

Los hidrolizados proteicos en alimentación: Suplementos alimenticios de gran calidad funcional y nutricional

JAVIER VIOQUE Y FRANCISCO MILLÁN.
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS. INSTITUTO DE LA GRASA (SEVILLA).

Las proteínas representan uno de los componentes principales de los alimentos, tanto desde un punto de vista funcional como nutricional. Por ejemplo, determinan las propiedades físicas y organolépticas de muchos alimentos. Así, la consistencia y textura de la carne, queso o pan, dependen en gran medida de la naturaleza de las proteínas que los constituyen. Pero también, en alimentos elaborados con una presencia menor de proteínas, pueden jugar un papel muy importante, influyendo en características funcionales, como la formación de emulsiones, geles, espumas o la absorción de agua o aceite. Además las proteínas también constituyen un aporte nutricional importante, representando una fuente de energía, nitrógeno y aminoácidos esenciales.

Cuando hablamos de hidrólisis proteica, en primer lugar quizás pensemos en la digestión de las proteínas en nuestro cuerpo. Digestión mediada por la acción de proteasas como pepsina, tripsina o quimiotripsina, que se produce en el estómago e intestino y que va a generar la liberación de aminoácidos y pequeños péptidos que serán absorbidos por las células del endotelio digestivo. Sin embargo, la hidrólisis proteica es un fenómeno más extendido de lo que quizás podamos imaginar o saber, ya que también puede producirse durante el procesado de diversos tipos de alimentos. Así, como ejemplo, interviene en la manufactura y determina las características de alimentos como el queso o derivados cárnicos como por ejemplo el jamón. En la mayoría de estos casos esta proteólisis es debida a la acción de microorganismos, que están implicados en procesos de fermentación de la materia prima original, como sería la leche en el caso de la producción de quesos. En otros casos, son proteasas endógenas del material original las que van a actuar durante el procesado, como por ejemplo sería el caso de la curación del jamón serrano (aun-

que también intervienen enzimas de microorganismos).

Por último, la hidrólisis proteica también se observa en la producción de hidrolizados proteicos generados por la acción externa y aislada de enzimas. En este caso, la materia prima original, por lo común un aislado o concentrado proteico, es transformada en otro producto, un hidrolizado proteico, por la acción de proteasas externas que no proceden de microorganismos endógenos.

La esencia de la hidrólisis proteica es la rotura del enlace peptídico y en consecuencia la generación de péptidos de menor tamaño o incluso de aminoácidos libres. La rotura de estos enlaces puede producirse por métodos químicos o biológicos. Los primeros incluyen la hidrólisis mediante el tratamiento con ácidos o bases. Hoy día apenas se utiliza la hidrólisis química debido a sus efectos perjudiciales sobre la calidad nutricional del hidrolizado, ya que se destruyen L-aminoácidos, se forman D-aminoácidos y compuestos tóxicos como Lisinoalanina. Por otro lado, los métodos biológicos son aquellos que utilizan una proteasa para romper los enlaces peptídicos. Estos mé-



todos se realizan en condiciones más suaves de pH y temperatura que van a reducir la formación de compuestos indeseables.

La propiedad fundamental de un hidrolizado, que va a determinar en gran medida las restantes características del mismo, es su grado de hidrólisis, es decir, el porcentaje de enlaces peptídicos rotos en relación a la proteína original. El grado de hidrólisis final está determinado por las condiciones utilizadas, es decir, concentración de sustrato, relación enzima/sustrato y tiempo de incubación y



condiciones fisicoquímicas como son el pH y temperatura. Otro factor que también va a determinar el grado de hidrólisis es la naturaleza de la actividad del enzima, es decir su actividad específica y tipo de actividad. Así, la naturaleza del enzima usado no solo va a influir en el grado de hidrólisis sino también en el tipo de péptidos producidos. En este sentido, las proteasas pueden dividirse en dos grandes grupos según su actividad catalítica (Figura 1). Pueden ser endopéptidasas si rompen enlaces del interior de la cadena proteica o exopeptidasas si rom-

pen los enlaces terminales de los extremos amino o carboxilo de las cadenas. El origen de estos enzimas puede ser animal, vegetal, de bacterias u hongos, aunque los de origen bacteriano (*Bacillus sp.*) son las más abundantes en la industria de los hidrolizados proteicos dada la manejabilidad de estos organismos y los altos rendimientos de producción.

La hidrólisis proteica se realiza normalmente en un sistema discontinuo o en batch en un reactor, con agitación y control de pH y temperatura (Figura 2). El sustrato, normalmente un aislado protei-

co, es disuelto en agua hasta que el pH y la temperatura se estabilizan. A continuación se añade el enzima y comienza la hidrólisis enzimática del sustrato. A medida que esta progresa se produce una bajada del pH debido a la rotura de los enlaces peptídicos, pH que es mantenido al óptimo del enzima mediante la adición de sosa diluida. Para finalizar la hidrólisis proteica el enzima puede ser inactivado con calor, mediante una bajada del pH o con una combinación de ambos. O también puede ser retirado del medio mediante filtración.



El material de partida utilizado para la obtención de los hidrolizados proteicos puede ser de origen animal, vegetal o bacteriano. Sin embargo, hoy día en los países desarrollados el sustrato más usado son las proteínas de la leche, es decir, caseína y proteínas del lactosuero. Esto es debido fundamentalmente a su disponibilidad en grandes cantidades en estos países, alto valor nutricional y moderado coste del mismo. Entre los vegetales los más usados son las proteínas de soja, trigo y arroz. Sin embargo también se utilizan como sustrato proteínas de pescado, principalmente en países orientales, como Japón

o Corea. También se han aprovechado las proteínas de residuos carnicos como tendones o huesos y de microorganismos como algas.

Una vez descrito brevemente cuales son los elementos que intervienen en la hidrólisis proteica y como se realiza esta nos vamos a centrar en cual es el producto que se obtiene y sus aplicaciones hoy día en la industria alimentaria. Antes de comenzar comentar brevemente, que los hidrolizados proteicos también tienen aplicaciones no alimentarias, como fuente de fermentación para el crecimiento de microorganismos, como son los hidrolizados de levaduras o caseína que todos conocemos. También se usan en cosmética para el tratamiento del cabello ya que se ha sugerido su efecto en el fortalecimiento del pelo. Así mismo, también se usan como fertilizantes vegetales.

Las características del hidrolizado que se obtenga vendrán determinadas evidentemente por el uso que se le quiera dar a este. Como ya se ha comentado, el grado y tipo de hidrólisis va a determinar el resto de las propiedades del hidrolizado. Así pues, dependiendo de estos factores el hidrolizado tendrá una aplicación u otra.

En este sentido, hoy día, los hidrolizados que se producen para su uso en alimentación se pueden agrupar en:

Hidrolizados con bajo grado de hidrólisis, entre el 1% y el 10% para la mejora

de las propiedades funcionales, hidrolizados con grados de hidrólisis variable para su uso como flavorizantes y por último, hidrolizados extensivos, con grado de hidrólisis superior al 10%, para su uso en alimentación especializada (Tabla 1).

En el primer grupo, se va a producir una mejora de las propiedades funcionales. La hidrólisis proteica va a producir una disminución del tamaño de los péptidos

Grado de hidrólisis, es el porcentaje de enlaces peptídicos rotos en relación a la proteína original

y va a incrementar la generación de grupos polares como NH_4^+ y COO^- . Estos dos factores se van a traducir en un incremento de la solubilidad. Una buena solubilidad es una premisa básica necesaria para la aplicación del producto en multitud de alimentos procesados. Pero

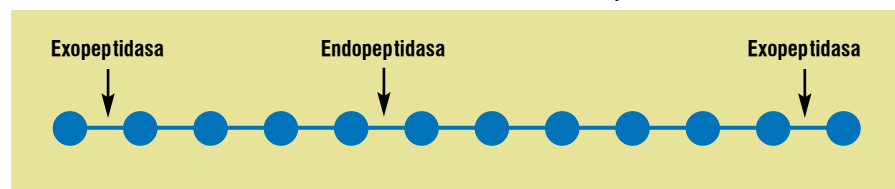
hidrófobos. Sin embargo, en hidrolizados extensivos estas propiedades desaparecen. Se ha postulado que 20 aminoácidos es el tamaño mínimo para que los péptidos puedan estabilizar las interfases aceite-agua, en el caso de emulsiones o aire-agua, en el caso de espumas. Así, hidrolizados con mejor poder espumante son usados en la producción de pasteles, pan, helados y postres. Hidrolizados con

buen poder emulsificante son usados en la fabricación de mayonesas, carne picada, salchichas o helados. Por último, hidrolizados con una buena absorción de aceite o agua son usados en derivados cárnicos y en productos bajos en grasas.

Como vemos se han hecho importan-

FIGURA 1

Las proteasas se clasifican en endoproteasas o exoproteasas según que corten los enlaces peptídicos del interior de la cadena aminoacídica o los enlaces de los extremos amino y carboxilo terminal.



tes progresos que correlacionan el grado de hidrólisis, a nivel macro, con las propiedades funcionales. Estas funcionalidades van a depender del tamaño molecular, estructura e incluso secuencia aminoacídica de los péptidos producidos por la hidrólisis enzimática. Es decir, en el futuro un mejor conocimiento de la relación estructura-función de los péptidos en sistemas modelo y reales incrementará el uso de enzimas para mejorar las propiedades funcionales. De esta forma, con modificaciones enzimáticas apropiadas la funcionalidad de los hidrolizados proteicos puede ser diseñada o dirigida para cubrir las

necesidades específicas de un alimento concreto. En nuestro grupo hemos obtenido hidrolizados limitados a partir de proteínas de colza, *Brassica carinata* o altramuz que permitirían su aplicación en alimentos para la mejora de las propiedades funcionales de estos.

Otro tipo de hidrolizados son aquellos con grado de hidrólisis variable, generalmente alto, para ser usados como flavorizantes. En este sentido, los hidrolizados, según el sustrato usado y las condiciones de hidrólisis, también pueden aportar sabor y olor a los alimentos que se añadan.



llard que se ven favorecidas también por el tratamiento con calor. Actualmente, el uso de estos hidrolizados obtenidos mediante tratamiento con ácidos está en desuso, por los componentes antinutricionales anteriormente comentados que pueden generarse. Así se está potenciando el uso de proteasas como alcalasa y flavorzima para la obtención de un hidrolizado extensivo que puede ser usado en alimentación como flavorizante. Sin embargo, ya que las condiciones de hidrólisis de pH y temperatura con proteasas son bastante suaves, estos hidrolizados presentan poco flavor en relación

con los obtenidos con ácidos. Este flavor puede mejorarse mediante un postratamiento térmico que permita la generación de reacciones de Maillard. Aun más, si el sustrato usado es una harina o concentrado donde hay

Tradicionalmente, los hidrolizados usados como flavorizantes se han obtenido mediante la hidrólisis ácida de proteínas vegetales con ácido clorídico durante 4 a 24 horas y a temperaturas entre 100° y

Hidrolizados con buen poder emulsificante son usados en la fabricación de mayonesas, carne picada, salchichas o helados

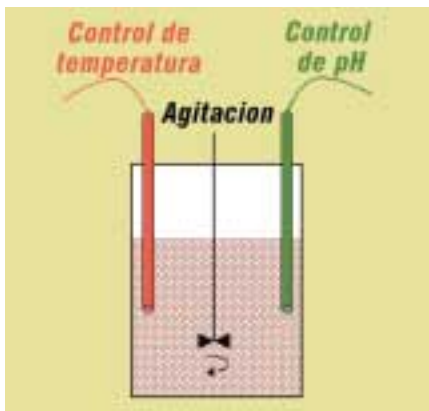
125° C. Así, el grado de hidrólisis va a depender del tiempo, temperatura y concentración de ácido usada, todo lo cual va a influir en los atributos sensoriales del producto. La neutralización del producto con hidroxido sódico o carbonato sódico va a generar una cantidad de sal que es una parte substancial del producto final. El flavor del producto va a depender de la cantidad y tipo de péptidos o aminoácidos liberados. Por ejemplo, el ácido glutámico funciona como un potenciador del sabor, o la glicina o alanina tienen un sabor dulce. También determinados péptidos pueden producir amargor. Pero quizás el factor principal a la hora de determinar un flavor sea la interacción de estos aminoácidos o pequeños péptidos con otros componentes como azúcares o lípidos. Esta interacción puede producirse mediante reacciones de Maillard, generando compuestos secundarios volátiles responsables del olor y sabor del producto. Reacciones de Mai-

cantidades importantes de carbohidratos, estos pueden ser también hidrolizados con carbohidrasas que incrementen la cantidad de productos que pueden reaccionar con los aminoácidos para aumentar el número de compuestos volátiles. Es decir, en el futuro, controlando el grado de hidrólisis de las proteínas y azúcares y la temperatura de postratamiento se podrá definir y controlar el patrón de flavor de un determinado hidrolizado.

Para finalizar, un tercer grupo de hidrolizados están formados por aquellos con alto grado de hidrólisis o extensivos, por encima del 10%, para su uso en alimentación especializada, bien como suplemento proteico o en dietas medicas (Tabla 2). En este apartado entran los hidrolizados que buscan explotar o mejorar las características nutricionales de las proteínas de origen. El desarrollo y diseño de hidrolizados extensivos está siendo objeto de un enorme impulso en los últimos años. Estos hidrolizados podrían di-

FIGURA 2

La obtención de los hidrolizados proteicos se realiza en un reactor enzimático con control de pH y temperatura y agitación.



vidirse a su vez en dos grandes grupos, por un lado aquellos para ser usados como suplemento proteico en la dieta y por el otro, hidrolizados con una composición definida para el tratamiento de enfermedades o síndromes específicos. En este último grupo se alcanza el máximo de especialización en lo que respecta al diseño del alimento ya que se obtiene un producto muy específico para un objetivo muy concreto. Respecto al primer grupo, dos factores favorecen el uso de los hidrolizados como suplemento proteico. Desde un punto de vista funcional su elevada solubilidad que permite su utilización en alimentos líquidos, y desde un punto de vista nutricional el hecho de que la absorción gastro intestinal de los pequeños péptidos que componen el hidrolizado, principalmente di y tripéptidos, parece ser más efectiva en comparación con las proteínas y presentan menor osmolaridad que los aminoácidos libres.

Los sectores de la población a los que van dirigidos estos alimentos son diversos aunque, por diferentes razones, con necesidades todos ellos de un sobreaporte proteico. Por ejemplo, podemos citar su uso en la alimentación de la tercera edad. En las personas ancianas se produce una pérdida de apetito, causado por diversas razones, como factores sociales o falta de ejercicio. Esta pérdida de apetito genera una malnutrición que está correlacionada directamente con un incremento de enfermedades y mortalidad. Para estas personas, comer más cantidad no es la solución idónea dada la falta de apetito, pero la demanda de proteínas necesarias podría cubrirse con bebidas enriquecidas con hidrolizados proteicos, ya que su ingesta es más atractiva que la de alimentos sólidos. En este apartado también podemos incluir la alimentación enteral y parenteral en casos de hospitalización. Otro campo de aplicación es en la nutrición deportiva, sobre todo en ejercicios de resistencia como ciclismo o fondo o aquellos que requieren un desarrollo muscular importante como harterofilia o incluso culturismo. En este sentido, bebidas refrescantes suplementadas con péptidos pueden tomarse durante el ejercicio o tras su finalización. Por último, también tiene aplicación los hidrolizados para personas que están a dieta. De esta manera se proporcionan al cuerpo adecuadas cantidades de proteínas con un mínimo de otras fuentes de calorías, de manera que se mantiene el balance de N y se reduce peso con la pérdida de grasas.



Respecto a las aplicaciones medicinales de los hidrolizados proteicos, sin duda la más conocida e importante por su impacto en nutrición haya sido la producción de hidrolizados hipoalergénicos (Tabla 3). La alergia alimentaria es un problema al que no se le ha prestado mucha atención, a pesar de que en los últimos años son cada vez más las personas que se ven afectadas. Las consecuencias de una reacción alérgica pueden ir desde pequeños trastornos físicos hasta incluso la muerte por shock anafiláctico. Pero hoy día no existe ninguna medicación para prevenir las alergias alimentarias. De hecho, evitar estos alimentos de manera estricta es la única forma de impedir la reacción contra ellos. Otra posibili-

dad es tomar dietas constituidas por hidrolizados proteicos hipoalergénicos. En alimentación, la alergia a las proteínas de leche de vaca observadas en recién nacidos es la más frecuente. Se ha estimado que alrededor del 10% de los niños que nacen en USA son alérgicos a la leche de vaca. Para aliviar esta situación, desde hace más de 40 años se vienen produciendo en este país hidrolizados de leche de vaca hipoalergénicos, denominados de primera generación, a partir de caseína con más de un 70% de aminoácidos libres y péptidos hasta 8 aminoácidos. Posteriormente, desde hace unos 10 años, se comercializan los hidrolizados de segunda generación, a partir de proteínas del suero, con 40-60% de aminoá-

TABLA 1: PRINCIPALES TIPOS HIDROLIZADOS PROTÉICOS Y SUS APLICACIONES

Hidrolizado	Grado de hidrólisis	(%) Aplicación
Limitado (con bajo grado de hidrólisis)	1-10	Mejora de las propiedades funcionales
Variable	Variable	Mejora del flavor
Extensivo (alto grado de hidrólisis)	> 10%	Como suplemento proteico En alimentación especializada (dietas médicas)



puesto para el tratamiento de enfermedades o situaciones muy concretas. Por ejemplo, en el caso de errores metabólicos congénitos como la fenilcetonuria o tirosinamia se proponen hidrolizados sin los aminoácidos aromáticos que estos enfermos no pueden metabolizar. En estados hipermetabólicos como los procesos de cicatrización por cirugía o quemaduras se hace necesario un sobreaporte de aminoácidos azufrados que podrían ser proporcionados en forma de hidrolizados enriquecidos en estos aminoácidos. En enfermedades hepáticas, como las encefalopatías, donde son necesarios alimentos con una alta razón de Fischer (aminoácidos ramificados/aromáticos), hidrolizados proteicos enriquecidos en Val Leu e Ile y pobres en aromáticos también son apropiados. Finalmente, dada la buena solubilidad, digestibilidad y absorción intestinal de los hidrolizados extensivos, estos también son usados en enfermos con una actividad gastrointestinal deficiente, como en los casos con reducida superficie de absorción (enfermedad de Crohn) o cuando la capacidad digestiva esta reducida como en la fibrosis quística o la pancreatitis. En relación con estos hidrolizados extensivos nosotros hemos obtenido hidrolizados de colza, garbanzo o girasol con una alta solubilidad que permitiría su uso como suplemento proteico. También hemos obtenido hidrolizados hipoalergénicos de garbanzo y otros con una alta razón de Fischer a partir de proteínas de Brassica carinata que permitirían su uso para el tratamiento de encefalopatías hepáticas.

cidos libres y péptidos hasta 12 aminoácidos, y finalmente desde hace poco años se producen los de tercera generación, con menos de un 20% de aminoácidos libres y péptidos hasta 15 aminoácidos. En estos hidrolizados el tratamiento con la proteasa rompe los epítomos alergénicos de la proteína, bien secuenciales o estructurales, eliminando la alergenicidad del producto y de esta manera permitiendo su consumo por las personas sensibles a sus proteínas. En este sentido, al-

guno de estos productos, sobre todo los de tercera generación puede que no cumplan con las normas internacionales para un alimento hipoalergénico, ya que dada la longitud de algunos péptidos, la presencia de epítomos antigénicos es aun posible. Y dado que una mínima cantidad del mismo puede provocar una reacción muy fuerte, su ingesta representar un alto riesgo.

Hidrolizados proteicos con una composición definida también se han pro-

Dentro de los hidrolizados extensivos, existe una aplicación que por su interés, novedad y potencialidad requiere una mención especial. Esta constituye la obtención o generación de péptidos bioactivos a partir de proteínas hidrolizadas. Los péptidos bioactivos son secuencias de aminoácidos de pequeño tamaño, entre 2 y 15 residuos, inactivas dentro de la proteína intacta pero que pueden ser liberados bien durante la digestión del alimento o por un procesado previo del mismo, como por ejemplo mediante la generación de hidrolizados proteicos. Estos péptidos tendrían efectos beneficiosos para el organismo en diversos casos. En este sentido, habría que reconsiderar las características nutricionales de una proteína determinada ya que estas no se limitarían solo al aporte de N y energía que representan, así como a los contenidos en aminoácidos esenciales, sino también

TABLA 2: APLICACIONES DE LOS HIDROLIZADOS PROTEICOS EXTENSIVOS

Suplemento proteico	Alimentación 3.ª edad	
	Nutrición deportiva	
	Dietas de adelgazamiento	
Dietas médicas	Hidrolizados hipoalergénicos	
	Tratamiento de errores metabólicos congénitos	Fenilcetonuria
		Tirosinamia
	Regeneración de la piel	Quemados
		Postcirugía
	Otras enfermedades	Enfermedad de Croh
		Fibrosis quística
Pancreatitis		



TABLA 3: HIDROLIZADOS HIPOALERGÉNICOS DE LECHE

Tipo	Características
1. ^a generación	> 70% aminoácidos libres péptidos < 8 aminoácidos
2. ^a generación	40-60% aminoácidos libres péptidos < 12 aminoácidos
3. ^a generación	< 20% aminoácidos libres péptidos < 15 aminoácidos

mentos propiamente dicha y al mismo tiempo van a estar determinadas por las demandas del mercado, es decir, por lo que nosotros como consumidores buscamos o exigimos. Estas tendencias también estarán determinadas por factores como el desarrollo de la biotecnología; el aprovechamiento de residuos y la revalorización de subproductos; el desarrollo de nuevos alimentos y alimentos más sanos. Así pues, podemos concluir el gran impulso que están recibiendo en los últimos años los estudios sobre hidrolizados proteicos debido a la demanda de alimentos muy específicos y más saludables y para el aprovechamiento de fuentes proteicas alternativas. Este impulso va en paralelo con el desarrollo biotecnológico de estos procesos.

AgroCSIC

CENTRO DEL CSIC: Instituto de la Grasa.
Departamento: Fisiología y Tecnología de Productos Vegetales.

Nombre Investigador: Francisco Millán Rodríguez.

E-mail: frmillan@cica.es

Tendencias de Investigación:

Una de las líneas de investigación del grupo se basa en el aprovechamiento de residuos agroindustriales de bajo valor añadido para la obtención de hidrolizados proteicos de alto valor añadido. Para ello, diversos subproductos como las harinas desengrasadas de girasol o colza son aprovechadas para la extracción de las proteínas presentes en estas. Estas proteínas en la forma de aislados proteicos, de por sí un producto ya de alto valor añadido, son usadas para la obtención de hidrolizados proteicos que pueden ser usados en alimentación especializada. Así hemos obtenido hidrolizados proteicos extensivos con una alta solubilidad que pueden usarse como suplemento proteico, o también hidrolizados hipoaergénicos o hidrolizados para el tratamiento de síndromes específicos como las encefalopatías hepáticas. También trabajamos en la obtención de hidrolizados proteicos enriquecidos en péptidos bioactivos con funciones hipocolesterolémicas, antioxidantes o hipotensoras.

habría que considerar la actividad de péptidos bioactivos que pueden ser liberados de estas proteínas durante el procesado del alimento o la digestión gastrointestinal ejerciendo diversas funciones metabólicas. Péptidos bioactivos con diferentes funciones se han encontrado en diversas proteínas aunque la leche es el material mejor estudiado. Así, se ha descrito la existencia de péptidos derivados de proteínas alimentarias con activi-

dad opioide, opioide antagonista, inmunomoduladores, antitrombóticos, hipotensores, hipocolesterolémicos o antioxidantes. En nuestro grupo hemos purificado péptidos con alguna de estas actividades a partir de hidrolizados proteicos de origen vegetal como girasol, garbanzo colza o altramuza.

Las tendencias en la investigación sobre hidrolizados proteicos van a coincidir con las generales de la tecnología de ali-