



Proteínas y aminoácidos en alimentos. Alteraciones.

Apellidos, nombre	Cardona Serrate, Fernando (fcardona@tal.upv.es)
Departamento	Departamento de Tecnología de Alimentos
Centro	E.T.S. de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural Universitat Politècnica de València



1 Resumen de las ideas clave

En este artículo docente se abordan las alteraciones que se pueden producir en los alimentos en el contenido de proteínas y aminoácidos, tanto durante la conservación como durante el procesado industrial. Tras exponer las alteraciones más importantes y los usos en tecnología de alimentos, se hace un repaso a la afectación del valor nutricional y la calidad de las proteínas provocados por estos cambios.

2 Objetivos

Tras leer este documento con detenimiento el alumno será capaz de:

- Describir adecuadamente los cambios que se producen en las proteínas y aminoácidos durante su conservación o durante los tratamientos aplicados en el procesado industrial o doméstico.
- Explicar qué cambios en los aminoácidos y proteínas del alimento son deseables y cuáles producen su alteración, o bien la pérdida de calidad o valor nutricional.
- Utilizar los conocimientos adquiridos conocer qué tratamientos producen esas alteraciones en proteínas y aminoácidos, con la intención de poder evitarlos o favorecerlos.

3 Introducción

Los **aminoácidos** son los componentes estructurales unitarios que **se combinan para formar las proteínas**. Las proteínas son la **fuentes** más abundante de **nitrógeno** más abundante en la dieta y en el cuerpo. Son uno de los cuatro tipos de biomoléculas complejas presentes en las células y tejidos, junto a los ácidos nucleicos, los polisacáridos y los lípidos.

Los **aminoácidos** son los constituyentes estructurales de las proteínas, y esa es su principal función en el organismo. Sin embargo, los aminoácidos libres tienen múltiples **funciones reguladoras** relacionadas con la **salud y la enfermedad**. En general, estas funciones no proteicas de los aminoácidos cumplen funciones importantes en el mantenimiento de funciones inmunes y otras funciones protectoras, digestivas, cognitivas y neuromusculares. Por ejemplo, la glicina tiene funciones antiinflamatorias, inmunomoduladoras y citoprotectoras. La cisteína tiene un papel en la regulación de la síntesis de glutatión y por lo tanto en la protección contra el daño oxidativo. La arginina es precursora del óxido nítrico, con funciones vasodilatadoras, además de estimular la liberación de algunas hormonas como la insulina y la hormona del crecimiento. También vale la pena señalar que estas funciones son ejercidas principalmente por aminoácidos no esenciales, por lo que la vía de síntesis de novo y la cantidad aportada en la dieta de estos aminoácidos o sus precursores son importantes en la modulación de estas condiciones fisiológicas y fisiopatológicas.

Además, los aminoácidos también tienen propiedades como **nutrientes**, ya que, en períodos de ayuno, el esqueleto carbonado de los aminoácidos puede catabolizarse como fuente de energía, para producir piruvato o intermediarios del ciclo de Krebs (aminoácidos glucogénicos), acetyl-CoA o acetoacetyl-CoA que pueden dar ácidos grasos o cuerpos

cetónicos (aminoácidos cetogénicos), o ambos tipos de compuestos (aminoácidos **glucogénicos y cetogénicos**).

Los aminoácidos **esenciales** (Tabla 1) son aquellos que el organismo no puede sintetizar a partir de materiales normalmente disponibles y a velocidad acorde con las demandas del propio organismo para su crecimiento y mantenimiento. Esto implica, por lo tanto, que la única fuente de estos aminoácidos es la ingesta en la dieta. Se denominan aminoácidos **no esenciales** a los que el organismo puede sintetizar por sí mismo, y que por lo tanto no precisan de una ingesta directa en la dieta. Los aminoácidos **condicionalmente esenciales** son aquellos que por lo general no son esenciales, pero en determinadas situaciones, como enfermedad o estrés, pueden serlo. En estas condiciones la demanda metabólica de estos aminoácidos puede superar la velocidad biosintética del organismo, pasando a ser esenciales, es decir, debiendo ingerirse en la dieta. La **pérdida de valor nutricional** de una proteína durante el procesado o almacenamiento, será **más importante si se pierden aminoácidos esenciales**, ya que deben ser ingeridos obligatoriamente en la dieta.

Esenciales	No esenciales	Condicionales
Histidina (His, H)	Alanina (Ala, A)	Arginina (Arg, R)
Isoleucina (Ile, I)	Asparagina (Asn, N)	Cisteína (Cys, C)
Leucina (Leu, L)	Aspartato (Asp, D)	Glicina (Gly, G)
Lisina (Lys, K)	Glutamato (Glu, E)	Glutamina (Gln, Q)
Metionina (Met, M)	Serina (Ser, S)	Prolina (Pro, P)
Fenilalanina (Phe, F)		Tirosina (Tyr, Y)
Treonina (Thr, T)		Taurina*
Triptófano (Trp, W)		Ornitina*
Valina (Val, V)		Citrulina*

Tabla 1. Clasificación de los aminoácidos desde el punto de vista de la nutrición humana. Se indica entre paréntesis la nomenclatura de 3 y 1 letra. Se marcan con * los que no forman parte de proteínas, pero con valor nutricional en determinadas situaciones, Modificado de Gibney M., et al. 2009.

Las **proteínas** son macromoléculas poliméricas formadas por unidades estructurales denominadas **aminoácidos**. Los aminoácidos son moléculas de bajo peso molecular formados por C, H, O, N y S, y los que forman parte de las proteínas son α -aminoácidos, es decir, el grupo **amino** (-NH₂) y el **carboxilo** (-COOH), están unidos al **carbono central o C α** . (Figura 1). Pueden tener otros grupos sustituyentes en las **cadena laterales o radicales (R)**, que van a determinar sus características físico-químicas, es decir su carácter hidrófobo o hidrófilo, polar o apolar, y ácido o básico. La R puede ser desde un solo H hasta una cadena carbonada compleja con grupos funcionales.



Las proteínas se sintetizan en los **ribosomas** por **traducción** de las moléculas de ácido ribonucleico mensajero (ARNm), utilizando el código genético. Cada tres nucleótidos (codón) codifica un aminoácido, aunque existen varios codones para codificar el mismo aminoácido (degeneración del código genético). El ensamblaje de los aminoácidos para formar las proteínas se realiza mediante **enlace peptídico**. Las cadenas de aminoácidos pueden clasificarse en **oligopéptidos** (menos de 10 aminoácidos), **polipéptidos** (entre 10 y 100) y **proteínas** (más de 100).

Las proteínas son **esenciales** para el funcionamiento de todas las células y los tejidos, con **funciones estructurales, enzimáticas, de transporte, contráctiles o de movimiento, con función homeostática, hormonal o señalizadora, o función inmunológica**. Las proteínas son las moléculas más abundantes de la célula, con estructuras y tamaños muy variables, y pueden desempeñar una o varias funciones. Las proteínas son **esenciales** para la vida, entre otras por su **función plástica**, ya que constituyen el 80 % del contenido no acuoso de la célula y el 50% de los tejidos. El **crecimiento, la reparación y el mantenimiento del organismo** dependen de las funciones de las proteínas. Aunque existen más de 100 aminoácidos, los de interés biológico son 20, que además son los más abundantes en la naturaleza. Están codificados en los ácidos nucleicos por tres nucleótidos, lo que se denomina código genético. En lo referente a su fisiología, existen aminoácidos esenciales (deben ingerirse en la dieta porque no pueden sintetizarse), no esenciales (pueden sintetizarse por el organismo) y condicionales (esenciales en determinadas situaciones).

Las proteínas y los aminoácidos cumplen **numerosas funciones**, y algunos varias a la vez. No es sorprendente, por lo tanto, que ingestas inapropiadas de proteínas y aminoácidos tengan consecuencias importantes en las funciones del organismo, así como en la salud y bienestar del individuo.

Los síntomas de **carencias de aminoácidos** pueden ser nerviosismo, fatiga, mareo, pérdida de cabello, uñas secas y quebradizas, disminución de la masa muscular, aumento del apetito, reducción de la función inmunológica, pérdida de densidad ósea e hinchazón. La deficiencia de aminoácidos esenciales es distinta de la malnutrición por **deficiencia de proteínas**, que se manifiesta como marasmo o kwashiorkor, es decir, con síntomas de malnutrición generalizada.

4 Desarrollo

En este apartado se desarrollará el concepto de alteración de las proteínas y aminoácidos, tanto por degradación natural como durante el procesado. Posteriormente se indicará cuáles son las recomendaciones para evitar esta degradación cuando no es deseable.

4.1 Alteraciones de las proteínas en los alimentos

La principal alteración que puede producirse durante el procesado de alimentos es la **desnaturalización de proteínas**, es decir, la pérdida de su estructura nativa, y por lo tanto la pérdida de su función biológica. La desnaturalización de proteínas puede producirse por **factores físicos** (temperatura y presión) o **químicos** (pH alto o bajo, disolventes, detergentes y sales). Es obvio que muchos de estos factores se utilizan comúnmente en valores extremos



como tratamiento en el procesado de alimentos, además de que pueden producirse variaciones importantes en ellos durante el almacenamiento.

El **tratamiento térmico**, dependiendo de su intensidad, puede producir: inactivación de enzimas, inactivación de inhibidores de proteasas, desnaturalización y precipitación de proteínas. La desnaturalización de proteínas también se usa comúnmente como **técnica de conservación** de alimentos, para **inactivar enzimas** hidrolíticas y oxidativas que degradan el alimento, o bien producen aroma, textura o sabor no deseados (proteasas, oxidasas lipasas, amilasas, lipoxoigenasas y polifenoloxidasas, por ejemplo), pero también para producir yogures o queso a partir de la leche, desnaturalizando (coagulando) sus proteínas por pH o de forma enzimática, respectivamente. La desnaturalización también puede servir para **mejorar la digestibilidad** de algunas proteínas, y por tanto la **absorción de los aminoácidos** a nivel intestinal (proteínas hidrolizadas). La desnaturalización abre las cadenas polipeptídicas y facilita el acceso de los enzimas digestivos (proteasas), aumentando su biodisponibilidad. Esto es especialmente interesante para el caso de triptófano y aminoácidos azufrados, que de otra forma están poco biodisponibles. El tratamiento térmico para aumentar la digestibilidad es especialmente interesante en el caso de las legumbres, semillas y huevos, que contienen **factores antinutritivos** (inhibidores de proteasas de la digestión), que se destruyen fácilmente por el calor. También es interesante inactivar las lectinas vegetales, ya que alteran la absorción y transporte de nutrientes en la mucosa intestinal.

Sin embargo, esa desnaturalización también **puede ser un problema**, principalmente cuando se desea conservar la función de alguna proteína presente en el alimento, y no renaturaliza al cesar el tratamiento (**desnaturalización irreversible**). La desnaturalización también provoca la **pérdida de solubilidad de la proteína** (por ejemplo, en el queso), lo que a veces también puede ser un problema, ya que puede cambiar la **viscosidad**, la **textura** y el **color**, e incluso el estado de agregación del alimento (por ejemplo, pasando de líquido a sólido). Muchos de estos cambios pueden ser deseables en algunos casos (por ejemplo, en el queso), y no deseables en otros (por ejemplo, en una salsa o puré). La desnaturalización también es un problema cuando se utilizan péptidos o proteínas bioactivas en **alimentos funcionales**, ya que deben conservar su función biológica para ejercer su efecto beneficioso en el organismo.

También los **microorganismos** pueden hidrolizar o desnaturalizar las proteínas y los aminoácidos de los alimentos por **fermentación** (normalmente deseable) o **putrefacción** (normalmente no deseable).

4.2 Alteraciones de los aminoácidos en los alimentos

El principal problema nutricional de la desnaturalización por **calor** en lo referente a aminoácidos es la **reducción de la lisina** (aminoácido esencial) **disponible**. También se ven afectados los aminoácidos azufrados, que pueden sufrir **desulfuración** por calor, perdiendo su grupo sulfhidrilo y desprendiéndose además anhídrido sulfuroso y otros sulfuros volátiles, de olor desagradable.

Los **cambios químicos** que ocurren con estas alteraciones pueden alterar los grupos funcionales de los **aminoácidos** y reducir el valor nutritivo de las proteínas, y por tanto del alimento que la contiene. Los aminoácidos pueden, por ejemplo, oxidarse, reducirse, modificarse o glicosilación mediante reacción de Maillard.

Una de las reacciones que degrada los aminoácidos de los alimentos durante el almacenamiento o procesado es la **oxidación**, que afecta sobre todo a aminoácidos aromáticos y azufrados (triptófano, tirosina e histidina), resultando en la formación de hidroperóxidos y sulfóxidos, que a su vez son bastante reactivos. Por otro lado, la **ciclación** de treonina, triptófano, glutámico y aspártico produce a veces compuestos cíclicos tóxicos. La **deshidratación**, que ocurre a pH alcalino o con un tratamiento térmico intenso en los aminoácidos hidroxilados (treonina y serina), produce deshidroalanina, que además puede reaccionar con la lisina dando lugar a nuevos aminoácidos. La **reacción de Maillard** (pardeamiento no enzimático) que ocurre entre aminoácidos y azúcares reductores, afecta principalmente a lisina y arginina. La **racemización** (Figura 1), favorecida a pH alcalino o temperaturas muy elevadas, transforma los L-aminoácidos en sus isómeros D, cuyos enlaces peptídicos no son tan eficazmente digeridos por las proteasas humanas, ni se internalizan bien en la mucosa intestinal, disminuyendo el valor nutricional de las proteínas. Además, los D-aminoácidos no forman parte de las proteínas naturales, por lo que no pueden ser utilizados para biosíntesis, solo para su degradación como fuente de energía. La **formación de nuevos aminoácidos** genera lisinoalanina, lantionina y ornitinoalanina. La lisinoalanina se ha demostrado tóxica en animales de laboratorio, más en forma libre que unida a proteínas. El **entrecruzamiento** por formación de enlaces covalentes isopeptídicos (Figura 2) dentro de las proteínas, se forma solo en condiciones térmicas extremas, que no suelen darse en el procesado de alimentos. Se produce de forma diferente al enlace peptídico, por la reacción del grupo amino libre de la lisina con el grupo carboxilo aspártico, glutámico, glutamina o asparragina. El entrecruzamiento provoca, además de la pérdida de lisina, lo imposible de diferir los enlaces isopeptídicos y los que están a su alrededor, produciéndose una pérdida de valor nutricional importante de la proteína y el alimento que la contiene. La **pirolisis** se produce a temperaturas superiores a 200°C (por ejemplo, horneado, asado, a la parrilla), y produce compuesto con actividad mutagénica a partir de la condensación de creatinina, azúcares y fundamentalmente los aminoácidos lisina, glicina, alanina, treonina, triptófano y ácido glutámico.

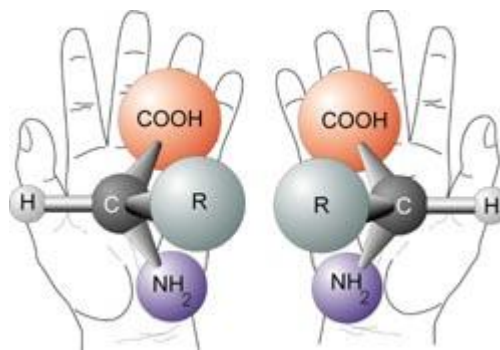


Figura 1. Racemización de un aminoácido. Fuente: Wikimedia commons.

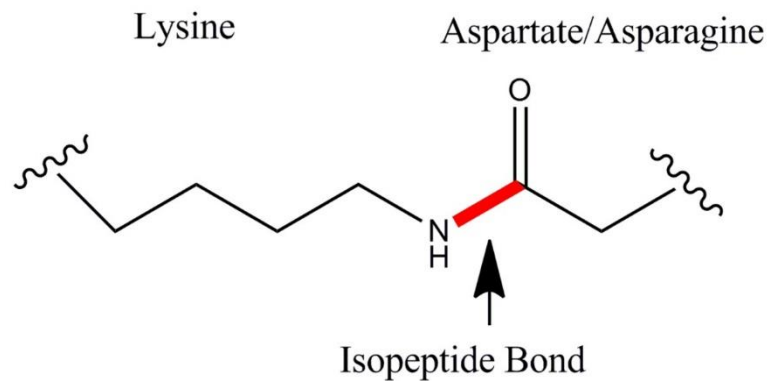


Figura 2. Enlace isopeptídico entre la lisina y el aspartato o asparragina

Fuente: Wikimedia commons.

Las **aminas biogénicas** se forman por descarboxilación de aminoácidos debido a la acción de enzimas del alimento o de los microorganismos que crecen en él, y son de elevada importancia en carnes, y principalmente en pescados, ya que producen olor desagradable a descomposición. Además, son compuestos termoestables, por lo que no desaparecen si el tratamiento térmico no es adecuado, ni tampoco se inhibe su formación por bacterias psicrófilas a bajas temperaturas. Se producen a partir de arginina (que se convierte en agmatina), histidina (histamina), lisina (cadaverina), ornitina (putrescina) y tirosina (tiramina). Algunas de estas aminas tienen además actividad biológica, como la histamina, que puede causar trastornos gastrointestinales, cutáneos y neurológicos. La putrescina y la cadaverina pueden potenciar los efectos tóxicos de la histamina. Por otro lado, la tiramina estimula la actividad cardíaca y aumenta la presión sanguínea, causa cefaleas y causa sensación de saciedad. Se utilizan como indicadores de frescura en productos de alto contenido proteico, como carnes, pescados, huevos y leche.

5 Cierre

A lo largo de este objeto de aprendizaje hemos visto cómo afectan los tratamientos del alimento a las proteínas y los aminoácidos, tanto los industriales como los domésticos, o los producidos durante el almacenamiento por alteración de enzimas del alimento o microorganismos. Estos cambios en proteínas y aminoácidos pueden afectar a la calidad del alimento y/o a su valor nutritivo, por lo que es interesante conocerlos e intentar evitarlos.



6 Bibliografía

6.1 Referencias de fuentes electrónicas:

-Wikipedia. <https://es.wikipedia.org/wiki>

-Wikimedia commons. <https://commons.wikimedia.org/wiki>

- Alteraciones de proteínas en los alimentos. Álvarez-Gil, C.M.
<https://es.scribd.com/document/387189216/Alteraciones-de-proteinas-en-los-alimentos>

- Aminoácidos biogénicos. Nuevos indicadores químicos utilizados como criterios de calidad en harina de pescado. Galleguillos, M.A. <http://www.fao.org/3/ab482s/AB482S22.htm>

6.2 Referencias de libros:

-Gibney, M.J., Lanhan-New, S.A., Cassidy, A., Vorster, H.H. Introduction to human nutrition. 2ed., Wiley, 2009. ISBN 1405168072

-Técnicas básicas de microbiología y bioquímica. Rubio Granero, C.; García García, A.; Cardona Serrate, F. Ed. Síntesis. 2017. ISBN: 9788490774779