



Ecodiseño en el envase de alimentos

Unidad 03: Deterioro de los alimentos y métodos de conservación

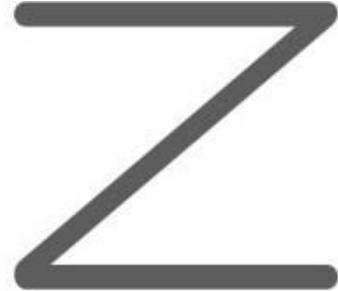
Gabriel Mustatea (doctor en Ingeniería Química) gabi.mustatea@bioesurse.ro

Gabriel Laslu (ingeniero de desarrollo tecnológico) gabriel.laslu@gmail.com

3.1. Deterioro de los alimentos	2
3.2. Principios de las tecnologías para la limitación del deterioro de los alimentos.....	9

Objetivos docentes de la unidad:

- Reducir al mínimo el peso y el volumen de los envases
- Reducir el contenido de sustancias y materiales peligrosos en el material del envase y en sus componentes
- Diseñar envases reutilizables o valorizables
- Garantizar un alto grado de protección para la salud humana y el medio ambiente



3.1. Deterioro de los alimentos

En relación con el deterioro de los alimentos, es posible distinguir varias situaciones:

- La contaminación del alimento: por la presencia de cuerpos extraños (p. ej., polvo, pelo, cristal, etc.)
- La pérdida de frescura del alimento: proceso que determina la pérdida de algunos atributos nutricionales o sensoriales que presentan dichos alimentos frescos
- La alteración del alimento: proceso que determina el cambio en el aspecto y el olor del alimento, de modo que se convierte en un alimento no comestible

La alteración puede tener lugar por distintos factores de naturaleza física (luz o calor), química (oxígeno o agua) o biológica (enzimas o microorganismos), o por una combinación de estos. Por ejemplo, algunas enzimas fotorreactivas son factores internos del deterioro de los productos frescos y, en los zumos de frutas y naturales, se encuentran enzimas que, en contacto con el oxígeno del aire, provocan olores y sabores anómalos.

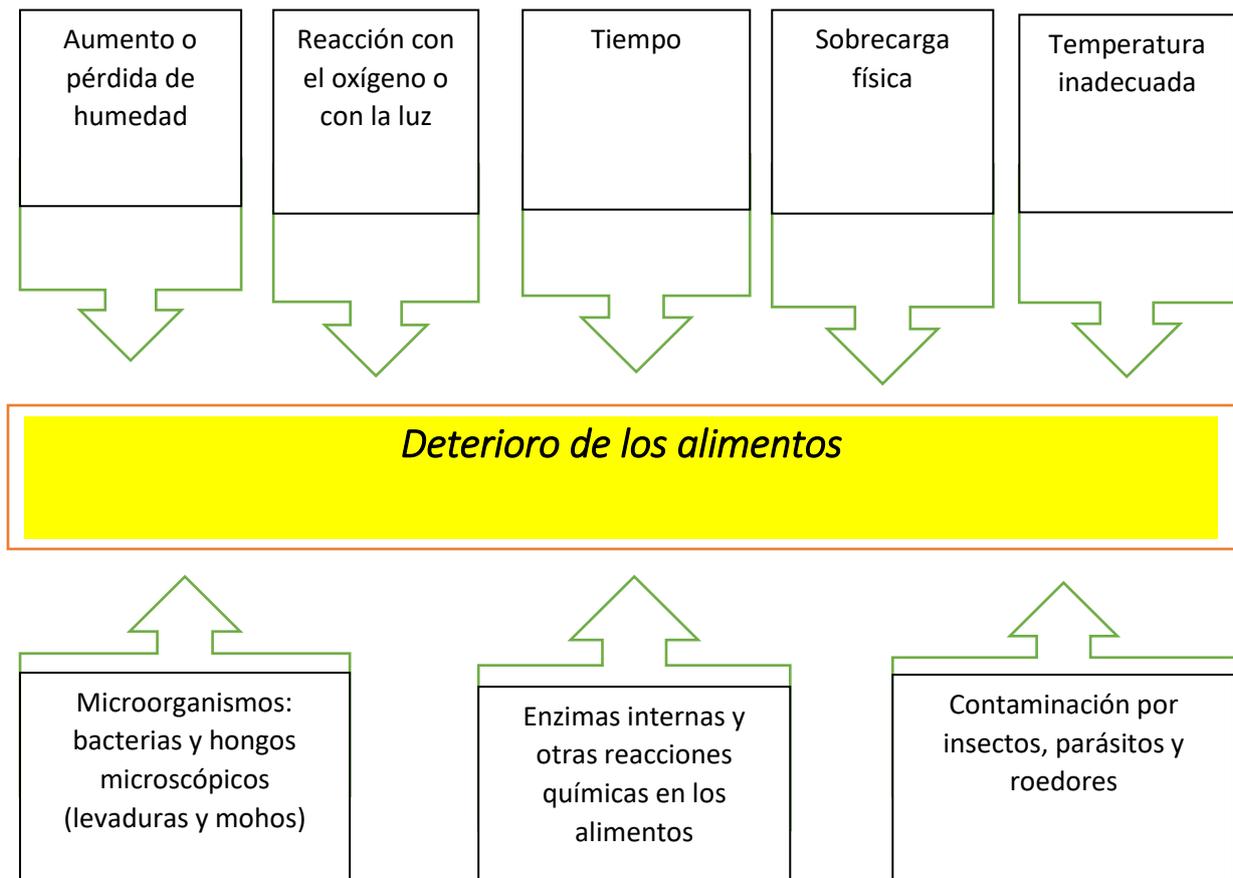


Figura 1. Factores que contribuyen al deterioro de los alimentos (fuente: lección 5 de <http://wiki.ubc.ca/Course:FNH200>)

Enzimas

Las enzimas (del griego «en zymé», que significa «levadura») son proteínas globulares complejas que catalizan reacciones químicas en los organismos vivos y, por tanto, aumentan la velocidad de estas. Si no existieran, la fruta no maduraría, las semillas no germinarían, no podríamos pensar, no podríamos digerir los alimentos ni absorber sus nutrientes, etc. Las enzimas participan en miles de procesos bioquímicos que tienen lugar en nuestro cuerpo.

La acción de las enzimas¹¹ puede emplearse con efectos beneficiosos en la industria alimentaria, por ejemplo, para la elaboración de queso. Sin embargo, para poder conservar y ampliar la vida útil de los alimentos, suele ser necesario inactivar las enzimas presentes en el propio alimento y en las superficies del envase utilizando para ello métodos térmicos o químicos. La fruta y la verdura, que constituyen una gran fuente de enzimas, proporcionan numerosos ejemplos sobre la naturaleza y la acción de estos agentes causantes del deterioro de los alimentos. Algunas de estas se pueden inactivar mediante tratamientos térmicos moderados, mientras que otras precisan de unos minutos a temperaturas de esterilización. Durante la maduración de la fruta, la actividad de algunas enzimas aumenta y, en consecuencia, provoca un reblandecimiento de los tejidos. En las patatas, los inhibidores enzimáticos desempeñan un importante papel moderador de la velocidad de las reacciones químicas relacionadas con la acumulación de azúcar. Esto es importante durante el almacenamiento y la conservación de las patatas previos a su procesamiento, en los que la presencia de azúcares reductores sería indeseable por dar lugar a una intensificación de las reacciones que provocan la decoloración mediante la reacción de «pardeamiento enzimático». Esta reacción también se produce en la verdura y la fruta cuando se daña o se corta su superficie y se expone al aire. Para inactivar las enzimas se usan ácido cítrico, málico o fosfórico, o se evita el contacto con el oxígeno del aire mediante su inmersión en salmueras o por medio del envasado.

El envasado de la fruta en una atmósfera sin aire reduce la velocidad de la reacción de decoloración, pero puede dar lugar a problemas de calidad y no resulta una solución viable. También se producen enzimas durante el deterioro microbiano de los alimentos y estas participan a menudo en el deterioro de la textura. Muchos de los microorganismos que secretan enzimas son mohos. También existen especies

¹ *FOOD PACKAGING TECHNOLOGY*. Editado por Richard Coles, consultor sobre el envasado de alimentos (Londres, Reino Unido); Derek McDowell, director de la división de suministros y envasado de Loughry College (Irlanda del Norte, Reino Unido); y Mark J. Kirwan, consultor sobre tecnologías de envasado (Londres, Reino Unido). Blackwell Publishing Ltd.; 2003.



bacterianas que producen amilasas, es decir, enzimas que no experimentan cambios durante el calentamiento. Las amilasas degradan el almidón, reduciendo así la viscosidad. La ineficacia del proceso de inactivación de las enzimas reduce a menudo la vida útil del alimento envasado. Esto no suele ocasionar problemas en el caso de los alimentos en conserva, pero se trata de un factor que debe tenerse en cuenta para las frutas y las verduras congeladas, que únicamente se someten a un proceso de escaldado antes de la congelación. El objetivo del escaldado es inactivar la mayoría de las enzimas sin provocar grandes daños térmicos en los alimentos. Por tanto, emplea temperaturas moderadas (90-100 °C) y tiempos de calentamiento cortos (1-10 minutos). Al descongelar los alimentos, puede observarse una reanudación de la actividad enzimática que probablemente se deba a la regeneración de las enzimas presentes en el alimento.

Microorganismos

Con este término se designan todos los organismos vivos que no son visibles al ojo humano. Por tanto, es necesario un microscopio para poder verlos.

Existen muchos tipos de microorganismos, con diversas formas y estructuras más o menos complejas. Cuando se habla del deterioro de los alimentos, normalmente suele hacerse referencia a las bacterias, los mohos y las levaduras. Por lo que respecta a la transmisión de enfermedades a través de los alimentos, es posible afirmar que la principal causa de ello son las bacterias. Numerosos factores contribuyen a la presencia de microorganismos en los alimentos. En este sentido, se consideran fuentes de microorganismos en los alimentos los patógenos (microbios, virus, parásitos y priones) y la contaminación cruzada.

Distintos tipos de microorganismos pueden provocar cambios en las características de los alimentos. Estos cambios pueden ser positivos o negativos.

- Entre los productos con cambios microbianos positivos se encuentran el queso, el yogur y el vino, en los que, además, puede tener lugar un aumento de su valor nutricional o la preservación de las calidades de los productos durante un breve periodo de conservación.
- Entre los cambios negativos provocados por la proliferación microbiana se encuentran el deterioro de los alimentos por la descomposición y la intoxicación alimentaria, que suelen estar provocados por distintas bacterias y se encuentran menos extendidos. A medida que proliferan, los microorganismos liberan sus propias enzimas en el líquido que las rodea y, a continuación, absorben los productos de la digestión extracelular. Esta es la causa principal de la alteración microbiana de los alimentos, que disminuye su valor nutricional.



El ajuste de la temperatura es el método más utilizado para destruir o controlar el número de microorganismos presentes en el alimento y en las superficies del envase.

Las bacterias pueden presentar distintas formas: esfera (cocos), bastón (bacilos) o espiral (espirilos). El agua es esencial para la proliferación bacteriana, ya que facilita el transporte de pequeñas moléculas a través de la membrana externa de la célula bacteriana como consecuencia de la presión osmótica. Las bacterias precisan de una mayor cantidad de agua que las levaduras y los mohos. Si la cantidad de agua disponible es del 20 %, se produce una proliferación rápida de las mismas, pero esta se ralentiza cuando la cantidad de agua se reduce al 10 % y se detiene cuando se reduce al 5 %. La actividad del agua (agua disponible), o A_w , se define en el campo de los alimentos como la relación que existe entre la presión parcial del vapor de agua en el alimento y la presión parcial del vapor del agua pura a la misma temperatura. A los efectos de esta definición, el agua destilada pura presenta un valor de actividad de una unidad. A medida que aumenta la temperatura, también lo hace normalmente el valor de A_w (con la excepción de algunos productos, como los cristales de sal o el azúcar). Las sustancias con unos valores de A_w mayores tienden a albergar una mayor cantidad de microorganismos. Las bacterias precisan normalmente un valor de A_w de, al menos, 0,91 y los hongos, de, al menos, 0,7. En el anexo 1, se incluye un cuadro con valores de la actividad del agua en algunos alimentos y con valores para distintos microorganismos.

Los hongos son un grupo de microorganismos que se encuentran de manera natural en las plantas, los animales y los seres humanos. Las distintas especies de hongos presentan grandes diferencias en su estructura y su sistema de reproducción. Los hongos pueden ser organismos unicelulares, esféricos u ovalados, o estructuras pluricelulares en forma de filamento. Estos filamentos pueden formar tramas visibles al ojo humano en forma de moho (p. ej., en el pan y el queso). Los hongos se dividen en levaduras y mohos.

Las levaduras pueden tener tamaños de 2-100 μm y se reproducen asexualmente por gemación. Durante la gemación, surge una pequeña yema en la pared celular de la célula madre. Esta yema comparte el citoplasma con la célula madre hasta que se separa de esta por medio de una doble pared. La nueva célula no siempre se separa de la madre; de hecho, puede permanecer unida a la madre mientras esta produce nuevas yemas. La nueva célula también puede formar yemas. Al final, este proceso puede dar lugar a grandes grupos de células unidas entre sí. Algunas levaduras pueden formar esporas, que pueden destruirse de manera relativamente sencilla mediante procesos tecnológicos a temperaturas moderadas y, en las superficies de los envases, mediante temperaturas moderadas o la esterilización.

Los mohos pertenecen a una amplia categoría de hongos pluricelulares en forma de filamento. Se adhieren a los alimentos por medio de largos filamentos, que constituyen el cuerpo vegetativo del moho. Su reproducción puede ser asexual, por medio de la producción de un gran número de esporas, o sexual, activada en ocasiones en respuesta



a los cambios medioambientales, mediante la producción de esporas mucho más resistentes, como las esporas de las bacterias, que pueden permanecer en estado latente durante un tiempo. Las esporas son muy pequeñas y ligeras y pueden transportarse a un gran número de superficies cercanas, motivo que origina la contaminación de los envases de alimentos. Tratar los cierres con vapor, dar la vuelta a los tarros inmediatamente después del sellado o someter el alimento a pasteurización pueden evitar el deterioro de los alimentos en conserva. La penicilina, uno de los medicamentos más importantes para tratar las infecciones bacterianas, deriva del moho *Penicillium*. El momento en que este moho comienza a formar esporas viene determinado por la aparición de una estructura en forma de arbusto verde en miniatura. La familia de mohos *Penicillium* produce enzimas que degradan las grasas y las proteínas. Debido a este proceso, son responsables de la maduración de los quesos azules (*Penicillium roquefort*) y el Camembert (*Penicillium camembert*)².

Otros factores que afectan a la proliferación de microorganismos

- Factores internos:

- Contenido de humedad y actividad del agua (A_w).
- pH.
- Nutrientes disponibles.
- Estructura física del alimento.
- Potencial de reducción.
- Presencia de agentes antimicrobianos. Algunos alimentos contienen compuestos antimicrobianos de forma natural y estos aportan determinada estabilidad microbiológica. Existen numerosos componentes antimicrobianos de origen vegetal, como, por ejemplo, muchos aceites esenciales, taninos, glucósidos y resinas, que pueden encontrarse en algunos alimentos. Algunos ejemplos de estos son el clavo, el ajo, la canela, la mostaza, la salvia y el orégano. Algunos alimentos de origen animal también contienen componentes antimicrobianos, como, por ejemplo, la leche de vaca, los huevos, la carne fresca, la carne de ave y el marisco. La concentración habitual de estos compuestos en los preparados alimenticios es relativamente baja y, por tanto, su efecto antimicrobiano es débil. Sin embargo, estos componentes pueden aportar mayor estabilidad si se combinan con los factores y procedimientos que se exponen en el apartado 3.2.

² *FOOD PACKAGING TECHNOLOGY*. Editado por Richard Coles, consultor sobre el envasado de alimentos (Londres, Reino Unido); Derek McDowell, director de la división de suministros y envasado de Loughry College (Irlanda del Norte, Reino Unido); y Mark J. Kirwan, consultor sobre tecnologías de envasado (Londres, Reino Unido). Blackwell Publishing Ltd.; 2003.



- Factores externos (véase el apartado 3.2):

- Temperatura
- Humedad relativa
- Dióxido de carbono u oxígeno
- Tipos y números de microorganismos en los alimentos

En el anexo 1, se incluyen algunos valores de A_w . La mayoría de los alimentos frescos, como la carne fresca, la verdura y la fruta, presenta unos valores cercanos al nivel considerado óptimo para la proliferación de la mayoría de los microorganismos (0,97-0,99).

La influencia del contenido de humedad se puede reducir del siguiente modo:

- Reduciendo el valor de A_w : se inhibe la proliferación microbiana mediante la desecación o la adición de solutos (azúcares, especias o sales).
- Liofilizando el alimento: se extrae el agua de los alimentos congelados en condiciones de vacío.
- Añadiendo soluto a las soluciones: azúcar para la fruta y sal para la carne y el pescado.

El anexo 2 muestra la influencia del pH en la proliferación de microorganismos en distintos alimentos, del modo siguiente: El cuadro 1 indica el pH³ adecuado para la proliferación de determinados microorganismos, mientras que el cuadro 2 muestra el pH aproximado de determinados alimentos. En general, los microorganismos no proliferan, o lo hacen muy lentamente, en pH inferiores a 4,6.

Nutrientes disponibles: los microorganismos requieren determinados nutrientes básicos para su proliferación y para el mantenimiento de sus funciones metabólicas. La cantidad y el tipo de nutrientes necesarios varían en función del microorganismo. Estos nutrientes incluyen el agua, una fuente de energía, el nitrógeno, vitaminas y minerales. Los alimentos presentan cantidades variables de estos nutrientes. Así, la carne contiene abundantes proteínas, lípidos, vitaminas y minerales. La mayoría de las carnes presenta bajos contenidos de carbohidratos. Los alimentos de origen vegetal presentan grandes concentraciones de distintos tipos de carbohidratos y distintas cantidades de proteínas, vitaminas y minerales. Algunos alimentos, como la leche, los productos lácteos y los huevos, son ricos en nutrientes. Los microorganismos presentes en los alimentos pueden obtener energía de los carbohidratos, los alcoholes y los aminoácidos. La

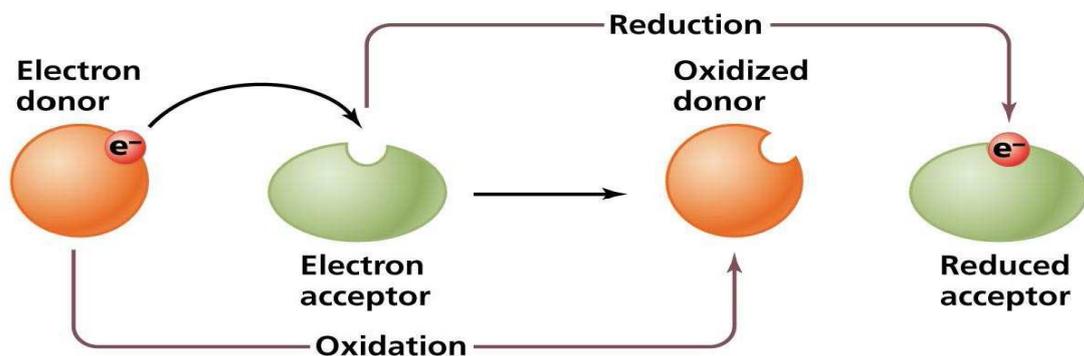
³ El pH (potencial de hidrógeno) indica el carácter ácido o básico de una solución.



mayoría de los microorganismos metaboliza los azúcares simples, como la glucosa. Otros pueden metabolizar carbohidratos más complejos, como el almidón o la celulosa, que se encuentran en los alimentos de origen vegetal, o el glucógeno, presente en las carnes. Algunos microorganismos pueden emplear las grasas como fuente de energía. Los aminoácidos sirven como fuente de nitrógeno y energía y son utilizados por la mayoría de los microorganismos. Los minerales necesarios para la proliferación microbiana son el fósforo, el hierro, el magnesio, el azufre, el manganeso, el calcio y el potasio. En general, únicamente se necesitan pequeñas cantidades de estos minerales, de modo que pueden obtenerse a partir de un gran número de alimentos.

Estructura física del alimento: Los alimentos de origen vegetal y animal, especialmente crudos, contienen estructuras biológicas que pueden impedir la entrada y la proliferación de microorganismos patógenos. Ejemplos de estas barreras físicas son la cáscara de las semillas, la piel de la fruta, la piel de las verduras, la cáscara de los frutos secos, la piel de los animales, la cáscara de huevo, etc. Los daños físicos provocados por la manipulación durante la cosecha, el transporte o el almacenamiento, y la invasión de insectos, pueden permitir la penetración de microorganismos. Algunos procesos empleados durante la preparación del alimento, como trocear, cortar, moler o pelar, destruyen estas barreras físicas. De este modo, el interior del alimento puede contaminarse y puede tener lugar una proliferación de los microorganismos en función del tiempo y la temperatura de almacenamiento.

Reacciones de reducción-oxidación (redox): Las reacciones de reducción-oxidación son las reacciones que tienen lugar por la donación o aceptación de electrones. La reducción se produce por la aceptación de electrones y la sustancia que los acepta se denomina «oxidante». La oxidación se produce por la pérdida de electrones y la sustancia que los pierde se denomina «reductor». Puesto que las soluciones no contienen electrones libres, los electrones donados por cualquier sustancia siempre son aceptados por otra. Por tanto, toda reacción de oxidación siempre va seguida de una de reducción.



Copyright © 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Figura 2. Ilustración de una reacción redox en una solución



El potencial de reducción (Eh) representa la diferencia de potencial entre un electrodo inerte y una solución que contiene las dos formas del sistema redox estudiado (oxidación y reducción). El valor absoluto del potencial no puede medirse.

En su lugar, se mide el valor relativo respecto de un electrodo de referencia cuyo potencial es igual a 0. Los valores se expresan en milivoltios (mV). Los valores entre 0 y -800 mV pueden ser beneficiosos o nocivos. Por encima de los 800 mV, el valor Eh se considera demasiado alto para el cuerpo humano y, por tanto, no se recomienda el consumo de alimentos o bebidas con un valor Eh que supere este límite. Si este valor es positivo (+), la solución presenta propiedades oxidantes. Si es negativo (-), es indicativo de una solución reductora. Un electrodo estándar de oxidación totalmente oxidado presentará un valor Eh de +810 mV en una solución con pH 7 a 30 °C y, en esas mismas condiciones, un electrodo estándar de hidrógeno totalmente reducido presentará un valor Eh de -420 mV. El valor Eh es dependiente del pH de la sustancia. Las mediciones del valor Eh pueden emplearse junto con otros factores para evaluar el potencial de proliferación del patógeno. En el anexo 3, se presentan algunos valores Eh y pH correspondientes a varios alimentos.

3.2. Principios de las tecnologías para la limitación del deterioro de los alimentos

Las principales tecnologías para limitar el deterioro de los alimentos se describen en el apartado 1.2 de la unidad I.

A continuación, se exponen los principios en que se basan estas tecnologías.

-Tratamiento térmico

- La mayoría de las bacterias se destruye a una temperatura de 82-93 °C, pero no así las esporas.
- Para garantizar la esterilidad, resulta necesario un tratamiento con calor húmedo a 121 °C durante 15 minutos.
- Los alimentos ácidos (véase el anexo 2) precisan de un calentamiento menor.

-Pasteurización

- Destruye los patógenos y reduce sustancialmente el número de microorganismos.
- En la unidad 1 se describen distintos procedimientos de pasteurización térmica durante distintos intervalos de tiempo. Cuanto menor sea la duración del calentamiento, mejor será el sabor del alimento.



-Conservación mediante frío

- Los alimentos congelados (-10 °C) normalmente no contienen agua en estado libre (el valor de A_w se reduce).
- La congelación puede destruir algunos microorganismos, pero no todos.
- Ha surgido un método que emplea temperaturas inferiores a -10 °C.
- Una vez descongelados, los alimentos no deben volver a congelarse.

-Desecado

- El desecado de los alimentos también deshidrata los microorganismos, que contienen, aproximadamente, un 80 % de agua.
- La liofilización es el método de desecado de los alimentos más eficaz.

-Adición de azúcar o sal

- Se trata de uno de los métodos de conservación más antiguos.
- Pueden añadirse a los productos alimenticios para aumentar la afinidad de los alimentos por el agua.
- Reducen el valor de A_w en los alimentos.
- Extraen agua de los microorganismos mediante ósmosis.

-Ahumado

- El humo contiene formaldehído y otros conservantes.
- El calentamiento durante el proceso de ahumado contribuye a reducir las poblaciones microbianas y seca el alimento.
- El humo puede ser tóxico para los humanos.
- El uso del humo de la madera para la conservación de los alimentos es casi tan antiguo como el secado al aire libre. Al usarse para reducir el contenido de humedad del alimento mediante el calor asociado a la generación del humo, consigue la desecación del alimento. El ahumado se usa principalmente para la carne y el pescado. El ahumado no solo aporta un sabor y color característicos a determinados alimentos: ciertos compuestos que se forman durante el proceso de ahumado presentan efectos conservantes (bactericidas y antioxidantes).

-Modificación de la atmósfera

- Se extrae el aire para controlar los microorganismos aerobios.
- Se garantiza la presencia de aire para controlar los microorganismos anaerobios.
- Se añaden dióxido de carbono y nitrógeno.
- La mayoría de las frutas y verduras emiten etileno, que acelera el proceso de maduración. Por tanto, para ampliar la vida útil, debe eliminarse esta sustancia.



- El envasado en atmósfera controlada (envasado en atmósfera modificada) normalmente se usa de manera conjunta con la refrigeración para ampliar la vida útil de los alimentos frescos perecederos (carne, pescado y fruta cortada, así como distintos productos de panadería y pastelería, aperitivos secos y otros alimentos secos).

Muchos alimentos envasados en atmósfera modificada se envasan con película transparente para que el cliente del comercio minorista pueda verlos. La fruta y las verduras no procesadas siguen consumiendo oxígeno y liberando dióxido de carbono una vez envasadas. Por medio de envases con unas características de permeabilidad específicas, es posible controlar los niveles de estos dos gases durante la vida útil del alimento. También pueden emplearse envases activos a los que se incorporen sustancias químicas adsorbentes (para extraer los gases o el vapor de agua del envase). Otra alternativa es el envasado al vacío, en el que se extrae todo el contenido de gas del envase. Se trata de un método muy eficaz para retrasar los cambios químicos (el enranciamiento), pero, para evitar la proliferación del patógeno *C. botulinum*, que precisa de condiciones anaerobias, es necesaria la pasteurización.

-Conservación mediante acidificación

- Puede ser acidificación natural (fermentación ácido-láctica) o artificial (escabechado). La fruta, la verdura y la carne se conservan mediante el uso de sustancias ácidas. La sustancia ácida generalmente se complementa con sal o azúcar. Se añaden especias (cebolla, ajo, pimienta, clavo, laurel, etc.) para mejorar el sabor y por sus propiedades antimicrobianas.
- La adición de aceite a los encurtidos crea una capa impermeable de aceite que contribuye a evitar el contacto con el aire. El pepino, la carne de ternera, el pimiento y algunas verduras pueden conservarse mediante su inmersión en un líquido preparado específicamente para ello.
- Con esta técnica, se sumerge el alimento en determinado líquido con propiedades químicas que evitan la proliferación de microorganismos pero, al mismo tiempo, conservan el alimento en condiciones aptas para el consumo. Los líquidos conservantes empleados son el vinagre, la salmuera, el alcohol y algunos aceites.

-Conservación de alimentos mediante fermentación ácido-láctica

- Se basa en la creación de unas condiciones óptimas para la fermentación de los carbohidratos por las bacterias productoras de ácido láctico. Este ácido inhibe la proliferación de las bacterias nocivas y actúa como catalizador de los procesos bioquímicos de la maduración.



- Este proceso se usa para elaborar productos lácteos ácidos (yogur, suero de mantequilla o requesón) y para conservar frutas y verduras (col, pepino, tomates o aceitunas). También se emplea en algunos zumos de verduras y frutas para obtener productos terapéuticos. Para aumentar la acidez, se añade sal de mesa (NaCl). El pH de la salmuera se mantiene entre 3,4 y 4,1. Durante la acidificación mediante fermentación, el propio alimento produce el conservante durante el proceso de fermentación. En este proceso, actúan numerosos ácidos orgánicos lipófilos (con afinidad por las sustancias grasas) débiles, que reducen el pH e inhiben la proliferación microbiana. Son muy útiles como conservantes los ácidos propiónico, sórbico y benzoico. Los ácidos orgánicos presentan mayor eficacia para la conservación cuando no se encuentran disociados. Así, la disminución del pH de los productos alimenticios aumenta la capacidad conservante de los ácidos orgánicos. El cuadro 3 del anexo 2 muestra la proporción total de determinados ácidos orgánicos no disociados⁹ en relación con distintos pH. El tipo de ácido orgánico utilizado puede afectar en gran medida al mantenimiento de las condiciones microbiológicas y a la inocuidad del alimento.

-Conservación de alimentos mediante escabechado (acidificación artificial)

- Método de conservación artificial en el que se emplea vinagre (ácido acético). La alta concentración de vinagre en el medio destruye los microorganismos.
- Puesto que los mohos y las levaduras presentan una mayor resistencia a los ácidos, se añaden sal de mesa y azúcar, y, en ocasiones, se lleva a cabo una pasteurización o una esterilización adicional.

-Conservación de alimentos mediante aditivos químicos antimicrobianos

- Se trata de sustancias que pueden detener la proliferación y la acción de algunos microorganismos (propiedades bacteriostáticas) o destruirlos (propiedades bactericidas).
- Se utilizan las siguientes sustancias:
 - Ácido benzoico y sus sales: se emplean para conservar caviar, zumos de frutas, productos de confitería y aceitunas en salmuera.
 - Dióxido de azufre y metabisulfito de sodio: se usan para la conservación de mermeladas, siropes naturales, caldos y vino.
 - Formiato de sodio: se usa para conservar huevas de pescado.
 - Ácido sórbico y sus sales: se utilizan para la conservación de tomate concentrado, verdura y fruta congeladas y productos de confitería.

-Métodos modernos de conservación de los alimentos

- Radiación
- Uso de campos magnéticos (estáticos u oscilantes)



- Filtración esterilizante por membranas (ultrafiltración) en algunos zumos de frutas
- Uso de dióxido de carbono a presión (para la conservación de fruta, huevos, productos cárnicos y zumos de frutas en recipientes herméticamente cerrados)
- Uso de microondas (en la pasteurización; la esterilización de productos en envases herméticos; la liofilización de carne, pescado o fruta; la deshidratación de pasta, patatas fritas, zanahoria o cebolla; etc.)

-Aspectos generales de la tecnología de barreras⁴

- La estabilidad y la inocuidad microbianas de la mayoría de los alimentos se basan en una combinación de varios factores (barreras) que los microorganismos presentes no deben superar. Esto queda ilustrado por el conocido como «efecto barrera» (Leistner, 1978; Leistner *et al.*, 1981).
- Leistner y sus colegas han señalado que el concepto de barrera únicamente ilustra el hecho conocido de que las complejas interacciones entre la temperatura, la actividad del agua, el pH, el potencial de reducción, etc., son importantes para la estabilidad microbiana de los alimentos. La tecnología de barreras deriva de la comprensión del efecto barrera y permite introducir mejoras relativas a la inocuidad y la calidad de los alimentos, y a sus aspectos económicos (p. ej., cuánta agua en el producto es compatible con su estabilidad), mediante una combinación inteligente de barreras.
- La aplicación de este concepto (que se conoce, indistintamente, como «métodos combinados», «procesos combinados», «conservación combinada», «combinación de técnicas», «tecnología de obstáculos» o «tecnología de barreras») ha dado buenos resultados, puesto que la combinación inteligente de barreras garantiza la estabilidad y la inocuidad microbianas, además de las características sensoriales, nutricionales y económicas del producto alimenticio.

⁴ Lothar Leistner (Centro Federal de Alemania para la Investigación sobre el Sector Cárnico) y Leon G. M. Gorris (Instituto de Investigación en Tecnología Agropecuaria de los Países Bajos): *FOOD PRESERVATION BY COMBINED PROCESSES*. Informe definitivo del subgrupo B de la acción concertada n.º 7 del programa comunitario para la investigación agroindustrial relacionada con los alimentos (FLAIR). Comisión Europea; 1997.



Anexo 1: Valores de A_w seleccionados con arreglo a https://en.wikipedia.org/wiki/Water_activity

Alimento	
Sustancia	A_w
Agua destilada	1.00
Agua del grifo	0.99
Carnes crudas	0.99
Leche	0.97
0.97	0.97
Zumo	0.87
Salami	< 0,85
0.87	0.75
Panceta cocinada	0.65
< 0,85	0.60
Solución de NaCl saturada	0,5-0,7
0.75	0,5-0,7
Cereales de desayuno	
Fruta seca	A_w
0.60	0.97
Aire habitual en interiores	0.97
Miel	0.97
Microorganismos	0.95
Microorganismos inhibidos	0.95
Clostridium botulinum tipos A y B	0.93
0.97	0.95
Clostridium botulinum tipo E	0.93
0.97	0,92 (0,90 en solución de glicerol al 30 %)
Pseudomonas fluorescens	0.91
0.97	0.86
Clostridium perfringens	0.80
0.95	0.50



Anexo 2: Valores de pH

Cuadro 1. Valor de pH adecuado para la proliferación de microorganismos

Microorganismos	pH		
	Mínimo	Óptimo	Máximo
Mohos	1,5-3,5	4,5-6,8	8-11
Levaduras	1,5-3,5	4-6,5	8-8,5
Bacterias (casi todas)	4,5-5,5	6,5-7,5	8,5-9
Bacterias productoras de ácido láctico	3-5	5,5-7,5	6,5-8

Cuadro 2. Valor de pH aproximado de determinados alimentos

Producto	pH	Producto	pH
Clara de huevo	7,5-9	Maíz	7,0-7,5
Yema de huevo	6.1	Patata	5,3-5,6
Marisco	6,8-8,2	Zanahoria	5,2-6,2
Pescado (la mayoría)	6,3-6,8	Cebolla	5,3-5,8
Leche fresca	6,3-6,5	Tomate	4,2-5,8
Mantequilla	6,1-6,4	Naranja	3,6-4,3
Pollo	6,2-6,4	Uva	3,4-4,5
Cerdo	5,3-6,4	Manzana	2,9-3,3
Ternera	5,1-6,2	Limón	1,8-2,4

Cuadro 3. Proporción de ácido no disociado, en porcentaje, para distintos pH

Ácidos orgánicos	pH				
	3	4	5	6	7
Ácido acético	98.5	84.5	34.9	5.1	0.54
Ácido benzoico	93.5	59.3	12.8	1.44	0.144
Ácido cítrico	53.0	18.9	0.41	0.006	< 0,001
Ácido láctico	86.6	39.2	6.05	0.64	0.064
Metilparabeno, etilparabeno y propilparabeno	> 99,99	99.99	99.96	99.66	96.72
Ácido propiónico	98.5	87.6	41.7	6.67	0.71
Ácido sórbico	97.4	82.0	30.0	4.1	0.48



Anexo 3: Potencial de reducción

Cuadro 1. Potencial de reducción (Eh) en algunos alimentos

ALIMENTO		Presencia de aire	Eh (mV)	pH	
Leche		+	+300 a +340	NR	
Queso	Cheddar	+	+300 a -100	NR	
	Holandés	+	-20 a -310	4,9-5,2	
	Emmental	+	-50 a -200	NR	
Mantequilla		-	+290 a +350	6.5	
Huevo		+	+500	NR	
Carne	Hígado crudo picado		-	-200	~ 7
	Carne (tejido muscular)	Cruda tras sacrificio	-	-60 a -150	5.7
		Cruda picada	+	+225	5.9
		Picada cocida	+	+300	7.5
	Salchichas cocidas y carne en conserva			-20 a -150	~ 6,5
Cereales	Trigo (integral)		-	-320 a -360	6.0
	Trigo (germen)		-	-470	NR
	Cebada (molida)		+	+225	7
Patata		-	-150	~ 6	
Zumos de origen vegetal	Uva		-	+409	3.9
	Limón		-	+383	2.2
	Pera		-	+436	4.2
	Espinaca		-	+74	6.2
Alimentos enlatados	«Neutros»		-	-130 a -550	> 4,4
	«Ácidos»		-	-410 a -550	< 4,4

* El limón, el aguacate y el kiwi son frutas muy alcalinas y, por tanto, no se consideran alimentos ácidos. Otras frutas que no son ácidas son el plátano, el melón, la manzana, el coco, el pomelo, la uva, la naranja y la sandía.

- NR: No se han registrado valores.

