

Introducción

Los alimentos son susceptibles de sufrir deterioro con el paso del tiempo. Este deterioro está influenciado mayoritariamente por la cantidad de agua que contenga el alimento, ya que es el medio donde proliferan los microorganismos. También influyen en el deterioro las condiciones ambientales como la temperatura, el pH del alimento y la cantidad de oxígeno en contacto con el mismo. Así, alimentos como la carne, el pescado, la leche y los vegetales perecen en pocos días, mientras que otros con menor contenido en agua, como la harina, legumbres y frutos secos, si se conservan adecuadamente, pueden almacenarse durante más tiempo sin sufrir alteraciones.

Las principales causas de alteración de los alimentos se deben al crecimiento de microorganismos indeseables, que pueden producir toxiinfecciones alimentarias o deteriorar las características organolépticas y nutritivas de los mismos, dejando así de ser aptos para el consumo. También provocan alteraciones las reacciones bioquímicas -como el pardeamiento-, mediadas por enzimas presentes en el alimento.

El cocinado y el procesado tecnológico, se utilizan para impedir que se origine un deterioro o bien para mejorar las propiedades de los alimentos. Algunos de los tratamientos pueden afectar el valor nutricional y mejorar la biodisponibilidad de algunos nutrientes, así como la calidad del alimento procesado. De esta forma, un alimento tras ser sometido a un proceso tecnológico debe satisfacer las necesidades del consumidor en lo que se refiere a seguridad alimentaria, palatabilidad, vida útil, biodisponibilidad de los nutrientes y en algunas ocasiones, aportar un valor añadido mediante el enriquecimiento con otros ingredientes. En la *Figura 1* se esquematizan los objetivos del procesado tecnológico y culinario.

Entre los procesos tecnológicos habituales, se incluyen los siguientes:

1. - Tratamientos térmicos
2. - Tratamientos por baja temperatura
3. - Eliminación del agua
4. - Tratamientos físicos no térmicos
5. - Tratamientos biológicos
6. - Acidificación

OBJETIVOS ACTUALES DEL PROCESADO DE ALIMENTOS



Los efectos producidos por los distintos procedimientos tecnológicos sobre los nutrientes que contienen los alimentos, se describen en la *Tabla 1*.

Tabla 1. Tipos de procesos tecnológicos aplicados a los alimentos y efectos sobre su valor

TIPOS DE PROCESOS TECNOLÓGICOS APLICADOS A LOS ALIMENTOS Y EFECTOS SOBRE SU VALOR NUTRITIVO

Tipo de proceso	Efectos principales sobre el valor nutritivo de los alimentos
Higienización y conservación Refrigeración y congelación	Nulo o escaso
Deshidratación parcial y secado	Pérdidas variables de vitaminas y de valor biológico de las proteínas según la intensidad y la duración de los tratamientos empleados
Tratamientos térmicos convencionales	Limitación del deterioro y aumento de la vida útil
Termización	Nulo
Pasteurización	Ligeras pérdidas de algunas vitaminas
Esterilización	Pérdidas variables de vitaminas y de valor biológico de las proteínas según la intensidad y la duración de los tratamientos empleados
Escalado	Inactivación de las polifenoloxidasas y limitación del pardeamiento enzimático. Ligeras pérdidas de vitaminas y minerales
Cocción	Mejora de la digestibilidad de proteínas y de hidratos de carbono complejos. Pérdidas significativas de algunas vitaminas y minerales si no se consume el agua de cocción. Inactivación de factores antinutritivos
Fritura	El aceite de fritura se incorpora al alimento. Peroxidación lipídica del aceite de fritura. Pérdidas moderadas del valor nutritivo de las proteínas debido a reacciones de Maillard, reacciones de oxidación de los lípidos y destrucción térmica de vitaminas
Extrusión	En la corteza de los productos se producen pérdidas de proteínas por reacciones de Maillard y de vitaminas termolábiles
Horneado	Pérdidas nutritivas relacionadas con las proteínas y con las vitaminas termolábiles, especialmente tiamina
Tostado	Pérdidas de vitaminas variables en función del método específico aplicado; similares a la extrusión
Expansión instantánea controlada <i>Tratamientos térmicos por campos electromagnéticos</i> Calentamiento por microondas Calentamiento óhmico Calentamiento por radiofrecuencia (o dieléctrico) Calentamiento por inducción Calentamiento por arco de descarga	Pérdidas muy bajas de nutrientes con todos los procesos, en comparación con los métodos térmicos clásicos de cocción, como la pasteurización y la esterilización. Pérdidas nutritivas muy pequeñas por lixiviación o por efecto directo del calor
<i>Tratamientos no térmicos</i> Altas presiones hidroestáticas	Escasa influencia sobre el contenido y la estabilidad de los nutrientes. Su aplicación es especialmente interesante en productos con alto contenido en vitaminas, ya que no produce pérdida (sobre todo los del grupo B)
Ultrasonidos	La calidad nutritiva de los alimentos no se ve significativamente afectada.
Pulsos eléctricos de alto voltaje	No afectan de forma sensible las propiedades sensoriales y nutricionales de los alimentos
Radiación ultravioleta	No es adecuada para su utilización en ciertos alimentos ricos en grasas, especialmente grasas insaturadas, puesto que acelera la formación de olores a rancio debido a su fuerte acción catalítica sobre la oxidación de los lípidos
Irradiación Plasma	Aparición de sabores anómalos: puede ocasionar una pequeña pérdida de vitaminas
<i>Procedimientos biológicos</i>	Aumento del valor nutritivo por síntesis de vitaminas y mejora de la digestibilidad de las proteínas
<i>Adición de sustancias químicas</i>	Variable. Algunos reaccionan con vitaminas destruyéndolas. Otros suponen un suplemento de nutrientes

Tabla 1.-

Tratamientos térmicos

Bajo el título de Tratamientos Térmicos, se suelen englobar todos los procedimientos que tienen entre sus fines la destrucción de los microorganismos por el calor (*Figura 2*). Nos estamos refiriendo tanto a la pasteurización y esterilización -cuya finalidad principal es la destrucción microbiana-, como al escaldado y la cocción, procesos en los que también se consigue una cierta reducción de la flora microbiana, pero cuyos objetivos principales consisten en la variación de las propiedades físicas del alimento. Estos tratamientos producen una desnaturalización de las proteínas -de forma que aumenta la digestibilidad de las mismas-, un aumento de la biodisponibilidad de ciertos nutrientes como los carotenoides presentes en los vegetales, aunque también provocan pérdidas de algunas vitaminas, así como la alteración de los ácidos grasos. Desde un punto de vista nutricional, los tratamientos térmicos también tienen efectos positivos ya que:

1. - En las legumbres se inactivan moléculas inhibitoras de las enzimas digestivas del organismo humano.
2. - En huevos se desnaturaliza la avidina, que en condiciones naturales impide la absorción de biotina.
3. - En las patatas se destruye la solanina, que es un compuesto neurotóxico.

SISTEMAS DE COCCIÓN APLICABLES A LOS ALIMENTOS

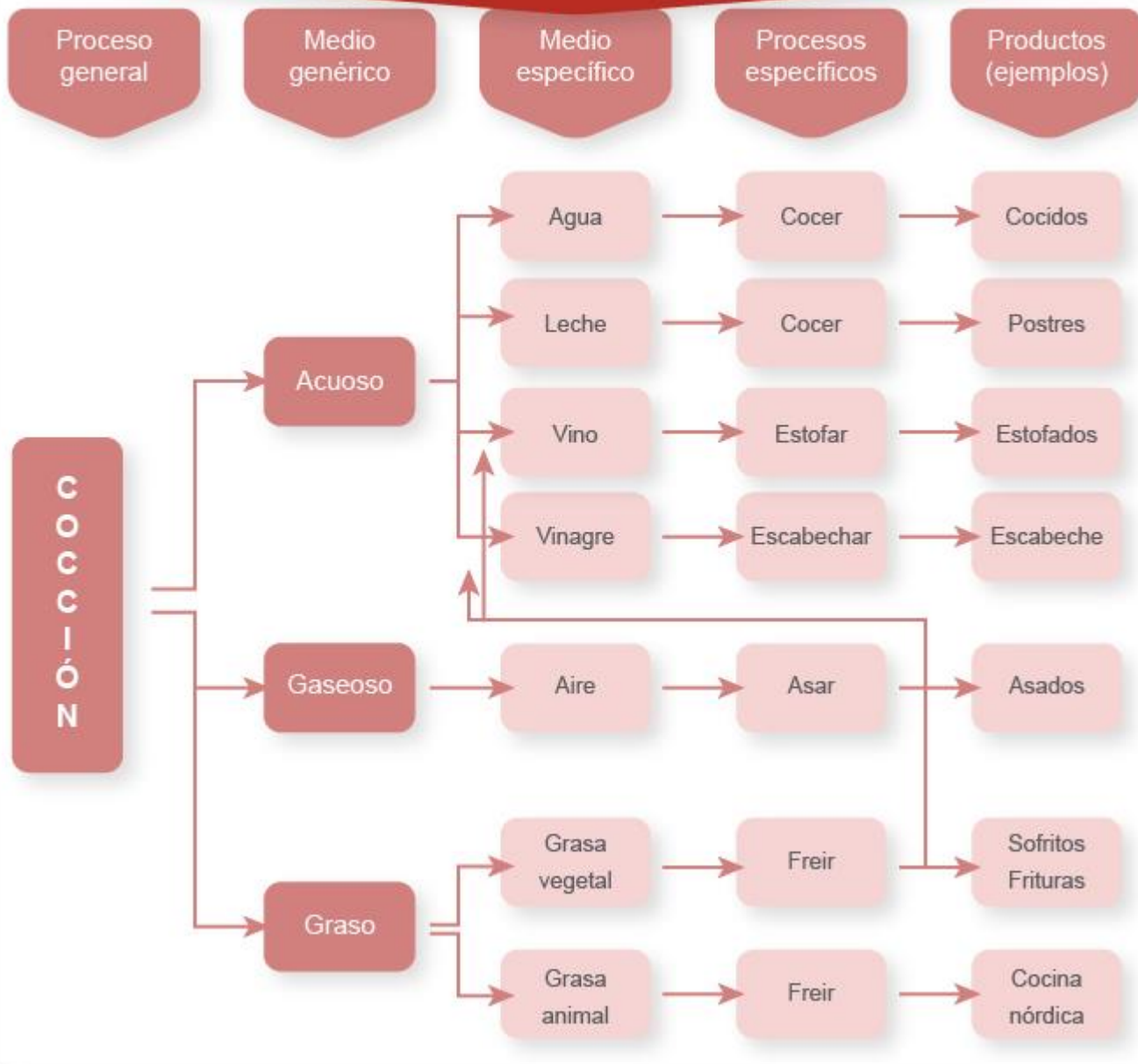


Figura 2. Sistemas de cocción aplicables a los alimentos. Fuente: Mataix, 2002.

Hervido

Este método consiste en la inmersión de los alimentos en agua, a una temperatura cercana a la de la evaporación durante un tiempo variable. Una parte de las vitaminas y minerales de los alimentos pasan al líquido de cocción, en función del volumen de líquido que se utilice. Si se consume también el agua de cocción, las pérdidas nutricionales suelen ser mucho menores. Este método mejora la palatabilidad del alimento. Para llevar a cabo una cocción adecuada y evitar una mayor pérdida de nutrientes se debe:

1. - Lavar previamente los vegetales y cortarlos en grandes trozos, sin remojarlos y sin pelar cuando sea posible.
2. - Utilizar poca cantidad de agua.

3. - Hervir durante el menor tiempo posible y para ello priorizar el empleo de ollas de cocción rápida.
4. - Aprovechar el agua de cocción para otros platos como caldos, sopas, purés, cremas y salsas.
5. - Para cocer las legumbres, se deben tener en remojo en agua fría alrededor de 8 horas y cocinar en la olla a presión.
6. - En el caso del huevo, mantenerlo de 10 a 12 minutos en ebullición. Se puede guisar la carne junto a las verduras, legumbres y patatas, utilizando muy poca cantidad de aceite. Resulta un alimento muy completo, saludable y sabroso.

RECUERDE

Meditante el hervido de los alimentos, sus vitaminas y minerales pasan al líquido de cocción, por lo que se recomienda utilizar poca cantidad agua de cocción y consumirla también para que las pérdidas nutricionales sean menores.

Fritura

Es un método en el cual se calientan los alimentos -en grasa-, durante un tiempo relativamente corto. La grasa se transfiere al alimento -entre un 10 y un 40%- y llega a formar parte de este, de forma que aumenta el valor calórico del alimento final. Esta grasa caliente es susceptible de sufrir ciertas modificaciones: oxidaciones, producir sustancias que podrían ser tóxicas y afectar al valor nutricional del alimento. Sin embargo, si se realiza una fritura correcta se pueden evitar algunos de estos inconvenientes. En este sentido, en una fritura correcta se debe:

1. - Usar aceites de oliva, ya que tiene mayor punto de humo (210 oC) y soporta temperaturas más altas. No se debe mezclar el aceite de oliva con otros aceites con menor punto de humo.
2. - Utilizar una cantidad abundante de aceite en el que sumergir el alimento.
3. - Calentar el aceite a fuego medio y poner como temperatura máxima 200 °C.
4. - Introducir el alimento cuando el aceite haya alcanzado la temperatura adecuada, para que así el aceite caliente forme una costra exterior, evitando que impregne el interior del alimento.
5. - Para freír congelados, conviene introducir la cantidad justa para que no descienda la temperatura del aceite e impedir que el alimento pierda agua y micronutrientes.
6. - Cuando se haya frito el alimento, colocarlo sobre papel absorbente o una rejilla para eliminar el aceite sobrante. Filtrar rápidamente el aceite usado para eliminar las partículas que queden en el mismo y depositarlo en un lugar cerrado y en la oscuridad.

RECUERDE

Para freír, no mezclar distintos tipos de aceite y añadir el alimento en abundante aceite caliente.

Horneado

Este método utiliza un horno, transmitiendo al alimento calor por radiación y convección. Con esta técnica no se necesita añadir aceite, por lo que los alimentos asados tienen menos calorías. En el caso de la carne, para que el horneado sea correcto, se debe empezar con mucha intensidad de calor para que se forme en la superficie de la pieza una costra que evite que aparezca agua y se conserven así mejor los nutrientes en el interior. De esta forma, obtendremos una la carne más sabrosa y jugosa.

1. - Esta técnica aumenta la digestibilidad de las proteínas.
2. - En la superficie de los alimentos aparece una costra donde hay pérdidas de proteínas -debidas a la reacción de Maillard- y vitaminas termolábiles.
3. - En el caso del horneado del pan, aumenta el contenido de vitaminas del grupo B, por la acción fermentativa de las levaduras.

Tostado Esta técnica tiene distintas variantes según el método de aplicación del calor, bien sea por una plancha eléctrica, con llama o mediante rotación.

En el caso de utilizar la barbacoa, hay que tener especial cuidado con la forma de asar la carne, ya que la grasa que se desprende sobre las brasas genera hidrocarburos tóxicos. Por ello, debemos tener precaución y utilizar carne con poca grasa o bien, retirar la grasa visible antes de ponerla sobre la barbacoa. Además, se debe evitar que la carne se queme.

Este método afecta a las propiedades nutritivas de los alimentos de forma similar al horneado. Provoca pérdidas nutritivas en vitaminas termolábiles como la tiamina y afecta a la desnaturalización de las proteínas, de forma que aumenta su digestibilidad. Conviene utilizar las planchas bien calientes antes de añadir el alimento, para evitar así la lixiviación y pérdidas de nutrientes y agua.

Microondas

En nuestra sociedad, el empleo del microondas es relativamente reciente. Las microondas, son radiaciones electromagnéticas de baja energía que no ionizan el alimento; se aplican sobre alimentos que contienen agua, provocando vibraciones en las moléculas de agua, generando calor por la fricción de estas. Mediante esta técnica se puede pasteurizar, esterilizar, precocinar, deshidratar, descongelar, calentar platos cocinados y escaldar, pero no se puede hornear, ni freír. La cocción por microondas se aplica a carne, pescado, cereales, huevos, fruta y verdura, sin necesidad de añadir aceite, por lo que su empleo en los planes de mantenimiento y adelgazamiento es muy recomendable y saludable.

Los efectos sobre los nutrientes son similares a los descritos para otros tratamientos por calor, pero dependerá del tiempo y la potencia del mismo. Con el microondas no se generan sustancias tóxicas, ni metabolitos secundarios que afectan a la palatabilidad de los alimentos.

RECUERDE

Por medio del horno microondas, se puede cocinar sin necesidad de añadir aceite. El microondas no produce toxinas en los alimentos y su empleo es muy saludable e ideal para los planes de adelgazamiento.

Esterilización

Es un tratamiento muy eficaz para controlar el crecimiento bacteriano e incrementar la vida útil de los alimentos, ya que elimina todos los microorganismos y esporas mediante un tratamiento térmico intenso –superior a 100 °C-.

Se pueden aplicar dos procedimientos de esterilización:

1. - La esterilización tradicional (appertización o enlatado), consiste en la aplicación de calor –de 20 minutos a una hora- a los alimentos envasados a 120 oC en autoclaves herméticos. Los envases donde se envasan los alimentos deben ser resistentes al calor. Estos envases pueden ser metálicos, de vidrio, laminados de polímeros plásticos, de aluminio y de papel. La esterilización afecta de forma negativa a las vitaminas termolábiles y al valor biológico de las proteínas, debido a la pérdida de ciertos aminoácidos que implicados en las reacciones de Maillard.
2. - La esterilización por UHT (Ultra High Temperature). Consiste en aplicar el calor antes de envasar el alimento, mediante el contacto directo con las placas de calentamiento. De esta forma, se aplican altas temperaturas al alimento durante un tiempo muy corto, que pueden ser décimas de segundo. Este tipo de tratamiento produce menos pérdidas nutritivas que el enlatado, afectando sólo a las vitaminas, que son sensibles a la temperatura

Ambos métodos facilitan la digestibilidad de las proteínas.

Escaldado

El escaldado se lleva a cabo por inmersión -de 2 a 10 minutos-, en agua a ebullición, del alimento en una superficie perforada para inhibir la actividad enzimática. Este tratamiento se utiliza frecuentemente antes de congelar los vegetales.

En función del tiempo de inmersión y la superficie de contacto con el agua, se producirán más o menos pérdidas de nutrientes, sobre todo de vitaminas y minerales, tanto por disolución en el agua, como por oxidación de las vitaminas.

Tratamientos de baja temperatura

La conservación por aplicación de bajas temperaturas, y en especial la congelación, es la vía más eficaz para conservar el valor nutritivo de los alimentos, ya que a bajas temperaturas, se inhibe la proliferación de los microorganismos y la actividad enzimática, procesos que intervienen en las reacciones bioquímicas que ocurren en el alimento. Para que la conservación por frío sea eficaz, se debe realizar lo más rápido posible, de forma que se mantenga adecuadamente la textura del producto y no se pierda el agua con los nutrientes hidrosolubles.

A) Refrigeración

Este es el método más frecuentemente utilizado en los hogares. Consiste en mantener un alimento a una temperatura comprendida entre $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $8\text{ }^{\circ}\text{C}$, para ralentizar así el crecimiento microbiano y alargar la vida útil del alimento, manteniendo el valor nutricional del mismo. Sin embargo, este método no elimina los microorganismos y algunos de ellos son capaces de crecer a estas temperaturas, de forma que finalmente el alimento acaba deteriorándose. Para conservar correctamente los alimentos en refrigeración, se debe tener en cuenta que:

1. - La temperatura del frigorífico es distinta en cada zona. Cada tipo de alimento necesita unas condiciones distintas de refrigeración. La carne, el pescado, los alimentos que ya están cocinados, los huevos y las salsas, deben colocarse en la zona más fría del frigorífico. Las verduras y la fruta se deben colocar en las zonas de la nevera que están menos frías.
2. - Hay que tener en cuenta que en una misma nevera se van a conservar alimentos con diferente vida útil, algunos de ellos están cocinados y otros crudos; para evitar que se produzca contaminación cruzada se deben conservar de forma separada.
3. - Los alimentos cocinados se deben almacenar en contenedores cerrados herméticamente.
4. - Las frutas y verduras se deben almacenar sin bolsas de plástico, para evitar la condensación de agua, ya que se aceleraría el crecimiento de microorganismos como los hongos.
5. - Los alimentos perecederos se pueden conservar en el frigorífico unos cinco días, aunque es importante mirar en el envase la fecha de caducidad. Con respecto a los alimentos cocinados, sobras o latas abiertas, carne picada o pescado, no conviene superar los dos días de almacenamiento, recomendando consumirlos antes de esa fecha.
6. - Hay que prestar especial atención a los alimentos más sensibles a la contaminación y al crecimiento de los microorganismos, como son los alimentos que contienen huevo crudo, natas, salsas, pescado, leche y arroz. Por ello se aconseja consumirlos inmediatamente.

RECUERDE

La refrigeración no elimina los microorganismos de los alimentos y algunos de estos son capaces de crecer a estas temperaturas, de forma que el alimento acaba deteriorándose.

B) Congelación

La congelación que se realiza a una temperatura entre $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ -también denominada ultracongelación-, alargando de forma prácticamente indefinida la vida útil de los alimentos, al paralizar el crecimiento microbiano. Al cristalizarse el agua por congelación, se producen una serie de lesiones en la estructura del alimento que están directamente relacionadas con la velocidad de congelación. Cuando la congelación es rápida, se forman pequeños cristales, pero cuando es lenta se forman cristales gruesos, dañando la estructura del alimento. Para que la congelación sea llevada a cabo en el hogar, se necesita un congelador de cuatro estrellas, que alcanzan temperaturas de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. A esta temperatura, las reacciones enzimáticas se reducen drásticamente y la congelación rápida del agua impide que se difundan líquidos.

Los congeladores de tres estrellas, que alcanzan una temperatura de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, son aptos para conservar alimentos que previamente se han ultracongelado. A esta temperatura de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, entre el 5% y el 15% del agua no se congela ni cristaliza por contener sales disueltas, por lo que no queda el alimento como un medio totalmente inmovilizado.

Así, se recomienda que:

1. - En el caso de vegetales, realizar un tratamiento previo a la congelación que consiste en un escaldado, con el objeto de inhibir los procesos enzimáticos que se producen en el alimento.
2. - Las legumbres también deben escaldarse antes de la congelación, para inactivar así el pardeamiento enzimático.
3. - El pescado debe congelarse en contenedores que no dejen pasar el oxígeno, para evitar que se oxiden las grasas.
4. - Para impedir que se rompa la cadena de frío, es importante guardar los congelados adquiridos lo antes posible.

C) Descongelación

Es el paso previo al cocinado. Este proceso hay que realizarlo siguiendo unas pautas determinadas, para evitar que el alimento congelado se contamine y comience la multiplicación de los microorganismos. Una vez que el alimento se ha descongelado, se debe tratar como si fuera perecedero. A continuación se describen algunas recomendaciones para efectuar correctamente el proceso:

1. - Las verduras se pueden cocinar directamente sin descongelación previa.
2. - La carne y pescado deben descongelarse en un lugar frío como la nevera.
3. - También se puede utilizar el microondas para descongelar, ya que además presenta como ventaja que es un método rápido e higiénico, aunque se pueden perder ciertos aromas.
4. - En los alimentos que se han adquirido en el comercio, puede venir descrito en la etiqueta la forma adecuada para descongelar y llevar a cabo la preparación culinaria posterior para ese producto específico.
5. - Los productos que se van a descongelar se deben colocar sobre un contenedor impermeable, evitando así que los exudados entren en contacto con otros alimentos y los contaminen.
6. - No se debe descongelar a temperatura ambiente, sobre un radiador o bien bajo el chorro de agua. Los exudados de los descongelados son un excelente caldo de cultivo para el crecimiento de microorganismos cuando se encuentran a temperatura ambiente.
7. - Los productos descongelados se deben someter a un tratamiento térmico correcto y consumirse lo antes posible.
8. - Nunca se debe recongelar un alimento que se ha descongelado previamente, no solo por la pérdida de calidad durante el descongelado, sino también porque puede contener una carga bacteriana mayor, la cual ha crecido durante el proceso de descongelación.
9. - La congelación también se puede utilizar para la destrucción del parásito anisakis, que se encuentra habitualmente en los pescados. Conviene congelar el pescado antes de consumirlo, sobre todo si no se va a cocinar con calor, como es el caso de los carpaccios o shushi.

RECUERDE

En general, en los alimentos congelados se produce una pérdida muy baja o prácticamente nula de nutrientes, en comparación con otros métodos de conservación. Una vez que el alimento se ha descongelado, se debe tratar como un alimento perecedero.

PROTEÍNAS

Las proteínas son muy vulnerables al calor, afectándoles como se describe a continuación:

a) Desnaturalización de las proteínas

Cuando sometemos al alimento a temperaturas superiores a $50\text{-}60\text{ }^{\circ}\text{C}$, ocurren cambios en la estructura nativa de la proteína, desnaturalizándose (*Figura 3*). Cuando las temperaturas son muy

altas, se incrementa la reactividad de la proteína y pueden tener lugar una serie de reacciones químicas en la propia molécula proteica, o bien entre distintas proteínas.

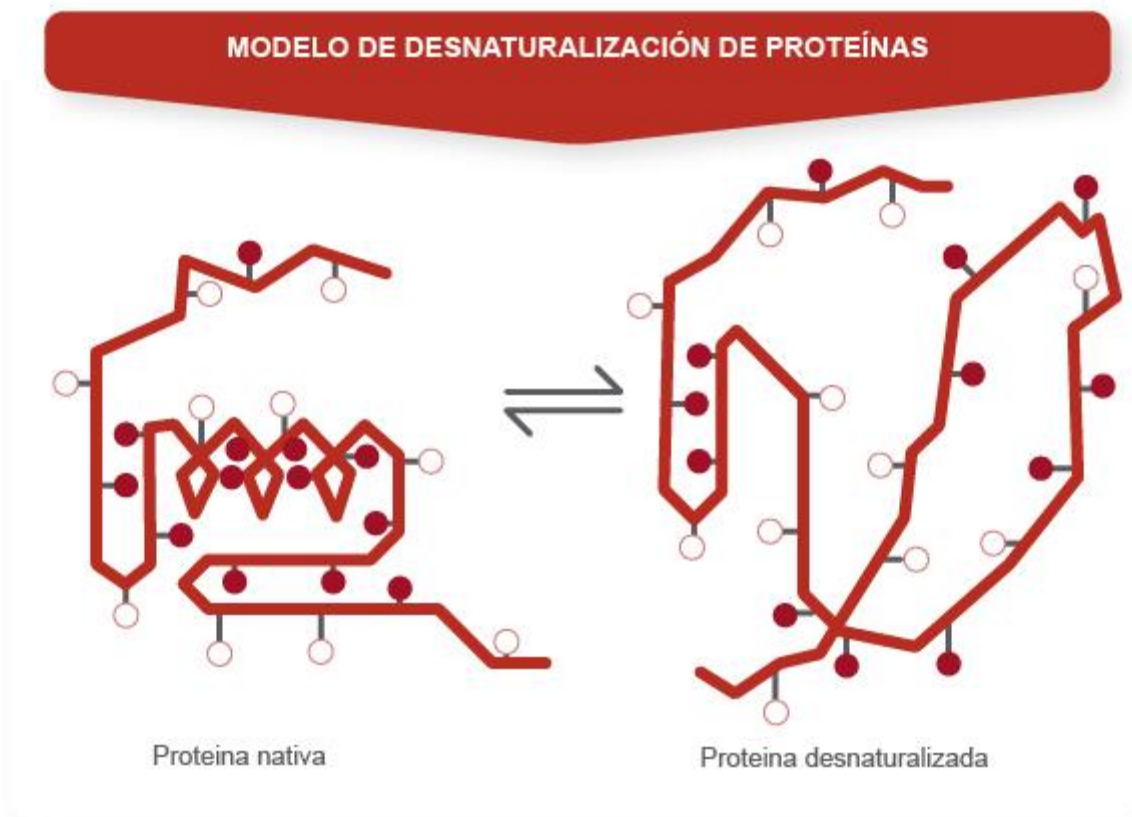


Figura 3. Modelo de desnaturalización de proteínas. Fuente: Gil Á, 2010.

Estas alteraciones provocan reducciones del valor nutritivo de la proteína, como pérdidas de nutrientes en carnes y pescados que han sido cocinados empleando métodos culinarios como la plancha o la parrilla. No obstante, la desnaturalización también provoca efectos favorables:

1. - Mejora la textura de los alimentos. La desnaturalización está estrechamente relacionada con la textura de los alimentos. Por ejemplo, el proceso de elaboración del pan tiene lugar debido al gluten que contiene la harina de trigo.
2. - Reducción de características organolépticas inadecuadas. Existen distintas enzimas proteolíticas, lipolíticas, glucolíticas en los alimentos que pueden generar sustancias que aportan sabor, olor y color y que por tanto alteran las propiedades sensoriales de los alimentos. El calor ayuda a la inactivación de estas enzimas e impide el desarrollo de estas sustancias.
3. - Incremento de la digestibilidad de las proteínas. La estructura que presenta la proteína limita la accesibilidad de las enzimas digestivas a los enlaces peptídicos. El tratamiento por calor, rompe parcialmente esta estructura y facilita el aumento de la digestibilidad de la proteína.
4. - Inactivación de los factores antinutritivos de las proteínas. Existen distintos factores antinutritivos en los alimentos que pueden afectar a la biodisponibilidad de los nutrientes, y se inactivan mediante el tratamiento por calor.

b) Reacción de Maillard

Si las proteínas que sufren el tratamiento térmico se encuentran en presencia de hidratos de carbono (sobre todo los azúcares reductores), se produce la reacción de Maillard. La reacción de Maillard, también denominada reacción de pardeamiento no enzimático, tiene lugar entre los grupos amino de los aminoácidos –proteínas- y los azúcares reductores o no –carbohidratos-. Ambas reacciones, tienen lugar en algunos procesos tecnológicos como la deshidratación, la pasteurización o concentración y horneado, siendo responsables de algunos deterioros que sufren los alimentos en el procesado y almacenamiento.

Algunos de los factores implicados en la reacción de Maillard son los siguientes:

1. Tipo de azúcares y aminoácidos que intervienen en la reacción.

Los azúcares presentan distinta reactividad, así los monosacáridos presentan mayor reactividad que los disacáridos y oligosacáridos, las aldosas (galactosa, glucosa) mayor a que las hexosas (frutosa), etc. Respecto a los aminoácidos, en general influye en los aminoácidos básicos, aunque el que presenta mayor reactividad es la lisina, debido a que su grupo amino reacciona con el grupo carbonilo del azúcar. Esta reacción genera un enlace que no puede ser digerido por las enzimas digestivas, por lo que este aminoácido no se encuentra disponible y se reduce así el valor nutritivo de la proteína. De este modo, la metionina y la arginina también se encuentran afectadas y en una menor proporción el triptófano, la cisteína o la histidina. La leche es un alimento que contiene lactosa y lisina y por tanto, muy sensible a la reacción de Maillard, pudiendo originar sabores y colores indeseables.

2. Temperatura.

Las temperaturas altas aceleran los efectos negativos de la reacción de Maillard. En cambio, cuando es moderada, apenas se producen pérdidas de nutrientes, pero si la temperatura es extrema, puede disminuir gran parte del valor nutritivo del alimento. Un ejemplo de esto puede ser la leche, que según el proceso tecnológico que se utilice para deshidratarla, implica una mayor o menor biodisponibilidad del aminoácido lisina.

3. pH.

Conforme aumenta el valor del pH (de 3 hasta 8), la reacción de Maillard se acentúa en lo que respecta a la intensidad de la misma. A continuación, se describen algunos ejemplos:

1. - Alimentos como los cereales, la leche, la carne, el pescado o los huevos, que presentan un pH entre 6 y 8, favorecen el desarrollo de esta reacción.
2. - En los zumos de frutas que tengan un pH entre 2,5 y 3,5, la reacción de Maillard prácticamente no se da. No obstante, en algunos de los procesos tecnológicos a los que se someten, la reducción de vitamina C y la caramelización de los azúcares, pueden provocar pardeamiento.
3. - En alimentos como las salsas, conservas vegetales, sopas, alimentos fermentados, etc, que tengan un pH entre 3 y 6, tiene lugar la reacción de Maillard y la reducción de la concentración de vitamina C.

4. Actividad de agua (aw)

La actividad de agua del alimento influye en la reacción de Maillard, aumentando en consecuencia la velocidad de la misma, a medida que aumenta la actividad de agua, hasta llegar a un nivel máximo -0,6 a 0,7-. A partir de este valor se invierte este proceso, disminuyendo la velocidad de la reacción.

Por tanto, para ralentizar la reacción de Maillard en los alimentos, es importante:

1. - Reducir la concentración de azúcares reductores.
2. - Disminuir la intensidad del tratamiento térmico, reduciendo la temperatura y el tiempo, descendiendo el pH e incrementado la humedad del producto

La mayoría de alimentos puede sufrir la reacción de Maillard, siempre y cuando los grupos carbonilo y amino estén presentes. A continuación se indican algunos ejemplos:

1. - Los alimentos obtenidos de cereales como el **pan** u otros **derivados de la panificación**. En estos alimentos, el aminoácido limitante es la lisina, por lo que su pérdida conviene tenerla en cuenta.
2. - La **carne** necesita hidratos de carbono para que tenga lugar la reacción de Maillard. Por ello, aunque la carne sufra una glucógenolisis -debido al glucógeno que contiene-, éste se convierte en ácido láctico (por la ausencia de oxigenación de la carne), que es incompatible con el grupo amino. Esto no ocurre cuando la carne se reboza con harinas o pan, ya que entonces sí se produce esta reacción.
3. - En el **pescado**, cuando tiene lugar la degradación de las proteínas y nucleótidos post mortem, se generan aminas volátiles y aminoácidos libres, además de pentosas. Esto favorece la reacción de Maillard, ya que se incrementa el pH y también la concentración de sustratos que reaccionan.
4. - La **leche** y los **derivados lácteos**, las **salsas**, el **cacao** y las **frutas parcialmente desecadas**, también son susceptibles a sufrir esta reacción.

c) Reacciones que afectan a proteínas y aminoácidos

Es importante resaltar que las proteínas y aminoácidos pueden sufrir otras reacciones que pueden interferir en el valor nutritivo. En algunos alimentos proteínicos sometidos a altas temperaturas, pueden producirse interacciones entre las propias proteínas. Esto suele ocurrir cuando los pescados o carnes se someten a procesos de plancha o parrilla, donde estas reacciones pueden provocar mermas nutricionales. También, pueden verse afectados algunos grupos de los aminoácidos como el amino, sulfidrilos -aminoácidos azufrados-, o bien puede tener lugar la isomerización de aminoácidos, pasando de la forma L a la D. Esta isomerización tiene lugar bajo unas condiciones alcalinas y el efecto del calor, disminuyendo el valor biológico de las proteínas. También se producen interacciones entre proteínas y lípidos, sobre todo lípidos que proceden de ácidos grasos poliinsaturados, como los que se encuentran en los pescados grasos o azules. Este tipo de interacciones son frecuentes en procesos de asado, desecación, cocción o fritura, pero también pueden producirse cuando congelamos el alimento.

RECUERDE

Las proteínas son muy sensibles al calor, desnaturalizándolas, disminuyendo además las características bioactivas de ciertas proteínas. Estas proteínas pueden interactuar con azúcares reductores y no reductores a través de la reacción de Maillard u otras reacciones de entrelazamiento de aminoácidos, reduciendo así la biodisponibilidad de algunos nutrientes como los aminoácidos esenciales.

LÍPIDOS Los lípidos son parcialmente estables cuando se someten a tratamientos térmicos. Cuando la temperatura y la concentración de oxígeno es alta, y además se encuentran presentes metales, se puede generar una degradación y oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados. Esto puede ocasionar la formación de compuestos polares bastante tóxicos. Los ácidos grasos insaturados son susceptibles a la temperatura, el oxígeno y la luz -sobre todo los que presentan dos o más dobles enlaces-. Los productos resultantes de la oxidación lipídica, son responsables del enranciamiento y modificación de proteínas, aminoácidos y otros compuestos presentes en los alimentos. Los aceites que sufren un proceso de hidrogenación, como los que se encuentran en margarina o los shortenings, son sometidos a temperaturas y presiones altas en presencia de catalizadores metálicos. Este proceso puede producir isómeros trans, que son perjudiciales para la salud. Por otro lado, los compuestos que aparecen en la reacción de Maillard, pueden proteger al alimento de la oxidación lipídica, actuando como antioxidantes.

Las reacciones que ocurren con mayor frecuencia en alimentos que contienen lípidos son, las alteraciones por oxidación y generación de los ácidos grasos trans debidos a la fritura o hidrogenación.

a) Oxidación de lípidos

Los ácidos grasos libres que se encuentran formando parte de los fosfolípidos y triglicéridos pueden sufrir procesos de autooxidación. Este proceso genera compuestos oxidados como hidroperóxidos e hidróxidos, que son degradados para producir otros compuestos (alcanales, alquenes, ésteres, cetonas, alcoholes, etc). Los compuestos resultantes de esta degradación son los causantes del enranciamiento o sabor oxidado de los distintos alimentos que presentan grasas insaturadas en su composición.

La autooxidación de lípidos se ve incrementada por acción del calor, la luz y el oxígeno presente en la atmósfera, ocurriendo también a bajas temperaturas (como en el pescado o la margarina). También influye el tipo de ácido graso y los compuestos antioxidantes que contengan. En el ácido oleico, la autooxidación es más reducida que en ácidos grasos que presentan más insaturaciones, como el ácido graso omega-3 (eicosapentaenoico y docosahexaenoico), el ácido linoleico y linolénico. La autooxidación se ve incrementada a medida que aumentan los dobles enlaces de los ácidos grasos, desde un doble enlace (en el caso del ácido oleico) a seis dobles enlaces (en el caso del ácido docosahexaenoico) en la siguiente relación: 0,025:1:2:4:6:8 (más de trescientas veces del primero al último). Así, el aceite de oliva que posee una alta riqueza de ácido oleico, es bastante estable a la oxidación, sobre todo el aceite de oliva virgen, que posee gran cantidad de

antioxidantes. Sin embargo, los aceites procedentes de semillas, que tienen una riqueza alta en ácido linoleico y los ácidos grasos omega-3 presentes en el pescado, poseen más dobles enlaces (entre cinco y seis dobles enlaces) que el ácido oleico, por lo que son menos estables a la oxidación. Los ácidos grasos saturados, cuando son sometidos a temperaturas superiores a 150 °C, son susceptibles a la oxidación y generan compuestos como aldehídos y multi-cetonas, hidrocarburos, ácidos, etc.

Cabe resaltar, que en la fase de propagación (que tiene lugar dentro de las reacciones de autooxidación de lípidos), esta oxidación lipídica se incrementa por la acción de iones metálicos (Fe^{2+} y Cu^+) que actúan como catalizadores. Estos metales, se encuentran en los alimentos unidos a diferentes moléculas como el ADN, el ADP, distintas metalo-proteínas y en ocasiones, también forman parte de determinados tipos de envases. En resumen, este proceso autooxidativo implica la disminución o pérdida de algunas vitaminas y otros compuestos antioxidantes presentes en el aceite o la grasa.

b) Hidrogenación

La hidrogenación, es un proceso en el que se saturan parcial o totalmente los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados de diversos tipos de grasas como por ejemplo el aceite de palma, colza, soja, pescado, etc. El objetivo de esta hidrogenación es variar la composición de estos ácidos grasos, para la producción de grasas o aceites con unas características particulares. Por tanto, la hidrogenación consiste en disminuir el grado de insaturación de estos ácidos grasos insaturados, restringiendo la velocidad de la oxidación y variando las propiedades físicas (sobre todo en lo que respecta al punto de fusión y las propiedades de cristalización). Al aumentar del punto de fusión de estas grasas, se mejora la susceptibilidad oxidativa. Esta hidrogenación se realiza a unas temperaturas de entre 140 y 225 °C, empleando níquel como catalizador de la reacción. Ello origina ácidos grasos saturados trans, responsables del aumento del punto de solidificación de la grasa.

Así, la hidrogenación supone un incremento de los ácidos grasos trans en los alimentos, aunque en algunos casos como las margarinas, se ha mejorado su elaboración, disminuyendo la cantidad de estos ácidos grasos trans. No obstante, en los países donde la alimentación es rica en productos de bollería, margarinas, pasteles, etc., se debe tener en cuenta que nutricionalmente, estos ácidos grasos trans no son beneficiosos para la salud.

c) Trans-esterificación y esterificación dirigida

Este proceso se fundamenta en la modificación de la posición de los ácidos grasos dentro de la molécula de un triglicérido. Se lleva a cabo a unas temperaturas entre 50 y 100 °C y en presencia de catalizadores -metales alcalinos o alcóxidos-. Además, afecta al punto de fusión y cristalización de la grasa. Se pueden obtener grasas plásticas que no cristalizan, por ejemplo margarinas con un punto de fusión determinado. Cuando la esterificación está dirigida, se reordenan los ácidos grasos para que el triglicérido alimentario se digiera y absorba mejor, o bien buscando efectos fisiológicos beneficiosos concretos.

RECUERDE

Los lípidos -especialmente los insaturados-, son susceptibles de sufrir degradación y oxidación de ácidos grasos, sobre todo cuando la temperatura y concentración de oxígeno es alta, y además se encuentran presentes metales en el medio. Esto puede ocasionar la formación de compuestos polares bastante tóxicos.

HIDRATOS DE CARBONO

Los distintos procesos tecnológicos aplicados en la elaboración de alimentos, influyen de distinta forma en los hidratos de carbono. Por un lado, los azúcares reductores pueden sufrir la reacción de Maillard, ya descrita anteriormente. Además, pueden tener lugar reacciones de caramelización de azúcares, cuando éstos se someten a temperaturas altas.

Los almidones sometidos a tratamientos con agua y calor, dan lugar a una gelatinización y retrogradación que favorece la digestibilidad de los hidratos de carbono complejos. Además, los

hidratos de carbono que componen la pared celular como la hemicelulosa, celulosa, pectinas, etc., pueden sufrir algunas modificaciones con el calor, como la pérdida de turgencia.

RECUERDE

Generalmente, los hidratos de carbono son bastante estables al calor y habitualmente, las pérdidas de nutrientes que se producen se deben a las reacciones de Maillard.

VITAMINAS

La mayoría de procesos de limpieza o higiene de los alimentos puede dar lugar a pérdidas de vitaminas. El proceso depende de una serie de factores: el tiempo y la temperatura que se aplique, la concentración que exista de oxígeno o el pH que presente el producto. Además, se pueden producir otras pérdidas de vitaminas cuando estos alimentos se envasan industrialmente, ya que se están sujetos a almacenamiento, distribución y comercialización posterior. Entre las vitaminas más susceptibles a los distintos agentes externos -PH, temperatura, oxígeno o la luz-, se encuentran la vitamina C, A, B12, tiamina y el ácido fólico. En la Tabla 2 se describe la retención de distintas vitaminas en verduras y hortalizas sometidas a diferentes técnicas de cocinado.

MINERALES

Los minerales se caracterizan por ser bastante estables a los distintos tratamientos utilizados en los alimentos. Sin embargo, existen interacciones entre distintos elementos y algunos nutrientes como las proteínas y la fibra dietética, que pueden reducir la biodisponibilidad de algunos minerales como el calcio, el hierro, el magnesio o el cinc. Esto puede ocurrir en algunos procesos culinarios como la extrusión, el horneado o los procesos fermentativos, que permiten que las enzimas fitasas hidrolicen los fitatos presentes en los cereales y dificulten la reacción con los minerales, por lo que aumenta la biodisponibilidad de estos.

Los procesos de lavado, también reducen el contenido de los minerales mediante lixiviación. La molienda de los cereales, unido a la separación del salvado, también produce pérdidas de algunos minerales. Los procesos de cocción y hervido en los alimentos producen una reducción de algunos minerales debido a que se forman fitatos.

En el proceso de fabricación de yogures y leches fermentadas, tiene lugar una acidificación que puede mejorar la absorción de algunos minerales. La esterilización de algunos alimentos puede provocar la precipitación de ciertos minerales y en los procesos de fritura, se pueden producir pérdidas nutritivas de yodo.

RECUERDE

Algunos procesos tecnológicos como el hervido, el lavado, la cocción, la esterilización o la acidificación, pueden disminuir la biodisponibilidad de algunos minerales.