumidor.
- Los conservantes se incorporan para prevenir alteraciones biológicas que podrían perjudicar los alimentos, como la fermentación.
- Los antioxidantes evitan o retrasan la oxidación y el enranciamiento causados por la exposición al aire o a la luz.
- Los emulsificantes o emulgentes facilitan la estabilidad de ingredientes que no son solubles entre sí, evitando su separación.
- Los espesantes incrementan la viscosidad de los alimentos, asegurando así su textura.
- Los potenciadores del sabor se utilizan para realzar el sabor natural de los productos.

Como señala, Manivel (2019), los aditivos se pueden categorizar según diferentes criterios, siendo la función tecnológica el más comúnmente utilizado. Donde el número E corresponde a un Sistema Internacional de Identificación (SIN) adoptado por la Unión Europea.

Según Calderón (2023), se identifican mediante la letra E, seguida de tres o cuatro dígitos. El primer dígito señala la categoría a la que corresponde el aditivo; el segundo dígito alude a la familia del aditivo. Los dígitos restantes se relacionan con la especie específica y permiten la identificación de la sustancia Tabla 8.

Tabla 8.

Clasificación de aditivos alimentarios de acuerdo a su función tecnológica.

SIN	Función
E100-199	Colorantes
E200-299	Conservadores
E300-399	Antioxidantes y reguladores de pH
E400-499	Espesantes, estabilizantes emulsificantes y gelificantes
E500-599	Secuestrantes, antiaglomerantes
E600-699	Potenciadores de sabor
e900-999	Varios: edulcorantes, enzimas, agentes de recubrimiento, otros
E1400-1452	Almidones modificados

Nota. Tomado de *Aditivos alimentarios: aspectos de regulación y seguridad* de Manivel (2019), <https://doi.org/10.35830/mcya.vi14.31>

Regulación de los aditivos

De igual manera para Calderón (2023), la regulación de los aditivos en los alimentos es llevada a cabo por diversas entidades.

- La Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) es el principal organismo regulador que establece las normativas legales que determinan los niveles de tolerancia para los aditivos alimentarios.
- El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), en colaboración con la FDA, se encarga de garantizar que los productores y procesadores de alimentos cumplan con las regulaciones a través de diferentes programas de control e inspección.
- El Comité de Expertos en Aditivos Alimentarios de la FAO/OMS (JECFA) actúa como un organismo internacional que establece los principios generales para la creación de la legislación relacionada con los aditivos alimentarios.
- Por último, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) es responsable de evaluar cada uno de los aditivos alimentarios basándose en la documentación presentada.

Aplicaciones, funciones y beneficios

Tal como lo expresa Solimix (2023), los aditivos alimentarios presentan una amplia gama de aplicaciones y beneficios en el envasado y la manipulación de productos, ya sean de origen natural o sintético, incluyendo enzimas y aditivos utilizados en el procesamiento. Por ejemplo, en productos líquidos como los alimentos enlatados y conservas, es común la inclusión de soluciones como agua con azúcar (almíbar) y agua con sal (salmuera). En el caso de los vegetales y legumbres enlatados, se utiliza sal (cloruro de sodio) como conservante o aditivo natural.

En lo que respecta a los aditivos sintéticos en los productos enlatados, uno de los más frecuentes es el colorante E-102 Tartrazina, que se utiliza en bebidas para otorgar un distintivo color amarillo o anaranjado. Asimismo, el colorante E-127 Eritrosina se emplea en postres y productos lácteos con sabor a fresa, como yogures y mermeladas, entre otros Figura 22.

Figura 22.

Los aditivos en alimentos y sus efectos en la salud.



Nota. Tomado de *Los aditivos en alimentos y sus efectos en la salud de Caña Nature* (2022), <https://www.cnature.es/los-aditivos-en-alimentos-y-sus-efectos-en-la-salud/>

De igual forma, es importante señalar que la lista de aditivos es considerablemente más extensa.

Resaltando que estos aditivos se incorporan principalmente para mejorar la calidad y el sabor de los alimentos, así como para prolongar su vida útil o resaltar ciertas características.

Desde el punto de vista de Maldonado (2024), las funciones esenciales de los aditivos alimentarios son las siguientes:

- **Prevención del deterioro:** los conservantes y antioxidantes desempeñan un papel crucial al impedir el deterioro de los alimentos, ya sea por la acción de microorganismos o por procesos de oxidación, lo que contribuye a extender su vida útil y a asegurar la seguridad alimentaria.
- **Mejora de las características sensoriales:** estos aditivos enriquecen las propiedades sensoriales de los alimentos, tales como el color, el aroma, el sabor y la textura, cumpliendo así con las expectativas y preferencias de los consumidores.
- **Mantenimiento del valor nutricional:** se incorporan nutrientes a los alimentos para elevar su valor nutricional, lo que ayuda a prevenir deficiencias y a fomentar una dieta equilibrada.
- **Facilitación del suministro:** proporcionan diversidad y comodidad en la oferta alimentaria, simplificando la preparación y el consumo de alimentos, especialmente aquellos diseñados para ser convenientes y de rápida disponibilidad.
- **Optimización del procesamiento:** contribuyen a mejorar las operaciones de procesamiento de alimentos, optimizando la producción y asegurando la calidad y uniformidad de los productos finales.

Asimismo, como lo indica Medline Plus citado Casas (2022), los aditivos desempeñan cinco funciones fundamentales:

- **Proporcionan una textura uniforme y suave a los alimentos:** por ejemplo, los emulsionantes previenen la separación de los productos. Los estabilizadores y espesantes contribuyen a una textura homogénea, mientras que los agentes antiapelmazantes facilitan el flujo de las sustancias.
- **Mejoran o mantienen el valor nutricional:** ciertos alimentos y bebidas son enriquecidos con aditivos para aportar vitaminas, minerales y

otros nutrientes esenciales. Entre los alimentos que suelen ser fortificados se encuentran la harina, el cereal, la margarina y la leche.

- Preservan la salubridad de los alimentos: los conservantes ayudan a mitigar el daño que algunos microorganismos pueden ocasionar al consumir ciertos productos. Además, algunos conservantes preservan el sabor de los alimentos horneados, evitando que las grasas y aceites se vuelvan rancios, y previenen que las frutas frescas se oscurezcan al estar expuestas al aire.
- Regulan el equilibrio ácido básico de los alimentos y facilitan la fermentación: existen diversos aditivos que modifican el equilibrio ácido básico de los alimentos para lograr un sabor o color específico.
- Aportan color y realzan el sabor: distintos colorantes y conservantes contribuyen a mejorar la apariencia de los alimentos. En el caso de las especias, tanto naturales como sintéticas, añaden un sabor adicional a los productos alimenticios.

Aditivos alimentarios y su influencia en la industria alimentaria

Según la Vega (2021), se identifican 27 categorías diferentes de aditivos según sus características. La industria alimentaria debe cumplir con rigurosos estándares de calidad que aseguren:

- Facilitar los procesos de elaboración de los productos alimenticios.
- No ocultar materias primas inapropiadas o perjudiciales para el consumidor.
- Haber superado todas las evaluaciones de seguridad pertinentes.
- Preservar las propiedades nutritivas de los alimentos.
- Satisfacer los requerimientos nutricionales del grupo.

Química de los Alimentos


la ciencia de la alimentación

Capítulo VIII

Tóxicos presentes en los alimentos

Ana María Mendoza Rivadeneira

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí;

 <https://orcid.org/0000-0003-2055-5882>



Introducción

La presencia de tóxicos en los alimentos es un tema de creciente preocupación en la sociedad contemporánea, dado que puede tener un impacto significativo en la salud pública. Estos tóxicos pueden ser de origen natural, como ciertos compuestos químicos producidos por plantas y hongos, o pueden resultar de la contaminación ambiental, el uso de pesticidas, y la manipulación industrial de los alimentos. Además, la acumulación de metales pesados y otros contaminantes en el suelo y el agua puede afectar la calidad de los productos agrícolas.

Asimismo, la identificación y regulación de estos tóxicos es fundamental para garantizar la seguridad alimentaria y proteger la salud de los consumidores. En este contexto, es esencial que tanto las autoridades sanitarias como los productores y consumidores sean conscientes de los riesgos asociados y trabajen juntos para minimizar la exposición a estos compuestos nocivos.

Generalidades y definiciones

En primer lugar, es relevante señalar a Dueñas (2022), donde expone que la contaminación de los alimentos por sustancias tóxicas constituye un desafío global en materia de seguridad alimentaria, representando un riesgo significativo para la salud de las personas. Los contaminantes químicos presentes en los alimentos abarcan una amplia variedad de grupos, que incluyen metales y metaloides, hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), contaminantes orgánicos persistentes (COP), compuestos perfluorados (PFC), productos farmacéuticos y de cuidado personal (PPCP), elementos radiactivos, residuos electrónicos, plásticos, nanopartículas, entre otros.

Donde algunos de estos contaminantes se encuentran de manera natural en el entorno, mientras que otros son generados por actividades humanas. Todos ellos tienen el potencial de contaminar los alimentos, ya sean cultivos, carne, pescado o mariscos, así como el agua potable, y pueden provocar efectos adversos en la salud Figura 23.

Figura 23.

Contaminantes químicos en los alimentos.



Nota. Tomado de *Contaminantes químicos más importantes en los alimentos* de ELIKA (2022), <https://personaconsumidora.elika.eus/contaminantes-quimicos-mas-importantes-en-los-alimentos/>

En segundo lugar, es notable señalar a Universidad Autonomía de Barcelona (2022), la cual muestra que los alimentos están compuestos por una variedad de sustancias químicas, tanto naturales como sintéticas, que pueden plantear riesgos para la seguridad alimentaria. Algunas de estas sustancias se incorporan intencionadamente durante el procesamiento de los alimentos, como es el caso de los aditivos (colorantes, conservantes, entre otros).

Por otro lado, existen compuestos que se hallan de manera natural en los alimentos (toxinas) o que son el resultado de la contaminación ambiental, ya sea de forma accidental o deliberada (pesticidas, metales pesados, medicamentos, residuos industriales, entre otros). En tercer lugar, se menciona a Capdevila (2023), donde manifiesta que los tóxicos en los alimentos pueden originarse de los productos que consumimos, ser introducidos durante su manipulación, resultar del procesamiento de los mismos, estar incluidos como ingredientes o aparecer de manera accidental como contaminantes.

En el mismo orden de ideas, tal como lo expresa Sastoque (2022), se consideran tóxicos a los compuestos químicos que provocan intoxicaciones, las cuales son un conjunto de alteraciones y daños ocasionados por la interacción de estos agentes con organismos vivos.

En este contexto, los tóxicos alimentarios pueden clasificarse en endógenos, que son sustancias inherentes o que se desarrollan de manera natural en la composición del alimento, y exógenos, que no forman parte del alimento, pero se incorporan a él mediante diversos procesos, como los industriales, agrícolas, logísticos, ambientales o durante su preparación, entre otros.

Tipos de toxico

Desde el punto de vista de Sastoque (2022), se pueden clasificar los tóxicos de los alimentos como los tóxicos naturales, los tóxicos intencionales, los tóxicos accidentales y los tóxicos producidos durante un proceso. Además, hay varios factores que afectan la intoxicación, entre los que se incluyen la naturaleza tóxica del agente químico, es decir, su nivel de toxicidad y la cantidad de sustancia tóxica ingerida.

Asimismo, entre los elementos tóxicos más frecuentes se incluyen insecticidas, fungicidas, fertilizantes, herbicidas, productos químicos, antibióticos, vacunas, hormonas sintéticas, alimentos balanceados industriales y granos sintéticos, entre otros.

De igual manera en la lista de sustancias tóxicas más habituales en los alimentos procesados se destacan varios aditivos, grasas trans, jarabe de maíz alto en fructosa, glutamato monosódico, sabores artificiales, colorantes artificiales, edulcorantes sintéticos, conservantes, aceite de canola, nitrito de sodio, antiaglomerantes, antiespumantes y emulsionantes, entre otros.

Para la Universitat Carlemany (2021), donde se explica que según el origen de los toxico o de estas sustancias en la toxicología alimentaria, se dividen en:

- Los tóxicos naturales: son agentes químicos que pueden provocar intoxicaciones, aunque su presencia en los alimentos suele ser ocasional. Estos compuestos pueden encontrarse en concentraciones superiores a las normales en diversos productos alimenticios. Específicamente, se identifican en plantas leguminosas, cereales, bebidas alcohólicas y con cafeína, así como en ciertas proteínas y aminoácidos, y en productos lácteos como el queso. Es importante tener en cuenta la posibilidad de intoxicación al consumir estos alimentos, especialmente si se presentan en cantidades elevadas.
- Los tóxicos intencionales: son sustancias que se incorporan a los alimentos con un propósito específico. Estas sustancias no son parte natural del alimento, sino que se añaden para mejorar características

como la conservación, el color, el sabor o la textura. Ejemplos de estos tóxicos incluyen conservantes, colorantes, saborizantes, nitratos, emulsificantes, algunas proteínas y diluyentes. Es fundamental tener en cuenta su uso y los posibles efectos en la salud, así como la regulación que los rodea.

- Los tóxicos accidentales: representan un riesgo significativo para la salud, ya que su presencia en los alimentos es difícil de detectar y cuantificar. Esto dificulta el diagnóstico de intoxicaciones, especialmente cuando se trata de sustancias desconocidas.

Entre los ejemplos de estos tóxicos se incluyen los plaguicidas que pueden encontrarse en leguminosas y cereales, así como los metales presentes en algunas bebidas estimulantes. Además, ciertas proteínas y antivitaminas también pueden actuar como agentes tóxicos accidentales. La complejidad de identificar y manejar estos tóxicos subraya la importancia de una vigilancia adecuada en la cadena alimentaria.

- Tóxicos generados por el proceso: el proceso de transformación de alimentos puede dar lugar a la generación de tóxicos. Es fundamental reconocer que, durante la manipulación y procesamiento de los alimentos, se pueden producir compuestos nocivos que afectan la calidad y seguridad del producto final. La identificación de estos tóxicos es crucial para garantizar la salud del consumidor y la integridad de los alimentos. Por lo tanto, es importante implementar medidas de control y prevención en la industria alimentaria para minimizar la formación de estas sustancias perjudiciales.

De igual forma para Dueñas (2022), la clasificación de los riesgos tóxicos, sería la siguiente:

- Sustancias tóxicas naturales en alimentos de origen animal o vegetal: numerosos alimentos pueden presentar de manera natural compuestos químicos que, al sobrepasar un umbral específico o bajo ciertas condiciones, pueden resultar perjudiciales para la salud humana. Un ejemplo de esto son la tetrodotoxina, la saxitoxina y el ácido domoico, entre otros muchos.
- La generación de micotoxinas en el cultivo de plantas: las micotoxinas son compuestos químicos que se encuentran en diversos alimentos debido a la contaminación por diferentes tipos de hongos. Este fenómeno se presenta principalmente en cereales, legumbres, frutos secos y frutas, especialmente cuando se dan ciertas condicio-

nes de temperatura y humedad y no se toman medidas para evitar su proliferación. Entre las micotoxinas más comunes se encuentran las aflatoxinas, la ergotamina y el ácido 3-nitropropanoico.

- Contaminación perjudicial de los alimentos debido a residuos industriales o pesticidas: esto se refiere a cualquier sustancia que se añade de forma no intencionada a los alimentos durante su cultivo, producción, envasado o como resultado de la contaminación del entorno. En esta categoría se pueden considerar las dioxinas, los bifenilos policlorados y diversos pesticidas, entre otros compuestos tóxicos.
- Contaminación por aditivos en los alimentos: los aditivos alimentarios son compuestos que se incorporan deliberadamente a los productos alimenticios con el objetivo de alterar sus propiedades, optimizar su conservación o adecuarlos a su uso previsto. Su utilización es habitual en la mayoría de los alimentos, y los inconvenientes aparecen cuando se exceden los límites fijados por la normativa vigente para cada aditivo o cuando hay individuos que presentan alergias a estos. Un ejemplo de ello son la tartracina y los sulfitos.

Principales contaminantes químicos

Desde el punto de vista de ELIKA (2022), los principales contaminantes químicos son sustancias que pueden tener efectos adversos en la salud humana y en el medio ambiente. Estos contaminantes se clasifican en varias categorías:

Las toxinas son sustancias nocivas generadas por microorganismos en la cadena de producción de alimentos, las cuales no pueden ser eliminadas una vez formadas.

- Las micotoxinas son: compuestos tóxicos producidos por hongos que se desarrollan en cultivos bajo condiciones climáticas favorables, como ambientes cálidos y húmedos. Estas toxinas pueden encontrarse en alimentos de origen vegetal, especialmente en cereales y sus derivados.
- Por otro lado, las biotoxinas marinas son compuestos tóxicos generados por algas que se acumulan en organismos marinos, como pescados y moluscos, representando un riesgo para la salud humana al ser consumidos.

Los contaminantes medioambientales son sustancias químicas que pueden originarse tanto de fuentes naturales como de actividades industriales. Estas sustancias tienen la capacidad de contaminar diversos elementos del entorno, incluyendo el aire, el agua y el suelo.

Además, existe el riesgo de que estos contaminantes se integren en la cadena alimentaria, afectando así la calidad de los alimentos que consumimos. Es fundamental comprender la naturaleza y el impacto de estos contaminantes para implementar medidas efectivas de prevención y control.

- Existen metales que son esenciales para la salud humana, mientras que otros, conocidos como “metales pesados”, presentan riesgos significativos debido a su toxicidad y persistencia en el medio ambiente. Entre los metales pesados más relevantes se encuentran el mercurio, el cadmio, el plomo, el arsénico y el cromo. La toxicidad de estos metales depende de su concentración, lo que subraya la importancia de monitorear y regular su presencia en diversos contextos.
- Las dioxinas y los PCBs son compuestos químicos que se originan a partir de actividades industriales. Estas sustancias tienen la capacidad de acumularse en los tejidos grasos de los organismos, lo que implica que pueden encontrarse en los alimentos de origen animal. La presencia de dioxinas y PCBs en la cadena alimentaria plantea preocupaciones sobre la salud pública, dado su potencial impacto negativo en la salud humana. Es fundamental tomar medidas para controlar y reducir la exposición a estas sustancias en el medio ambiente y en los productos alimenticios.

Los nitratos son compuestos fundamentales que provienen del nitrógeno y son cruciales para el equilibrio del ecosistema. En las últimas décadas, el uso intensivo de fertilizantes nitrogenados y residuos orgánicos ha llevado a un exceso de nitrógeno en el suelo.

Este exceso puede resultar en la acumulación de nitratos en los alimentos vegetales, lo que plantea preocupaciones sobre la seguridad alimentaria y la salud pública. Es esencial gestionar adecuadamente el uso de estos compuestos para evitar efectos adversos en el medio ambiente y en la salud humana.

- El aumento de microplásticos en los océanos representa un riesgo emergente para el medio ambiente. Estas micropartículas de plástico afectan negativamente a las especies marinas, poniendo en peligro su salud y supervivencia. Además, la presencia de microplásticos en

el agua puede llevar a que estos contaminantes se encuentren en los pescados y sus derivados, lo que plantea preocupaciones sobre la seguridad alimentaria y la salud humana. Es fundamental abordar este problema para proteger tanto la vida marina como la salud de los consumidores.

Los contaminantes de proceso son sustancias que se incorporan o se generan durante la cadena de producción de alimentos. Estos contaminantes pueden tener diversas fuentes, ya sean aditivos intencionados o subproductos no deseados del proceso de fabricación.

- Los benzopirenos son compuestos generados en procesos de cocción de alimentos grasos, como el ahumado y el asado, debido a la combustión incompleta de materia orgánica. La histamina, por su parte, es producida por bacterias presentes en los alimentos cuando no se mantienen adecuadas condiciones de higiene, lo que puede causar intoxicaciones leves, especialmente en personas intolerantes.
- Los residuos de productos fitosanitarios son pequeñas cantidades de estos productos y sus metabolitos que pueden acumularse en alimentos vegetales tras los tratamientos agrícolas. En el caso de los productos veterinarios, el uso inadecuado de antibióticos y otros medicamentos en el ganado puede resultar en residuos en alimentos de origen animal, como carne y lácteos.
- Los furanos y metilfuranos son compuestos orgánicos que se forman durante el tratamiento térmico de alimentos y son persistentes y bioacumulables. La acrilamida se genera al someter alimentos ricos en almidón a altas temperaturas, superando los 180°C. El bisfenol A, utilizado en la fabricación de plásticos para el envasado de alimentos, puede migrar a estos si no se utilizan adecuadamente Figura 24.
- Los ftalatos, presentes en plásticos como el PVC, también pueden migrar a alimentos grasos. Los nitratos y nitritos, utilizados como aditivos para prevenir el crecimiento bacteriano en productos cárnicos y lácteos, son seguros en las cantidades autorizadas.
- Compuestos como el 3-MCPD, glicidol y ésteres glicidílicos se forman durante el procesado a altas temperaturas de alimentos ricos en grasas, como en la refinación de aceites.

Figura 24.

El bisfenol A (BPA) presente en los envases de plástico y latas de metal.



Nota. Tomado de Montagu (2022), *6 'toxinas' en los alimentos que sí deberían preocuparte*, https://www.alimente.elconfidencial.com/consumo/2022-08-29/6-toxinas-en-los-alimentos-que-si-deberian-preocuparte_3477547/

Intoxicación por alimentos

Según ELIKA (2022), los contaminantes químicos representan un riesgo significativo para la salud humana, especialmente a través del consumo de alimentos y agua contaminados, lo que puede dar lugar a toxiinfecciones alimentarias. La toxicidad de estos compuestos varía según su naturaleza y la cantidad presente en los productos consumidos.

En términos generales, la mayoría de los contaminantes químicos tienden a tener efectos toxicológicos a largo plazo, lo que se conoce como toxicidad crónica, resultante de la exposición acumulativa a lo largo de la vida. Sin embargo, algunos contaminantes pueden causar toxicidad aguda, manifestándose por la ingesta de grandes cantidades en un corto período de tiempo.

Debido a lo que la presencia de contaminantes químicos en los alimentos es un problema significativo, ya que una vez que están presentes, no se pueden eliminar. Por lo tanto, es fundamental establecer y mantener niveles aceptables de estos contaminantes para proteger la salud humana. La normativa de seguridad alimentaria juega un papel crucial al definir límites máximos permitidos para los contaminantes en los alimentos.

De igual forma para la Universitat Carlemany (2021), la interacción entre un agente tóxico y un organismo está sujeta a una variedad de factores que pueden influir en el resultado de dicha exposición. Estos factores pueden incluir la naturaleza del agente tóxico, la dosis administrada, la vía de exposición, así como las características específicas del organismo afectado, como su edad, estado de salud y genética Tabla 9.

Es fundamental considerar estos elementos para comprender mejor los efectos potenciales de los agentes tóxicos y su impacto en la salud. La evaluación de estos factores es crucial para el desarrollo de estrategias de prevención y tratamiento en casos de intoxicación.

Tabla 9.

Enfermedades o intoxicaciones relacionadas con los tóxicos presentes en la cadena alimentaria.

<p>Intoxicaciones por toxinas naturales en alimentos de origen animal</p> <ul style="list-style-type: none">• Intoxicación por pescado de roca: ciguatera (ciguatoxina)• Intoxicación por marisco: formas paralítica, diarreica, neurotóxica y amnésica• Intoxicación por pez globo y pescado con tetrodotoxina• Intoxicación por miel (grayanotoxina)• Intoxicación por codornices (coturnismo) <p>Intoxicaciones por toxinas naturales de alimentos de origen vegetal</p> <ul style="list-style-type: none">• Hepatotoxicidad por infusiones (alcaloides de la pirrolizidina)• Intoxicación por almendras amargas, yuca y precursores de cianhídrico• Intoxicación por calabacín amargo (cucurbitacina)• Latirismo <p>Enfermedades por micotoxinas presentes en alimentos</p> <ul style="list-style-type: none">• Hepatopatías y hepatoma por aflatoxinas• Ergotismo por pan y otros derivados de cereales contaminados por ergotamina• Intoxicación por caña de azúcar enmohecida (ácido 3-nitropropinoico)• Aleucia tóxica alimentaria (tricotecenos)• Otras micotoxinas (ocratoxinas, patulina, zearalenona, deoxonivalenol) <p>Enfermedades por contaminación con residuos industriales o de otro tipo de los alimentos</p> <ul style="list-style-type: none">• Enfermedades por bifenilos policlorados (PCBs) en los alimentos• Cloroacné y otras patologías por dioxinas en los alimentos• Saturnismo de origen alimentario por plomo• Toxicidad por metilmercurio en los alimentos• Enfermedades por cadmio en los alimentos• Intoxicación por clenbuterol por consumo de hígado de vaca <p>Enfermedades por tóxicos formados durante el proceso de elaboración o almacenaje de los alimentos</p> <ul style="list-style-type: none">• Acrilamida• Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)• Nitritos, nitratos y nitrosaminas• Bisfenol A

Nota. Tomado de *Tóxicos en la cadena alimentaria* de Dueñas (2022), <https://nutricionclinicaenmedicina.com/wp-content/uploads/2022/12/5116.pdf>

Química de los Alimentos


la ciencia de la alimentación

Capítulo IX

Compuestos Funcionales

Manuel Oswaldo Santander Villao

Universidad Agraria del Ecuador;

 <https://orcid.org/0000-0002-5868-4084>



Introducción

Los compuestos funcionales en la química de los alimentos son sustancias bioactivas que, además de proporcionar nutrientes esenciales, ofrecen beneficios adicionales para la salud. Estos compuestos pueden ser de origen natural, presentes en frutas, verduras, granos y otros alimentos, y desempeñan un papel crucial en la prevención de enfermedades y la promoción del bienestar. Entre ellos se encuentran los antioxidantes, flavonoides, ácidos grasos omega-3 y fibra dietética, entre otros.

En el mismo orden de ideas, es relevante señalar que las investigaciones sobre estos compuestos han crecido significativamente, destacando su potencial para mejorar la calidad de vida y su impacto en la salud pública. Estudiar los compuestos funcionales no solo ayuda a comprender mejor los alimentos que consumimos, sino que también abre oportunidades para el desarrollo de productos alimenticios más saludables y efectivos.

Generalidades

En primer lugar, es relevante mencionara a Marañón (2023), el cual explica que el crecimiento de la población con enfermedades metabólicas ha incrementado el interés en los “alimentos funcionales”. Este concepto se originó en Japón en la década de 1980, con el propósito de disminuir los costos sanitarios del gobierno, en respuesta al aumento de la esperanza de vida. Se revisitaron las ideas de figuras históricas como Hipócrates y Feuerbach para fomentar un sistema alimentario que no solo se centrara en la nutrición, sino que también ofreciera beneficios tangibles para la salud de los consumidores.

Desde 1991, Japón ha implementado un reglamento que regula el etiquetado y la comercialización de alimentos de consumo común. Este reglamento se centra en aquellos alimentos que contienen componentes con funciones específicas y beneficiosas para la fisiología y la salud del ser humano. Es importante destacar que la función de estos componentes trasciende su valor nutricional, lo que implica un enfoque más amplio en la promoción de la salud a través de la alimentación.

Definición

Desde el punto de vista de Marañón (2023), los compuestos funcionales, también conocidos como compuestos bioactivos, son sustancias químicas presentes en los alimentos en pequeñas cantidades, ya sea de forma natural o añadida. Estas sustancias desempeñan funciones importantes en el organismo, contribuyendo a promover un crecimiento saludable y un envejecimiento

adecuado. Su relevancia radica en su capacidad para influir positivamente en la salud, lo que resalta la importancia de una dieta equilibrada que incluya alimentos ricos en estos compuestos.

De igual manera para Biesalski citado Guzmán (2019), “los compuestos bioactivos son considerados elementos esenciales de los alimentos funcionales y de algunos suplementos alimenticios, los cuales ocurren en la naturaleza como parte de la cadena alimentaria y pueden tener un efecto en la salud humana” (p. 5).

Según García (2020), “Un componente bioactivo de un alimento es aquel que aporta un beneficio a la salud” (P. 1).

Funciones de los compuestos bioactivos o funcionales

Tal como lo expresa Guzmán (2019), en la última década, se han identificado numerosos compuestos bioactivos que presentan efectos beneficiosos para la salud. Estos compuestos desempeñan diversas funciones, incluyendo la acción como antioxidantes, así como su capacidad para actuar como inhibidores o inductores enzimáticos. Además, algunos de ellos modulan la expresión de genes, lo que resalta su importancia en el ámbito de la salud y la nutrición. La diversidad de funciones de estos compuestos sugiere un potencial significativo para su aplicación en la prevención y tratamiento de diversas enfermedades.

Asimismo, para García (2020), los compuestos bioactivos poseen una amplia gama de funciones beneficiosas para la salud. Entre sus propiedades más destacadas se encuentran las anticancerígenas y la prevención de enfermedades cardiovasculares, especialmente asociadas a los ácidos grasos omega-3 y al ácido linoleico conjugado.

Además, los fitoquímicos ofrecen importantes beneficios, incluyendo propiedades antioxidantes, antihipertensivas, antiinflamatorias e hipocolesterolemiantes. También se reconocen efectos antimicrobianos, antitrombóticos, inmunomoduladores y de transporte de minerales en los péptidos lácteos.

En conjunto, estos compuestos bioactivos pueden desempeñar un papel crucial en la prevención de enfermedades no transmisibles, tales como el cáncer, la diabetes y las enfermedades cardiovasculares.

Los componentes bioactivos de los alimentos

Desde el punto de vista de García (2020), los compuestos bioactivos son sustancias que se encuentran en pequeñas cantidades en los alimentos y que pueden tener efectos beneficiosos para la salud. En los alimentos de origen animal, se destacan los ácidos grasos omega-3 presentes en el pescado, así como el ácido linoleico conjugado que se encuentra en la carne de rumiantes y en los productos lácteos. Otros ejemplos incluyen la luteína, que se halla en la yema del huevo, y los péptidos derivados de los lácteos Figura 25.

Por otro lado, los alimentos de origen vegetal contienen una mayor concentración de compuestos bioactivos en forma de fitoquímicos. Estos son compuestos químicos que las plantas producen y que pueden contribuir a la salud humana. La diversidad y la cantidad de estos fitoquímicos en los alimentos vegetales resaltan su importancia en la dieta y su potencial para mejorar el bienestar.

Figura 25.

La luteína de la yema de huevo tiene compuestos bioactivos.



Nota. Tomado de *Qué son los componentes bioactivos de los alimentos y cómo pueden afectar a nuestra salud* de García (2020), <https://www.bbc.com/mundo/noticias-54889315>

De acuerdo con Marañón (2023), el reino vegetal se clasifica en cuatro grandes grupos de sustancias bioactivas.

- El primer grupo incluye las sustancias fenólicas, destacando el resveratrol presente en las uvas y las isoflavonas de la soja.
- En segundo lugar, se encuentran las sustancias azufradas, como el sulforafano del brócoli y los compuestos responsables del aroma del ajo y la cebolla.
- El tercer grupo está compuesto por las sustancias terpénicas, que incluyen el caroteno de la zanahoria y el licopeno del tomate.
- Por último, se mencionan las betalainas, que son los pigmentos que otorgan color a la remolacha. Estos grupos representan una variedad de compuestos que tienen importantes propiedades nutricionales y beneficios para la salud.

En el mismo orden de ideas para Marañón (2023), el reino animal es una fuente importante de compuestos activos que son beneficiosos para la salud.

- Entre estos compuestos se destacan los ácidos grasos omega-3, que se encuentran en pescados como el atún y el salmón. Además, los lácteos y los huevos contienen péptidos, que son pequeños fragmentos de proteína con propiedades nutricionales significativas. Estos elementos subrayan la relevancia del reino animal en la alimentación y su contribución a una dieta equilibrada.
- Los ácidos grasos poliinsaturados omega-3 son compuestos esenciales que desempeñan un papel crucial en la salud cardiovascular, así como en la prevención de enfermedades como la degeneración macular, la diabetes y el asma. Su importancia ha sido objeto de estudio incluso en el contexto de la pandemia de COVID-19, donde se investigó su potencial para contribuir a terapias que aborden complicaciones cardiovasculares.
- Tradicionalmente, se asociaban los omega-3 con fuentes de origen animal, pero también se encuentran en frutos secos y son producidos por ciertos tipos de microalgas y bacterias. Esto proporciona alternativas viables para que las personas vegetarianas puedan incorporar estos ácidos grasos en su dieta de manera efectiva.
- El resveratrol ha sido objeto de numerosos estudios en años recientes, destacándose por su potencial como un antioxidante eficaz. Se

han investigado sus efectos beneficiosos, lo que sugiere que esta molécula podría tener un impacto positivo en la salud. La actividad antioxidante del resveratrol es uno de sus principales atributos, lo que lo convierte en un compuesto de interés en la investigación científica y en el ámbito de la salud.

Tal como expresa Guillén (2024), también se encuentra las proteínas alternativas.

Las proteínas son nutrientes fundamentales para el organismo humano y constituyen componentes esenciales de las células. Después del agua, se consideran las moléculas más abundantes en el cuerpo. Estas macromoléculas están compuestas por cadenas de aminoácidos que pueden variar en longitud. La secuencia y la disposición de los aminoácidos en estas cadenas están determinadas por el código genético de cada individuo, lo que resalta la importancia de la genética en la formación de proteínas.

Según Madrid Food Innovation HUB (2022), las proteínas alternativas se definen como aquellas que provienen de fuentes no animales. Originalmente concebidas como sustitutos de la carne, su aplicación se ha ampliado para incluir reemplazos de pescado, huevos y leche, lo que las posiciona como un componente crucial en la evolución de la industria alimentaria.

Donde el desarrollo de estas proteínas tiene como objetivos principales lograr un rendimiento superior en comparación con las proteínas animales, reducir los costos de producción y disminuir significativamente el impacto ambiental. Además, se busca garantizar el acceso a alimentos que sean saludables, seguros y sostenibles para la población mundial Figura 26.

Figura 26.

Las proteínas alternativas.



Nota. Tomado de *Las proteínas alternativas y las tendencias en el futuro de la alimentación* de Madrid Food Innovation HUB (2022), <https://madridfoodinnovationhub.com/news/proteinas-alternativas/>

En el mismo orden de ideas es importante señalar a Guzmán (2019), donde expone que es esencial comprender los compuestos bioactivos y cómo estos elementos pueden influir en la salud y contribuir a la prevención de diversas patologías. La identificación de estos elementos más significativos permitirá un mejor enfoque en su estudio y aplicación en la medicina preventiva.

Aparte de las múltiples soluciones que brindan las proteínas de origen vegetal, en la actualidad se están desarrollando tecnologías enfocadas en la fermentación, el cultivo celular y la bioimpresión de alimentos, logrando texturas, sabores y valores nutricionales que se asemejan cada vez más a los de las proteínas animales.

Encontrado así:

Terpenoides

Tal como lo expresa Wagner citado por Guzmán (2019), los terpenoides son compuestos químicos presentes en casi todos los alimentos naturales, con un rango de 15.000 a 20.000 estructuras identificadas. Su composición se basa en hidrocarburos insaturados cíclicos, que contienen diferentes gra-

dos de oxígeno en los grupos sustituyentes, unidos a un esqueleto básico de isopreno. La nomenclatura de los terpenoides se determina por el número de unidades de isopreno y la cantidad de átomos de carbono en la molécula.

Asimismo, estos compuestos desempeñan un papel crucial en las interacciones entre plantas y animales, así como entre plantas y microorganismos. Se clasifican en varias subclases, incluyendo los monoterpenos, como el limoneno; los diterpenos, como los retinoides; y los tetraterpenos, que abarcan los carotenoides, tales como el β -caroteno, la luteína, el licopeno y la zeaxantina.

Como señala Zhao citado por Guzmán (2019), los carotenoides son pigmentos vegetales que se encuentran de manera natural en plantas, hongos, algas y bacterias. Hasta la fecha, se han identificado más de 650 variedades en la naturaleza, de las cuales aproximadamente 100 se encuentran en la dieta a través de frutas coloridas y verduras frescas.

Dado que estos compuestos no pueden ser sintetizados por el organismo, es necesario obtenerlos a través de la alimentación o mediante suplementos. Los carotenoides más comunes en la dieta incluyen licopeno, luteína, zeaxantina, β -criptoxantina y β -caroteno. Algunos de estos carotenoides, como β -caroteno, luteína, zeaxantina y licopeno, son producidos industrialmente y se añaden a alimentos fortificados y suplementos. Además, se utilizan como colorantes en la industria alimentaria, en bebidas y en aplicaciones farmacéuticas.

También, los fitosteroles son terpenoides presentes en plantas, incluyendo compuestos como estigmasterol, sitosterol y campesterol. Su estructura similar al colesterol les permite inhibir su absorción intestinal. Actualmente, se utilizan ampliamente en el desarrollo de alimentos a partir de fitosteroles purificados.

Los compuestos fenólicos

Según Kris Etherton citado por Guzmán (2019), los compuestos fenólicos, comúnmente conocidos como polifenoles, incluyen flavonoides, estilbenoides, taninos, ácidos fenólicos y sus derivados. Estos compuestos se encuentran en todas las plantas, aunque su concentración en los alimentos puede variar según el tipo y la cantidad consumida.

Donde estos compuestos son especialmente abundantes en frutas, verduras, cereales y granos, así como en bebidas como el vino, el té y la cerveza. La diversidad de compuestos fenólicos en los alimentos es considerable, ya que su contenido depende de las características genéticas de la planta y de las condiciones en las que crece.

Los alcaloides

De acuerdo con Debnath citado por Guzmán (2019), los alcaloides son metabolitos secundarios de las plantas que se distinguen por contener uno o más átomos de nitrógeno en su estructura. Estos compuestos se encuentran de manera extensa en la naturaleza y poseen efectos fisiológicos significativos, lo que ha llevado a su uso en la medicina. Entre los alcaloides que se consumen en la dieta, se destacan la cafeína, la capsaicina y la colina, todos ellos presentes en el café.

Compuestos organosulfurados

Como señala Sahu citado por Guzmán (2019), los compuestos que contienen sulfuro se encuentran de manera natural en diversos alimentos, destacando especialmente los vegetales del tipo allium, como el ajo, la cebolla y el puerro, que son particularmente ricos en compuestos organosulfurados. Además, las crucíferas, que incluyen el brócoli y la coliflor, también son fuentes significativas de compuestos azufrados, tales como los glucosinolatos e isotiocianatos.

Donde estos compuestos han demostrado tener la capacidad de modular efectos fisiológicos a nivel celular. Por otro lado, los compuestos organosulfurados son utilizados en la industria para aportar sabor y aroma a diferentes productos alimenticios.

Lípidos - Ácidos grasos n-6 y n-3

Según Guzmán (2019), los ácidos grasos esenciales (AGE), que incluyen los poliinsaturados n-3 y n-6, no pueden ser sintetizados por el ser humano y deben ser obtenidos a través de la dieta. Mientras que el cuerpo puede producir ácidos grasos saturados y monoinsaturados, carece de las enzimas necesarias para agregar dobles enlaces en las posiciones 6 o 3, lo que hace que el ácido linoleico (n-6) y el ácido alfa-linoleico (n-3) sean esenciales.

Donde estos ácidos grasos se encuentran en aceites vegetales y en alimentos marinos como el pescado, que también contiene ácidos grasos n-3 de cadena larga, como el EPA y el DHA. El consumo de ácidos grasos n-3 ha demostrado tener efectos positivos en los niveles de colesterol y triglicéridos, lo que ha llevado a la industria alimentaria a desarrollar nutracéuticos y alimentos funcionales ricos en estos compuestos.

Probióticos y prebióticos

Tal como lo formula, Guarner citado por Guzmán (2019), los prebióticos se definen como compuestos alimentarios, en su mayoría polisacáridos y oligosacáridos que son poco digeribles por las enzimas del sistema digestivo humano, y que sirven de alimento para un grupo específico de microorganismos en el intestino.

De igual forma para Zeratsky (2022), los probióticos son microorganismos vivos que se encuentran en alimentos o suplementos, y su función principal es mantener o mejorar el microbiota normal del cuerpo, es decir, las bacterias “buenas”. Por otro lado, los prebióticos son alimentos ricos en fibra que sirven como nutrientes para el microbiota humano, contribuyendo a su equilibrio y salud. Ambos, probióticos y prebióticos, juegan un papel crucial en la promoción de un sistema digestivo saludable y en el fortalecimiento de la flora intestinal.

También, los probióticos son microorganismos beneficiosos que se encuentran en alimentos como el yogur y el chucrut. Por otro lado, los prebióticos son compuestos que favorecen el crecimiento de estos microorganismos y se hallan en alimentos como los granos integrales, las bananas, las hortalizas de hoja verde, las cebollas, el ajo, la soja y las alcachofas. Es importante destacar que tanto los probióticos como los prebióticos pueden ser añadidos a ciertos alimentos y también están disponibles en forma de suplementos alimentarios.

Química de los Alimentos

la ciencia de la alimentación

Capítulo X

Alimentos Transgénicos

Sara Pilar Aucancela Sanchez

Universidad Estatal de Milagro;

 <https://orcid.org/0009-0000-8817-0423>



Introducción

Los alimentos transgénicos son aquellos que han sido producidos a partir de organismos modificados genéticamente para incorporar características específicas, como resistencia a plagas, mayor contenido nutricional o tolerancia a condiciones ambientales adversas. Esta tecnología ha generado debate y controversia en la sociedad, ya que plantea cuestiones sobre su seguridad, impacto en la salud y el medio ambiente, así como aspectos éticos y económicos. En esta sección, exploraremos algunos aspectos clave relacionados con los alimentos transgénicos y sus implicaciones en la actualidad.

Definición

En primer lugar, es importante señalar a Flores (2023), donde expone:

Los alimentos transgénicos son organismos que poseen en su composición uno o varios genes diferentes de los que se les atribuyen en un principio. Mediante técnicas de biotecnología, se pueden utilizar genes extraídos de seres vivos, modificados en laboratorios y reintroducidos en el mismo u otro organismo. Técnicamente se conocen como Organismos Modificados Genéticamente (OMG) y su objetivo es dotar a estos organismos de cualidades especiales de las que carecerían. De este modo, las plantas transgénicas pueden sobrevivir a plagas, aguantar mejor las sequías, o resistir el efecto de algunos herbicidas. (p. 1)

En segundo lugar, es relevante mencionara a Ondarse (2022), donde define que los alimentos transgénicos son plantas que han sido alteradas a través de la ingeniería genética y otras técnicas de biotecnología, con el objetivo de dotarlas de nuevas características y conseguir cosechas más robustas, abundantes y/o con productos de mayor tamaño.

De igual manera, estos alimentos se desarrollan en el marco de proyectos de mejora de especies, utilizando métodos que van más allá de la selección natural o la hibridación, que a menudo resultan en productos estériles, al incorporar genes de especies similares para realizar modificaciones específicas en su reproducción.

Asimismo, la primera planta transgénica fue creada en 1983, y en 1986 la multinacional Monsanto comenzó su comercialización; esta planta de tabaco había recibido un gen que le confería resistencia al antibiótico Kanamicina. En 1994, Calgene lanzó al mercado el primer producto transgénico, los tomates Flavr Savr.

Actualmente, estas técnicas de modificación genética se aplican a cultivos como el maíz y la soja, entre otros, mediante la comercialización de semillas transgénicas producidas por grandes corporaciones de agrotecnología. Los cinco países que generan la mayor parte (casi 95%) de organismos genéticamente modificados son Canadá, Estados Unidos, Brasil, Argentina y China.

En tercer lugar, tal como expresa The Food Tech (2023), los alimentos transgénicos, u organismos genéticamente modificados (OGM), son productos cuyo material genético ha sido modificado a través de técnicas de ingeniería genética. Esta modificación permite la transferencia de genes entre diferentes especies, incluso entre organismos que no están relacionados. El objetivo principal de esta práctica es desarrollar características beneficiosas en los cultivos, tales como resistencia a plagas, tolerancia a herbicidas y mejoras en la calidad nutricional Figura 27.

Figura 27.

Alimentos transgénicos.



Nota. Tomado de *Alimentos transgénicos: características y ejemplos* de Universidad Europea (2023), <https://universidadeuropea.com/blog/que-es-un-alimento-transgenico/>

En el mismo orden de ideas, según Abrams (2023), un OGM, o producto de bioingeniería, es cualquier organismo cuyo ADN ha sido alterado para mejorar su crecimiento, desarrollo, apariencia o sabor.

Donde, en lo que respecta a la alimentación, esto suele referirse al maíz, la soja, la canola (un grano utilizado para producir aceite de cocina) y la remo-

lacha azucarera. Además, los OGM pueden aplicarse a fuentes de proteína, como el salmón o animales de granja modificados genéticamente, como el ganado y los pollos, que pueden alimentarse con maíz o soja modificados.

Tal como señala OCU (2021), los transgénicos son los organismos genéticamente modificados a los que se les han añadido genes de otra especie. Los OGM a los que simplemente se les inhibe o potencia la expresión de uno de sus genes son OGM a secas (no transgénicos).

Alimentos transgénicos ventajas y desventajas

Desde el punto de vista de Universidad Europea (2023), los alimentos transgénicos generan un amplio debate en torno a sus ventajas y desventajas. Entre los beneficios, se destaca que estos productos modificados genéticamente ofrecen protección al consumidor frente a virus y herbicidas, además de presentar un mayor tamaño y durabilidad. No se ha demostrado que su consumo tenga efectos negativos en la salud. También se resalta que las plantas transgénicas son más resistentes a plagas y condiciones climáticas extremas, lo que podría mejorar la producción agrícola.

Sin embargo, existen preocupaciones significativas sobre el impacto ambiental de los alimentos transgénicos, incluyendo la pérdida de biodiversidad. Un argumento crítico es que estos cultivos no producen semillas útiles, lo que genera una dependencia de los agricultores hacia las empresas multinacionales que controlan la producción, limitando su autonomía y capacidad de elección.

Según, The Food Tech (2023), el uso de alimentos modificados genéticamente ha generado un amplio debate. Algunas personas consideran que representan una solución segura y efectiva para mejorar la producción alimentaria y la nutrición. Entre sus beneficios se encuentran:

- Aumento de la productividad agrícola: a través de la modificación genética, se han creado cultivos que son resistentes a diversas enfermedades y plagas, lo que disminuye la necesidad de aplicar pesticidas y otros productos químicos. Asimismo, se han desarrollado variedades que pueden soportar condiciones climáticas adversas, como sequías o temperaturas extremas, asegurando así una mayor disponibilidad de alimentos en áreas con problemas de escasez.
- Mejora en la calidad nutricional: algunos cultivos han sido alterados para incrementar su contenido de vitaminas, minerales y otros nutrientes esenciales. Por ejemplo, se han creado variedades de arroz

transgénico enriquecido con vitamina A, lo cual es especialmente importante en regiones donde la deficiencia de esta vitamina es frecuente y provoca problemas de salud.

- Disminución del uso de agroquímicos: esto resulta en una reducción en la aplicación de herbicidas, lo que minimiza los efectos negativos sobre el medio ambiente y la salud humana. Además, se han desarrollado cultivos que son resistentes a insectos plaga, lo que reduce la necesidad de utilizar pesticidas, favoreciendo así una agricultura más sostenible.

De igual manera para The Food Tech (2023), los alimentos transgénicos presentan varias desventajas que generan preocupación en la sociedad. Una de las principales inquietudes es su posible impacto en la salud humana. Aunque no hay un consenso científico definitivo, algunos estudios sugieren que los organismos genéticamente modificados (OGM) podrían tener efectos adversos a largo plazo, incluyendo la posibilidad de causar alergias.

- Además, se plantean riesgos ambientales significativos. Existe el temor de que los genes modificados puedan cruzarse con especies silvestres, lo que podría dar lugar a híbridos no deseados y afectar la biodiversidad.
- También se menciona la posibilidad de que los cultivos transgénicos se vuelvan invasivos, desplazando a las especies autóctonas y alterando los ecosistemas naturales.

Asimismo, a pesar de estas preocupaciones, la mayoría de las agencias reguladoras y organizaciones científicas reconocidas sostienen que los alimentos transgénicos disponibles en el mercado son seguros para el consumo humano.

Según Abrams (2023), los organismos genéticamente modificados (OGM) son comunes en una variedad de alimentos ultraprocesados. Entre los productos que suelen contener OGM se encuentran los nuggets de pollo, alimentos congelados, perros calientes, sopas enlatadas, papas fritas, hojuelas de maíz, cereales endulzados y bebidas que utilizan jarabe de maíz de alta fructosa.

Es importante destacar que, aunque estos alimentos pueden ser elaborados sin OGM, la mayoría de las marcas en el mercado utilizan ingredientes derivados de cultivos genéticamente modificados, como maíz, soja y canola. Esto resalta la necesidad de una mayor conciencia sobre la composición de los alimentos ultraprocesados y la posibilidad de elegir opciones sin OGM.

Consecuencias por la ingesta de alimentos transgénicos

Según existen algunos posibles riesgos de el consumo de alimentos transgénicos, tales como Figura 28.

Reacciones alérgicas

Uno de los temores más comunes respecto a los alimentos transgénicos es la posibilidad de que provoquen reacciones alérgicas. Se sostiene que la modificación genética puede inducir la producción de nuevos alérgenos al alterar las proteínas y los procesos metabólicos de las plantas. Sin embargo, hasta el momento no existen pruebas científicas que respalden esta afirmación.

Donde, las alergias son provocadas por proteínas que se encuentran de manera natural en diversos alimentos, como la leche, el huevo, la soja, el pescado, el maní, los mariscos, los frutos secos y los cereales que contienen gluten. Según un artículo de Science in the News de la Universidad de Harvard, no se ha demostrado que los organismos genéticamente modificados sean más o menos alérgicos que sus versiones no modificadas, y no se han identificado alérgenos en los transgénicos que han sido aprobados para el consumo humano.

Reacciones tóxicas

Desde la introducción de los alimentos transgénicos en Estados Unidos hace varias décadas, han surgido inquietudes sobre su posible toxicidad. Esta preocupación se intensificó tras un estudio independiente que reveló que ratas alimentadas con una patata OGM presentaban alteraciones en sus sistemas orgánicos.

A partir de estos resultados, se generalizó la creencia de que todos los OGM son tóxicos. Muchos críticos no discutieron si el caso era un incidente aislado relacionado únicamente con esa patata. No obstante, investigaciones más recientes no han hallado pruebas que respalden la idea de que los OGM provoquen toxicidad en los órganos.

Resistencia a los antibióticos

La resistencia a los antibióticos es una de las inquietudes planteadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en relación con los riesgos asociados a los alimentos transgénicos, específicamente en lo que respecta a la posible transferencia de genes a células del organismo o a las bacterias del sistema digestivo.

Asimismo, la OMS señala que esta situación sería preocupante si se produjera la transferencia de genes que confieren resistencia a los antibióticos, los cuales se utilizan actualmente en la producción de organismos modificados genéticamente.

Aunque la probabilidad de que tal transferencia ocurra es relativamente baja, la OMS sugiere la utilización de tecnologías de transferencia genética que no incluyan genes de resistencia a los antibióticos.

Figura 28.

Consecuencias por la ingesta de alimentos transgénicos.



Nota. Tomado de *consecuencias por la ingesta de alimentos transgénicos* de Saldaña (2023), <https://view.genially.com/651879d73cf1d700111b17e1/interactive-content-consecuencias-por-la-ingesta-de-alimentos-transgenicos>

Riesgo de Cáncer

A lo largo de los años, persiste la creencia de que los alimentos transgénicos pueden representar un riesgo de cáncer, sugiriendo que su ingesta prolongada podría estar asociada con un aumento en la carcinogénesis. No obstante, instituciones como Cancer Research UK han determinado que no hay pruebas científicas que respalden tales afirmaciones. Desde su aparición en Estados Unidos en la década de 1990, no se han registrado aumentos en los casos de cáncer vinculados a su consumo en la población.

De igual forma para García (2023), en su trabajo de investigación llego a la conclusión de que la extensión del concepto de seguridad alimentaria y su intrincada relación con diversos factores, como el crecimiento poblacional, el nivel económico, las condiciones climáticas y los aspectos sociopolíticos,

dificulta la posibilidad de una solución única que garantice su sostenibilidad a largo plazo.

Es necesario, para alcanzar y mantener esta seguridad lograr implementar una combinación de estrategias que busquen eliminar, o al menos mitigar, las desigualdades económicas y sociales, así como asegurar la producción y calidad de los alimentos, con el fin de combatir el hambre, la desnutrición y promover dietas equilibradas.

En este contexto, la biotecnología y la biofortificación de alimentos se presentan como opciones viables. A pesar de las controversias que rodean a este tema, la OMS sostiene que los alimentos modificados genéticamente disponibles en el mercado internacional han superado las evaluaciones de seguridad y es poco probable que representen riesgos para la salud; no obstante, es necesario realizar más investigaciones que respalden el uso de transgénicos y enfatizar la creación de políticas que favorezcan su desarrollo humanitario.

Asimismo, evitando el monopolio empresarial y fomentando una agricultura independiente y sostenible que permita a los países en desarrollo no solo sobrevivir, sino también avanzar y mejorar en términos nutricionales y socioeconómicos.

Fabricación de los alimentos transgénicos

Según Raduan (2022), para desarrollar cultivos transgénicos se deben cumplir ciertos procesos:

1. La identificación y selección de características específicas que se desean incorporar, como la resistencia a la sequía o a plagas. Los investigadores buscan organismos que ya posean esos rasgos en su material genético. Un ejemplo ilustrativo es el maíz, donde se utilizó la bacteria *Bacillus thuringiensis*, que produce un insecticida natural, para desarrollar una variedad de maíz resistente a los insectos, reduciendo así la necesidad de pesticidas.

- Posteriormente, los científicos seleccionan y clonan los genes que confieren las características deseadas. En el caso del maíz, se replicó el gen de *Bacillus thuringiensis* que otorga resistencia a los insectos. Luego, se procede a la inserción de este gen en el ADN de la planta utilizando tecnología especializada, asegurando que los rasgos originales de la planta no se vean alterados.
- Finalmente, los investigadores cultivan la nueva variedad de maíz en condiciones controladas para verificar que ha adquirido la resistencia a los insectos. Si la planta, ahora denominada maíz Bt, demuestra ser

exitosa, se somete a un proceso de cultivo y evaluación en invernaderos, seguido de pruebas de campo en condiciones limitadas.

Química de los Alimentos

la ciencia de la alimentación

Bibliografía



- Abrams, S. A. (19 de diciembre de 2023). *¿Son los alimentos genéticamente modificados (OGM) seguros para mi hijo?: explicación de la política de la AAP*. Healthychildren.org: https://www.healthychildren.org/Spanish/healthy-living/nutrition/Paginas/are-GMO-foods-safe-for-my-child-AAP-policy-explained.aspx?gad_source=1&gclid=Cj0KCCQjwn9y1BhC2ARlSAG5IY-60gBKxpGDPy9vw00IghauSdh-cYqIlgNKen6dsRFip1M_YnyW--WS0aAiLEEALw_wcB
- AdmonQuim. (23 de octubre de 2020). *Química en los Alimentos*. Quimiso: <https://quimisor.com.mx/quimica-en-los-alimentos/>
- Aguirre López, D. A. (2023). Compuestos orgánicos volátiles presentes en el aroma de 17 frutas exóticas en Colombia: revisión. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 10(2), 117-142. <https://doi.org/https://doi.org/10.23850/24220582.5208>
- Barrios Rios, F. A. (2019). *Análisis de Actividad de Agua en Alimentos*. Universidad Técnica Federico Santa María Sede Viña del Mar – José Miguel Carrera.
- Béchaux, S. (2022). *Pigmentación y alimentación*. Isispharma: <https://www.isispharmamexico.com/pigmentacion-y-alimentacio>
- Biolan Health . (25 de marzo de 2021). *Mecanismos de acción de las enzimas*. Biolan Health : <https://biolanhealth.com/es/mecanismos-de-accion-de-las-enzimas/>
- Brf Ingredients . (1 de octubre de 2020). *La importancia de los aromas naturales en los alimentos*. Brf Ingredients : <https://www.brfingredients.com/es/blog/posts/la-importancia-de-los-aromas-naturales-en-los-alimentos/#:~:text=Los%20aromas%20son%20sustancias%20que,el%20sabor%20de%20los%20alimentos.>
- Calderon, V. (18 de noviembre de 2023). *Aditivos alimentarios: ¿qué son y cuál es su relevancia en la industria?* Tecno Soluciones: <https://tecnosolucionescr.net/blog/816-aditivos-alimentarios-que-son-y-cual-es-su-relevancia-en-la-industria>
- Caña Nature . (23 de febrero de 2022). *Los aditivos en alimentos y sus efectos en la salud*. Caña Nature : <https://www.cnature.es/los-aditivos-en-alimentos-y-sus-efectos-en-la-salud/>

- Capdevila, D. (18 de febrero de 2023). *¿Qué es la toxicología alimentaria?* Deusto Salud: <https://www.deustosalud.com/blog/dietetica-nutricion/que-es-toxicologia-alimentaria>
- Casas, M. (28 de abril de 2022). *Estas son las cinco funciones principales de los aditivos alimentarios*. Mundo Deportivo: <https://www.mundodeportivo.com/vidae/nutricion/20220428/1001794918/son-cinco-funciones-principales-aditivos-alimentarios-act-pau.html>
- Centro Europeo de Postgrado y Empresa. (30 de julio de 2024). *La deshidratación de los alimentos*. CEUPE: <https://www.ceupe.com/blog/la-deshidratacion-de-los-alimentos.html>
- Congelados Apolo SL. (26 de abril de 2021). *Tipos y técnicas de congelación de alimentos*. Mariscosapolo: <https://www.mariscosapolo.com/blog/tipos-y-tecnicas-de-congelacion-de-alimentos/>
- DC Fine Chemicals. (15 de noviembre de 2022). *Enzimas*. DC Fine Chemicals: <https://www.dcfinechemicals.com/es/blog/enzimas-que-son/>
- Duas Rodas . (6 de octubre de 2023). *Los aromas y sus aplicaciones por la industria de alimentos y bebidas*. Duas Rodas : <https://www.duasrodas.com/blog/es/los-aromas-y-sus-aplicaciones-por-la-industria-de-alimentos-y-bebidas/>
- Dueñas Ruiz, A. R. (2022). Tóxicos en la cadena alimentaria. *Nutrición Clínica en Medicina, XVI*(3), 208-226. <https://doi.org/DOI: 10.7400/NCM.2022.16.3.5116>
- Editorial Etecé. (5 de agosto de 2021). *“Enzimas”*. Concepto.de: <https://concepto.de/enzimas/#ixzz8hbrWWzNw>
- El Norte de Castilla . (23 de diciembre de 2022). *¿Qué significa el color de los alimentos?* El Norte de Castilla : <https://www.elnortedecastilla.es/sociedad/salud/vida-sana/s>
- ELIKA. (30 de noviembre de 2022). *Contaminantes químicos más importantes en los alimentos*. ELIKA: <https://personaconsumidora.elika.eus/contaminantes-quimicos-mas-importantes-en-los-alimentos/>
- Emjuvi. (8 de abril de 2021). *Secado de alimentos por Secadores Directos o por Convección Aire Caliente – Alimentos Deshidratados*. Emjuvi: <https://emjuvi.com/blog/p-secado-de-alimentos-por-secadores-directos-o-por-conveccion-aire-caliente-ndash-alimentos-deshidratados>

- Fine Xining Lovers . (26 de julio de 2022). *¿Qué es Umami, el quinto sabor? Todo lo que necesitas saber*. Fine Xining Lovers : <https://www.finedinnglovers.com/es/noticia/que-es-umami>
- Flores, J. &. (20 de abril de 2023). *¿Qué son los alimentos transgénicos?* Muyinteresante.com: <https://www.muyinteresante.com/tecnologia/25906.html>
- Fossas, F. (1 de marzo de 2022). *¿Por qué es importante el color de los alimentos?* Cuerpo Mente: <https://www.cuerpomente.com/alimentacion/relacion-color-ali>
- Friosan . (13 de enero de 2022). *Tipos de Congelación de Alimentos*. Friosan : <https://friosan.cl/2022/01/13/tipos-de-congelacion-de-alimentos/>
- Fundación Aquae . (16 de junio de 2021). *Efecto de la actividad de agua de los alimentos en su conservación*. Fundación Aquae : <https://www.fundacionaqua.org/agua-y-alimentos/#:~:text=El%20agua%20no%20solo%20es,agua%20que%20contiene%20el%20alimento.>
- García Fernández, M. L. (2023). Alimentos Transgénicos y Seguridad Alimentaria, ¿son la solución contra el hambre y la desnutrición en los países en desarrollo? *RIECS*, **8**(1), 2530-2787. <https://doi.org/DOI>: <https://doi.org/10.37536/RIECS.2023.8.1.363>
- García Tejedor, A. (11 de noviembre de 2020). *Qué son los componentes bioactivos de los alimentos y cómo pueden afectar a nuestra salud*. BBC.com: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-54889315>
- Garrote, P. (30 de noviembre de 2022). *Liofilización: ¿qué es y qué procesos implica?* Barnalab: <https://www.barnalab.com/blog/proceso-de-lio-filizacion-y-etapas/>
- Gencat. (10 de noviembre de 2021). *Preguntas y respuestas sobre aromas alimentarios*. Gencat.cat: https://acsa.gencat.cat/es/seguretat_alimentaria/seguretat_alimentaria_per_temes/additius-aromes-enzims/aromes/preguntes_i_respostes/index.html
- Guillén Valera, J. (8 de agosto de 2024). *¿Qué son las proteínas?* Cuidate Plus: <https://cuidateplus.marca.com/alimentacion/diccionario/proteinas.html>
- Guzmán Pérez, V. &. (2019). *Compuestos Bioactivos en Alimentos Funcionales y Suplementos Alimenticios: Rol en la Salud, Prevención de Enfermedades y Regulación en Latinoamérica y El Mundo*. The International

- Life Science Institute (ILSI). <https://infoalimentario.com/wp-content/uploads/2020/05/compuestos-bioactivos2020.pdf>
- Herbalife. (8 de febrero de 2024). *¿Cuáles son los tipos de vitaminas y para qué sirven?*. Herbalife: <https://www.herbalife.com/es-pe/recursos-de-bien-estar/articulos/c>
- Higiene Alimentaria . (12 de marzo de 2024). *APPCC: ¿porqué es importante el valor “actividad del agua” para la seguridad alimentaria?* Higiene Alimentaria : <https://higieneambiental.com/actividad-del-agua-appcc>
- Hilgedick, A. (7 de noviembre de 2022). *Introducción a la Liofilización*. Labconco: <https://www.labconco.com/articles/introduccion-a-la-liofilizacion>
- Jácome Pilco, C. R. (2023). Biotecnología para la extracción de pigmentos vegetales, para uso industrial. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(1), 1475–1488. <https://doi.org/https://doi.org/10.56712/latam.v4i1.353>
- KDUCIDAD. (2024). *La Importancia del Agua en la Industria Alimentaria: Un Compromiso Vivo hacia un Futuro Sostenible*. kducidad: <https://www.kducidad.com/industria-alimentaria/la-importancia-del-agua-en-la-industria-alimentaria/>
- Madrid Food Innovation HUB . (29 de noviembre de 2022). *Las proteínas alternativas y las tendencias en el futuro de la alimentación*. Madrid Food Innovation HUB : <https://madridfoodinnovationhub.com/news/proteinas-alternativas/>
- Maldonado, D. (14 de febrero de 2024). *Aditivos alimentarios: todo lo que debe saber sobre su uso y relevancia* . lalimentos.com: <https://www.revistaialimentos.com/es/noticias/aditivos-alimentarios-todo-lo-que-debe-saber-s>
- Manivel Chávez, R. A. (2019). Aditivos alimentarios: aspectos de regulación y seguridad. *Milenaria, Ciencia Y Arte*(14), 15-16. <https://doi.org/https://doi.org/10.35830/mcya.vi14.31>
- Maprysa. (8 de junio de 2020). *¿Sabor y Aroma, que son?* Maprysa: <https://maprysa.com.mx/f/¿sabor-y-aroma-que-son>
- MAPRYSA. (16 de abril de 2021). *Actividad de Agua*. Maprysa: <https://maprysa.com.mx/f/actividad-de-agua>

- Marañón García, I. (18 de julio de 2023). *Compuestos bioactivos para el desarrollo de alimentos funcionales*. Tecnia.com: <https://www.tecnialia.com/blog/compuestos-bioactivos-desarrollo-alimentos-funcionales#:~:text=Estos%20componentes%20son%20lo%20que,un%20crecimiento%20y%20envejecimiento%20saludable>.
- Marnys. (23 de diciembre de 2021). *Minerales, importancia en nuestro cuerpo*. Marnys: <https://www.marnys.com/es/magazine/minerales-importantes-cuerpo/>
- Montagu, J. (29 de agosto de 2022). *6 'toxinas' en los alimentos que sí deberían preocuparte*. Alimento: https://www.alimento.elconfidencial.com/consumo/2022-08-29/6-toxinas-en-los-alimentos-que-si-deberian-preocuparte_3477547/
- Natur House . (14 de diciembre de 2022). *Vitaminas y minerales: ¿Cuáles son las diferencias?* Natur House : <https://naturhouse.es/blog/vitaminas-y-minerales-cuales-son-las-diferencias.html>
- Nestle. (19 de junio de 2023). *Beneficios de las vitaminas y minerales*. Nestle Contigo: <https://www.nestle-contigo.co/elige-tu-medida/vitaminas-minerales>
- Nicholas M. Holden, M. L. (30 de octubre de 2022). *Congelación de Alimentos*. Espanol.libretexts: [https://espanol.libretexts.org/Ingenieria/Ingeniería_Biológica/Introducción_a_la_Ingeniería_de_Biosystems_\(Holden_et_al.\)/06%3A_Sistemas_de_procesamiento/6.01%3A_Congelación_de_Alimentos](https://espanol.libretexts.org/Ingenieria/Ingeniería_Biológica/Introducción_a_la_Ingeniería_de_Biosystems_(Holden_et_al.)/06%3A_Sistemas_de_procesamiento/6.01%3A_Congelación_de_Alimentos)
- OCU. (12 de mayo de 2021). *¿Qué son los Organismos Genéticamente Modificados (OGM)?* OCU.org: <https://www.ocu.org/alimentacion/seguridad-alimentaria/informe/ogm-respondemos-a-sus-preguntas500144>
- Ondarse Álvarez, D. (2 de febrero de 2022). *“Vitaminas”*. Concepto.de.: <https://concepto.de/vitaminas-2/#ixzz8hhHkwoXc>
- Ondarse Álvarez, D. (2 de febrero de 2022). *Alimentos transgénicos*. Concepto: <https://concepto.de/alimentos-transgenicos/#ixzz8iY7iXL1f>
- Ondarse Álvarez, D. (24 de mayo de 2024). *“Biomoléculas”*. Concepto.de.: <https://concepto.de/biomoleculas/#ixzz8hZwUEeso>
- Organización Mundial de la Salud . (16 de noviembre de 2023). *Aditivos alimentarios*. OMS: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-additives>

- Paredes Gálvez, C. (2022). *Aromas y Sabores para la Industria de Alimentos*. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.
- Pérez Castells, J. (1 de septiembre de 2021). *La química y los olores (agradables)*. El Debate de Hoy: <https://eldebatedehoy.eldebate.com/noticia/ciencia/01/09/2021/la-quimica-y-los-olores-agradables/>
- Plou, F. (12 de septiembre de 2019). *¿Qué son las “enzimas promiscuas”?* 20 minutos : <https://blogs.20minutos.es/ciencia-para-llevar-csic/tag/enzimas/>
- Pochteca. (11 de julio de 2022). *Colores Hidrosolubles: Características y Aplicaciones*. Pochteca.: <https://mexico.pochteca.net/colores-hidrosolubles-caracteristicas-y-aplicaciones/>
- Pochteca Costa Rica . (19 de diciembre de 2022). *¿Qué es lo que da Sabor y Aroma en los Alimentos?* Costa Rica.Pochteca: <https://costarica.pochteca.net/que-es-lo-que-da-sabor-y-aroma-en-los-alimentos/>
- Portal de inocuidad . (15 de enero de 2020). *Análisis sensorial: armar olores*. Portal de inocuidad : <https://www.portaldeinocuidad.com/web/analisis-sensorial-armando-olores/>
- Quimica.es . (2024). *Olor*. Quimica.es : <https://www.quimica.es/enciclopedia/Olor.html#:~:text=El%20término%20“olor”%20se%20refiere,percep>
- Raduan, A. (6 de junio de 2022). *Alimentos transgénicos ¿qué son? ¿son malos o buenos?* Muyinteresante.com: <https://www.muyinteresante.com/salud/22743.html>
- Rosely. (6 de diciembre de 2023). *Cuántos Tipos De Pigmentos Existen?* Roselychem: <https://es.roselychem.com/info/how-many-types-of-pigments-are-there--91092281.html>
- Salazar Carranza, L. A. (2020). Caracterización, clasificación y usos de las enzimas lipasas en la producción industrial. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 39(4), 1-16. <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002020000400017&lng=es&nrm=iso>. Epub 01-Ene-2021. ISSN 1561-3011.
- Saldaña Parada, M. (30 de septiembre de 2023). *consecuencias por la ingesta de alimentos transgénicos*. Genially.com: <https://view.genially.com/651879d73cf1d700111b17e1/interactive-content-consecuencias-por-la-ingesta-de-alimentos-transgenicos>

- Sánchez Amador, S. A. (11 de marzo de 2021). *Biomoléculas: qué son, tipos, funciones y características*. Psicología y Mente: <https://psicologiymente.com/salud/biomoleculas>
- Sanjuan Lara, K. P. (2024). Exploración Integral de los Colorantes Naturales en la Industria Alimentaria: Desafíos y Oportunidades. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 4586-4614. <https://doi.org/> https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11668
- Sastoque Campos, M. (24 de noviembre de 2022). *Impactos de compuestos tóxicos presentes en los alimentos en la salud humana*. Virtualpro: <https://www.virtualpro.co/noticias/impactos-de-compuestos-toxicos-presentes-en-los-alimentos-en-la-salud-humana>
- Simbiosis. (2024). *El color de los alimentos*. Simbiosis: <https://cooperativasimbiosis.com/el-color-de-los-alimentos/>
- Solimix . (10 de marzo de 2023). *¿Qué son los Aditivos Alimentarios y por qué se Utilizan en los Envasados y Manipulados?* Solimix.com: <https://solimix.com/que-son-aditivos-alimentarios-por-que-se-utilizan-ensados-manipulados/>
- TELWESA. (22 de septiembre de 2022). *La importancia del agua en la industria alimentaria*. Telwesa: <https://telwesa.com/importancia-del-agua-en-la-industria/>
- The Food Tech . (8 de julio de 2023). *¿Por qué los colorantes naturales están cambiando la industria alimentaria?* The Food Tech : <https://thefoodtech.com/ingredientes-y-aditivos-alimentarios/por-que-los-colorantes-naturales-estan-cambiando-la-industria-alimentaria/>
- The Food Tech . (20 de abril de 2023). *¿Cómo las enzimas revolucionan la producción de alimentos?* The Food Tech : <https://thefoodtech.com/nutricion-y-salud/como-las-enzimas-revolucionan-la-produccion-de-alimentos/#:~:text=Las%20enzimas%20son%20mol%C3%A9culas%20grandes,separarlas%20para%20crear%20nuevas%20mol%C3%A9culas.>
- The Food Tech . (4 de junio de 2023). *Alimentos transgénicos, sus ventajas y desventajas en la industria alimentaria*. The Food Tech : <https://thefoodtech.com/industria-alimentaria-hoy/alimentos-transgenicos-sus-ventajas-y-desventajas-en-la-industria-alimentaria/>
- The Food Tech. (5 de diciembre de 2022). *Vitaminas y minerales: elementos básicos para el funcionamiento humano*. The Food Tech: <https://the->

foodtech.com/nutricion-y-salud/vitaminas-y-minerales-elementos-basicos-para-el-funcionamiento-humano/

Tinoco Martínez, G. (20 de Agosto de 2020). *El Agua en la industria alimentaria*. BM Editores: <https://bmeditores.mx/entorno-pecuario/el-agua-en-la-industria-alimentaria/>

Universidad Autónoma de Puebla. (10 de septiembre de 2019). *Importancia del agua en la química de los alimentos*. Docsity: <https://www.docsity.com/es/importancia-del-agua-en-la-quimica-de-los-alimentos/4991565/>

Universidad Autonomía de Barcelona. (2022). *Toxicología de los Alimentos*. UAB: <https://www.uab.cat/guiesdocents/2021-22/g103257a2021-22iSPA.pdf>

Universidad Europea. (13 de julio de 2023). *Alimentos transgénicos: características y ejemplos*. Universidad Europea.com: <https://universidadeuropea.com/blog/que-es-un-alimento-transgenico/>

Universitat Carlemany . (18 de marzo de 2021). *¿Qué es la toxicología alimentaria?* Universitat Carlemany : <https://www.universitatcarlemany.com/actualidad/blog/que-es-la-toxicologia-alimentaria/>

Vega, G. (25 de enero de 2021). *Aditivos alimentarios: ¿qué son y cuál es su relevancia en la industria?* The Food Tech: <https://thefoodtech.com/ingredientes-y-aditivos-alimentarios/aditi>

Vilarrasa, A. (9 de julio de 2023). *Minerales: qué son, beneficios y clasificación*. Mejor con salud: <https://mejorconsalud.as.com/minerales-que-son-beneficios-y-clasificacion/>

Villén, M. (26 de junio de 2019). *QUÉ SON LAS ENZIMAS*. CONASI: <https://www.conasi.eu/blog/consejos-de-salud/que-son-las-enzimas/>

WaterTechnologiesdeMéxico. (2 de agosto de 2023). *La importancia de la calidad del agua en la industria alimentaria*. WaterTechnologiesdeMéxico: <https://www.tratamientosdeagua.com/ventaenlinea/blog/Purificador-de-agua/La-importancia-de-la-calidad-del-agua-en-la-industria-alimentaria>

Wein.Plus . (2 de agosto de 2024). *Umbral de percepción*. Wein.Plus : <https://glossaire.wein.plus/umbral-de-percepcion>

WUOLAH. (14 de noviembre de 2023). *Biomoléculas: Concepto, Tipos y Funciones*. WUOLAH: <https://wuolah.com/blog/biomoleculas/>

-
- XNOMIND. (5 de noviembre de 2019). *Disoluciones acuosas*. Disoluciones:
<https://disoluciones.net/disoluciones-acuosas>
- Yubrain. (30 de diciembre de 2020). *¿Qué es una solución acuosa?* Yubrain:
<https://www.yubrain.com/ciencia/quimica/que-e>
- Zeratsky, K. (22 de septiembre de 2022). *¿Qué son los probióticos y los prebióticos?* Mayo Clinic: <https://www.mayoclinic.org/es/healthy-lifestyle/nutrition-and-healthy-eating/expert-answers/probiotics/faq-20058065#:~:text=Los%20probióticos%20son%20alimentos%20o,nutrientes%20para%20la%20microbiota%20humana.>

Química de los Alimentos

la ciencia de la alimentación



Publicado en Ecuador
Octubre

Edición realizada desde el mes de febrero del 2024 hasta octubre del año 2024, en los talleres Editoriales de MAWIL publicaciones impresas y digitales de la ciudad de Quito.

Quito – Ecuador

Tiraje 50, Ejemplares, A5, 4 colores; Offset MBO
Tipografía: Helvetica LT Std; Bebas Neue; Times New Roman.
Portada: Ilustrada