

Tema 2

Bases de la conservación de alimentos.

1 Introducción

La descomposición de la biomasa, una vez muerta, es un proceso espontáneo impulsado por diferentes fuerzas biológicas que conducen a la degradación de los constituyentes iniciales, a la desorganización de los tejidos, a la aparición de sustancias indeseables o tóxicas, producto del catabolismo de microorganismos o de las propias enzimas de la biomasa, y a la proliferación de microorganismos.

La “vida útil” es un concepto impreciso que solamente da una idea del tiempo que un alimento permanece útil para el consumo antes de volverse desagradable o simplemente nocivo. La vida útil, entendida de esta manera, varía dentro de un amplio margen entre diferentes alimentos, tal y como se muestra en la siguiente tabla

Tabla 1. Vida útil de almacenamiento de tejidos vegetales y animales

Producto	Días de almacenamiento a 21°C
Carne	1 - 2
Pescado	1 - 2
Aves	1 - 2
Carne y pescado desecado, salado o ahumado	360 y más
Frutas	1 - 7
Frutas secas	360 y más
Hortalizas de hojas verdes	1 - 2
Raíces	7 - 20
Semillas secas	360 y más

Como se aprecia, alimentos como la carne y el pescado se vuelven inútiles tras 1 o 2 días de almacenamiento, haciendo virtualmente imprescindible la utilización de algún método de conservación si se quiere llevar a cabo su comercialización. Otros alimentos como nueces o semillas, por el contrario, se degradan desde el principio pero a un ritmo mucho más lento, llegando a permanecer útiles por periodos de tiempo del orden del año.

La manifestación del deterioro de los alimentos ocurre de una forma o de otra según el tipo de cambios que intervengan: microbianos o no microbianos, internos o externos:

Cambios bioquímicos no microbianos: producidos por constituyentes del propio organismo (enzimas), pueden ser o no perceptibles por el consumidor.

El valor nutricional de un alimento puede verse seriamente afectado sin que el consumidor lo advierta. Tales cambios incluyen pérdidas de sustancias vitamínicas y moléculas complejas que son degradadas por el propio metabolismo.

Entre los cambios que pueden ser detectados se incluyen variaciones del color, del sabor, del olor y de la textura. La mayoría de estos cambios se producen por daños o transformaciones en componentes mayoritarios del alimento. Así la alteración de pigmentos da lugar a la decoloración o a la aparición de colores extraños. Diversas reacciones químicas, desdoblamiento de azúcares y reacciones entre azúcares y sustancias aminadas dan lugar a la aparición de sabores extraños, mientras que los olores la mayoría de

los casos son atribuibles a procesos de enranciamiento de los componentes lipídicos. Especial atención merecen los cambios en la textura que son consecuencia de la degradación o colapso de la estructura del tejido del alimento, ya que además de alterar la palatabilidad, facilitan el camino a subsiguientes contaminaciones microbianas.

Los cambios bioquímicos microbianos son en general los de mayor gravedad ya que no solo estropean las características organolépticas del alimento, sino que pueden volverlo tóxico o infeccioso y además, en general, progresan a una velocidad exponencial, al menos durante las fase iniciales de la infestación. Aunque la degradación microbiana en la mayoría de los casos se hace evidente al consumidor, en algunos casos permanece indetectable organolépticamente incluso en fases muy avanzadas, dando lugar a infecciones y toxiinfecciones alimentarias (salmonelosis, botulismo).

2 Factores que intervienen en la alteración de los alimentos.

Las causas responsables de la aparición de estos cambios, que se traducen en fenómenos de alteración en los alimentos, se pueden clasificar en:

- Físicas:** pueden aparecer durante la manipulación, preparación o conservación de los productos y, en general, no perjudican, por sí solas, a la comestibilidad del alimento, pero sí a su valor comercial. Un ejemplo de este tipo son los daños que pueden producirse durante la recolección mecánica, golpes durante la manipulación, heridas, etc.
- Químicas:** se manifiestan durante el almacenamiento de los alimentos, pero su aparición no es debida a la acción de enzimas. Son alteraciones más graves que las anteriores y con frecuencia pueden perjudicar la comestibilidad del producto. Entre estas se pueden citar el enranciamiento, pardeamiento, etc.
- Biológicas:** son sin duda las más importantes, a su vez se pueden subdividir en:
 - Enzimáticas:** por acción de enzimas propias del alimento, por ejemplo, la senescencia de las frutas.
 - Parasitarias:** debidas a la infestación por insectos, roedores, pájaros, etc. Importantes no sólo por las pérdidas económicas que suponen los productos consumidos o dañados por ellos, sino por el hecho de que dañan el alimento y lo ponen a disposición de infecciones provocadas por microorganismos.
 - Microbiológicas:** debidas a la acción de microorganismos, que son responsables de las alteraciones más frecuentes y más graves.

Generalmente, en el deterioro de los alimentos intervienen simultáneamente **varias de las causas citadas**, por ejemplo, las causas físicas (daños, heridas, etc.) y las parasitarias abren el camino a la intervención de causas microbiológicas, así mismo, también suelen actuar conjuntamente causas químicas y biológicas.

Las causas actúan de forma diferente dependiendo de algunos **factores externos o ambientales**.

2.1 2.1. Factores ambientales

Sobre estas diferentes causas de deterioro de los alimentos influyen una serie de factores ambientales: la temperatura, tanto alta como baja, la humedad y sequedad, el aire y más particularmente el oxígeno, y la luz, y junto a todas ellas, evidentemente, el tiempo, puesto que todas las causas de la degradación de los alimentos progresan con el tiempo y, una vez sobrepasado el periodo transitorio en el

cual la calidad de alimento está al máximo, cuanto mayor sea el tiempo transcurrido mayores serán las influencias destructoras.

TEMPERATURA

Independientemente de su efecto sobre los microorganismos, que se verá más adelante, el frío y el calor no controlados pueden causar deterioro de los alimentos.

Dentro de la escala moderada de temperatura en la que se manejan los alimentos, (10 a 38°C), para cada aumento de 10°C se duplica aproximadamente la velocidad de las reacciones químicas, incluyendo las velocidades tanto de las, reacciones enzimáticas como de las no enzimáticas.

El calor excesivo desnaturaliza las proteínas, rompe las emulsiones, destruye las vitaminas y reseca los alimentos al eliminar la humedad.

El frío no controlado también deteriora los alimentos, las frutas y hortalizas que se han congelado y descongelado en el campo presentan una textura alterada. La congelación también puede producir el deterioro de los alimentos líquidos: las emulsiones se rompen, las grasas se separan, etc.

El frío puede dañar también los alimentos aunque la temperatura no llegue a superar el punto de congelación. Estos daños por frío se presentan en algunas frutas y hortalizas como plátanos, limones, calabazas, tomates, etc. que pueden presentar manchas y otros daños en la epidermis si se mantienen a temperaturas inferiores a 10°C. En la tabla 2 se recogen algunos de los daños que aparecen en frutas y hortalizas.

Tabla 2. Sensibilidad de frutas y hortalizas a bajas temperaturas

Producto	Temp. seg.	Daños si 0°C < T alm. < T seg.
Manzanas	1 a 2°C	Ennegrecimiento interno
Aguacates	7°C	Ennegrecimiento interno
Plátanos	13°C	No toman color al madurar
Pepinos	7°C	Áreas acuosas, descomposición
Berenjenas	7°C	Manchas doradas, depresiones en la piel
Limones	13 a 14°C	Depresiones en la piel, decoloración interna
Melones	5 a 10°C	Depresiones piel, descomposición superficial
Sandías	2°C	Depresiones en la piel, mal sabor
Naranjas	1,5 a 2,5°C	Depresiones en la piel, desecación interna
Pimientos	7°C	Decoloraciones cerca del cáliz
Tomates verdes	13°C	No toman color al madurar
Tomates maduros	10°C	Rotura de los tejidos

HUMEDAD EXTERNA Y AGUA (actividad)

Aparte de provocar defectos cosméticos en la superficie de muchos alimentos, la presencia de agua interviene de manera fundamental en el desarrollo de los microorganismos, como se verá más adelante. La cantidad más pequeña de condensación superficial es suficiente para permitir la proliferación de bacterias o el desarrollo de mohos. De ahí la necesidad de controlar las atmósferas de almacenamiento.

Por otra parte la actividad del agua (¿recuerda la definición?) es un factor fundamental en la proliferación de microorganismos. Como se muestra en la tabla siguiente, los microorganismos necesitan una determinada actividad el agua para crecer.

BACTERIAS	> 0,910	LEVADURAS	> 0,87
<i>Achromobacter</i>	0,990	<i>S. cerevisiae</i>	0,90-0,94
<i>C. Agulmanni</i> B.	0,979	<i>Rhizotorula</i>	0,90
<i>C. parvigena</i>	0,970	Levaduras osmófilas	0,62
<i>P. filiformis</i>	0,970		
<i>E. coli</i>	0,957	MOLDS	> 0,70
<i>Salmoneilla</i> sp.	0,950	<i>Botrytis cinerea</i>	0,93
<i>C. botulinum</i> A, B	0,950	<i>Fusarium</i>	0,90
<i>B. subtilis</i>	0,900	<i>Asperg</i>	0,80-0,90
<i>S. aureus</i>	0,860	<i>A. clavatus</i>	0,85
<i>Bacterius indolifera</i>	0,750	<i>P. expansum</i>	0,85
		<i>A. flavus</i>	0,78
		<i>Mucor xerophilus</i>	0,70

La comparación de la actividad del agua en los alimentos, permite determinar su susceptibilidad al ataque por los microorganismos

Alimento	a_w	Alimento	a_w
Carne de vacuno	0,990-0,980	Tomates	0,991
Carne de cerdo	0,990	Manzanas	0,980
Pescado	0,994-0,990	Cerezas	0,977
Productos de charcutería	0,950-0,850	Uvas	0,986-0,963
Leche	0,995	Limonas	0,984
Alcachofas	0,987-0,976	Melones	0,991-0,988
Zanahorias	0,989-0,983	Naranjas	0,988
Pepinos	0,998-0,992	Melocotones	0,985
Setas	0,995-0,989	Confituras	0,800-0,750
Patatas	0,985	Cereales	0,700

AIRE Y OXÍGENO

Además de los efectos que el oxígeno tiene sobre el desarrollo de los microorganismos, el aire y el oxígeno ejercen efectos destructores sobre las vitaminas (particularmente las vitaminas A y C), sobre los colores, los sabores y otros componentes de los alimentos.

La acción química del oxígeno del aire sobre los pigmentos de las carnes y otros productos cárnicos es de dos tipos: oxigenación y oxidación. La oxigenación, o fijación inestable del oxígeno sobre la mioglobina y la hemoglobina para dar oximioglobina y oxihemoglobina, es el origen de la vivacidad del color rojo de la carne. La oxidación transforma el hierro ferroso en hierro férrico en la mioglobina provoca la formación de metamioglobina marrón.

El oxígeno interviene también en la oxidación de las grasas, produciendo efectos variables en función de la naturaleza de las grasas y de su estado. Los ácidos grasos insaturados son más sensibles cuando están libres, su grado de insaturación aumenta su sensibilidad y la velocidad de oxidación.

El oxígeno interviene además en las actividades metabólicas de las células vegetales y animales, entre las cuales las más importantes son la respiración, la biosíntesis del etileno (en el caso de los vegetales) y los procesos de oxidación, catalizados por polifenoloxidasas y que tienen lugar entre el oxígeno y, un sustrato fenólico.

El oxígeno se puede eliminar aplicando vacío o arrastrándolo por medio de un gas inerte.

LUZ

La luz es responsable de la destrucción de algunas vitaminas, particularmente la riboflavina, la vitamina A y la vitamina C. Además puede deteriorar los colores de muchos alimentos.

Los alimentos que tienen sensibilidad a la luz pueden ser fácilmente protegidos contra ella por medio de envases que no permitan su paso.

pH

Por diversos motivos fisiológicos, que implican desde la disponibilidad de nutrientes hasta variaciones en la estructura de las membranas, el pH es un factor que puede ralentizar hasta virtualmente detener, el crecimiento de muchos microorganismos. Ha de ser contemplado por tanto, como una fuente de información sobre los microorganismos potencialmente activos como con vistas a usarlo como un método de conservación. Esta información se deduce de la comparación de las tablas que se presentan a continuación

Intervalos de pH que posibilitan el crecimiento de algunos microorganismos.

	Mínimo	Óptimo	Máximo
Mohos	1,5-3,5	4,5-6,8	8,0-11,0
Levaduras	1,5-3,5	5-6,5	8,0-8,5
Bacterias	4,5	6,5-7,5	11,0
Bacterias acéticas	4,0	5,4-6,3	9,2
Bacterias lácticas	3,2	5,5-6,5	10,5
<i>L. plantarum</i>	3,5	5,5-6,5	8,0
<i>Leu. cremoris</i>	5,0	5,5-6,0	6,5
<i>S. lactis</i>	4,1-4,8	6,4	9,2
<i>L. acidophilus</i>	4,0-4,6	5,5-6,0	7,0
<i>Pseudomonas</i>	5,6	6,6-7,0	8,0
<i>P. aeruginosa</i>	4,4-4,5	6,6-7,0	8,0-9,0
Enterobacterias	5,6	6,5-7,5	9,0
<i>S. typhi</i>	4,0-4,5	6,5-7,2	8,0-9,6
<i>E. coli</i>	4,3	6,0-8,0	9,0
<i>Staphylococcus</i>	4,2	6,8-7,5	9,3
<i>Clostridium</i>	4,6-5,0		9,0
<i>Cl. botulinum</i>	4,8		8,2
<i>Cl. perfringens</i>	5,5	6,0-7,6	8,5
<i>Cl. sporogenes</i>	5,0-5,8	6,0-7,6	8,5-9,0
<i>Bacillus</i>	5,0-6,0	6,8-7,5	9,4-10,0

pH de algunos alimentos

Alimentos	pH	Alimentos	pH
Carne de vacuno	5,3-6,2	Zanahorias	5,2-6,0
Carne de cerdo	5,3-6,4	Patatas	5,4-6,2
Carne de pollo	5,8-6,4	Cebollas	5,3-5,8
Pescado	6,5-6,8	Tomates	4,2-4,9
Salmón	6,1-6,3	Guisantes	5,6-6,5
Sardinias	5,7-6,6	Pimientos	4,7-5,2
Camarones	6,8-7,0	Piña	3,2-4,0
Atún	5,9-6,1	Espinacas	5,1-5,8
Leche	6,3-6,5	Manzanas	2,9-3,3
Mantequilla	6,1-6,4	Naranjas	3,6-4,3
Queso parmesano	5,2-5,3	Judías verdes	4,9-5,5
Queso Roquefort	4,7-4,8	Champiñones	6,0-6,5
Pan	5,0-6,0	Melocotones	3,4-4,2
Ostras	6,3-6,7	Uvas	3,4-4,5
Pato	5,0-5,7	Limonas	2,2-2,4

ACCIÓN COMBINADA DE DIFERENTES FACTORES

Todos estos factores no actúan de forma aislada, la mayoría de las veces se produce la actuación simultánea de algunos de ellos o bien la intervención de uno de ellos desencadena la de los demás. De la misma forma que, como se ha dicho, pueden actuar simultáneamente varias causas para alterar los alimentos, así mismo, factores como el calor, la humedad y el aire pueden influir en la proliferación y

actividad de los microorganismos, lo mismo que en la actividad química de las enzimas de los alimentos, Por lo tanto para conseguir la conservación de los alimentos se deberá reducir al mínimo la actuación de todos estos factores,

Si se toma como ejemplo una conserva de carne enlatada, se comprueba que el producto se ha esterilizado, y en dicho proceso se han destruido todos los microorganismos que pudieran estar presentes, a la vez el tratamiento térmico ha inactivado también las enzimas naturales de la carne. El producto esterilizado está dentro de un envase metálico, que se encarga de protegerlo de los insectos y roedores y que también impide el paso de la luz, que podría deteriorar su color y su valor nutritivo. La lata impide también que hayan intercambios de humedad con el ambiente externo, por lo que la carne no se deshidratará. Antes del cerrado del envase se habrá producido un vacío, o bien se habrá realizado un barrido con nitrógeno para eliminar el oxígeno, luego este factor tampoco afectará. Por último, las latas se almacenarán en un lugar fresco y durante un tiempo limitado. Se puede apreciar, pues, que en la producción de una conserva de carne enlatada, se han tenido en cuenta cada uno de los factores que son causa de la descomposición de los alimentos.

3 Procesos de alteración de los alimentos

Como se ha dicho anteriormente, las causas de alteración de los alimentos pueden ser de naturaleza física, química y biológica, también se ha indicado que las causas físicas y las parasitarias, incluidas dentro de las biológicas, son importantes porque abren el camino al ataque de los microorganismos. En consecuencia, las causas más comunes de alteración de los productos alimentarios son de naturaleza biológica y entre éstas, sin duda las más importantes por los daños económicos producidos son los microorganismos y las enzimas naturales de los alimentos.

3.1 CAUSAS QUÍMICAS

Entre las reacciones químicas que conducen al deterioro de los alimentos existen dos particularmente importantes: el pardeamiento no enzimático y el enranciamiento de las grasas.

Pardeamiento no enzimático (Reacción de Maillard)

Bajo este nombre se incluyen una serie de reacciones muy complejas, por medio de las cuales y en determinadas condiciones, los azúcares reductores pueden reaccionar con las proteínas y, producir una serie de pigmentos de color pardo-oscuro y unas modificaciones en el olor y sabor de los alimentos, que en unos casos son deseables (asados, tostados y frituras) y en otros indeseables (colores oscuros que se desarrollan durante el almacenamiento).

El nombre de pardeamiento no enzimático sirve para diferenciarlo del pardeamiento oxidativo, rápido, que se observa en las frutas y hortalizas como consecuencia de su oxidación.

El pardeamiento no enzimático se presenta durante los procesos tecnológicos o el almacenamiento de diversos alimentos. Se acelera por el calor y, por lo tanto, se acusa en las operaciones de cocción, pasteurización, esterilización y deshidratación.

El pardeamiento no enzimático es debido a una reacción que tiene lugar entre un grupo aldehído o cetona, procedente de los azúcares reductores, y grupos amino de aminoácidos o proteínas, va acompañado por una reducción de la solubilidad de las proteínas, una disminución del valor nutritivo y la producción de sabores extraños.

El pardeamiento de Maillard, o pardeamiento no enzimático, incluye una serie de reacciones en las que el desarrollo del color tiene lugar en el último paso del proceso. Se puede resumir en tres pasos:

- **Paso inicial** (no hay producción de color):

1. Condensación azúcar-amino para formar una glucosilarnina-N-sustituida. Reacción reversible.
2. Reordenamiento de de Amadori, la glucosilamína se transforma en una cetosimina o aldósamina.
 - **Paso intermedio** (formación de colores amarillos y producción de olores desagradables).
3. Deshidratación de azúcares, se forman derivados del furfural, dependiendo del pH y de la actividad de agua del sistema.
4. Fragmentación de azúcares, se forman diversos compuestos (hidroxicarbonílicos, glucoaldehído, gliceraldehído, piruvaldehído, acetol, acetoína, diacetilo, etc).
5. Degradación de Strecker, aminoácidos más las dehidrorreductonas formadas en el paso (3) forman aldehídos con un átomo de carbono menos que el aminoácido inicial, más CO.
 - **Paso final** (formación de pigmentos):
6. Condensación aldólica de compuestos intermedios para formar pigmentos insaturados con propiedades fluorescentes.
7. Polimerización de aldehidos con aminas.

En la figura se muestra el diagrama de reacciones, de acuerdo con Hodge (1953), que resume todos los posibles mecanismos presentes en las reacciones de oscurecimiento de Maillard.

Como consecuencia de las reacciones de Strecker se forman, además de los citados aldehidos y CO, nuevos compuestos, carbonílicos que pueden reaccionar entre sí, con los aldehidos o con las sustancias amino y producir compuestos volátiles aromáticos, deseables o no, tales como las pirazinas, entre las que destaca la dimetilpirazina que es, por ejemplo, el constituyente del aroma de las patatas chips. Esta reacción se utiliza para producir los aromas característicos de ciertos alimentos, como el chocolate, la miel y el pan.

Los pigmentos responsables del color producido en las fases finales del pardeamiento son las melanoidinas coloidales, si las reacciones de Maillard y de Strecker son muy intensas, no solo producen sabores desagradables sino que dan lugar a algunas sustancias **potencialmente tóxicas**, las premelanoidinas, que pueden contribuir a la formación de nitrosaminas, además de tener efecto mutagénico por sí mismas.

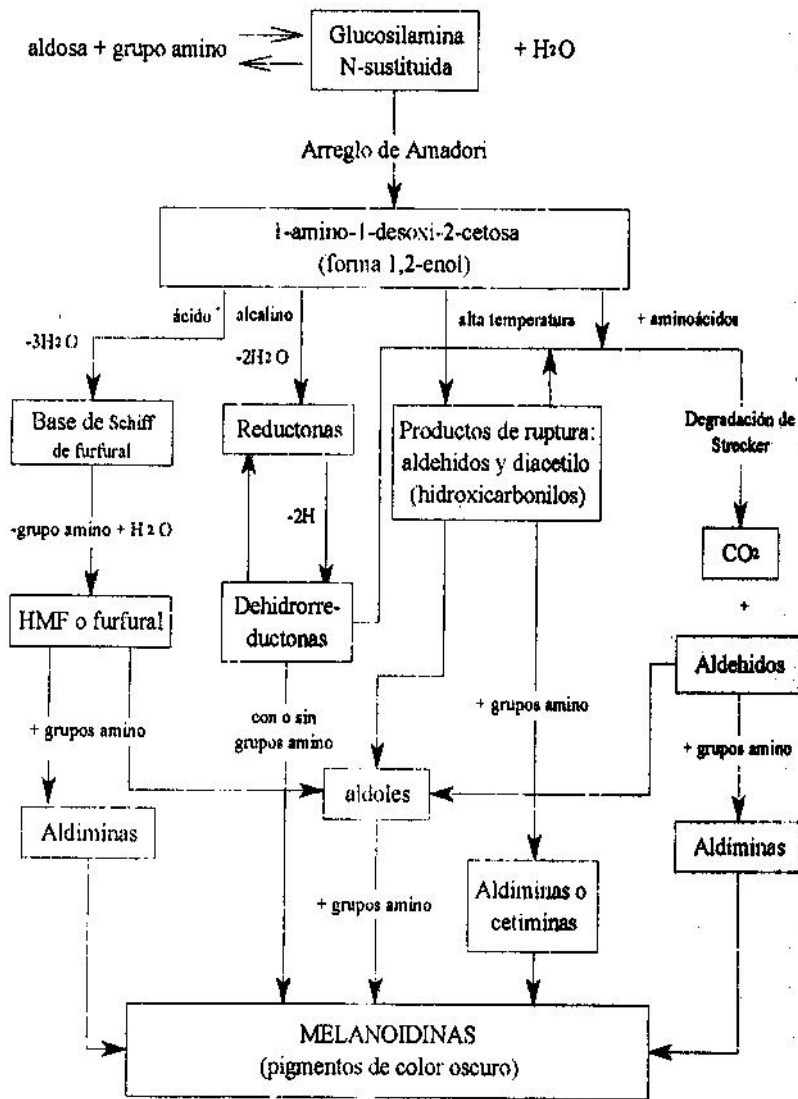


Figura 1.-Reacciones de pariamiento de Maillard (Hodge, 1953).

Enranciamiento de los lípidos

Las grasas y los aceites son susceptibles a diferentes reacciones de deterioro que reducen el valor nutritivo del alimento y además forman compuestos volátiles que producen olores y sabores desagradables. Esto se debe, por una parte, a que el enlace éster de los acilglicéridos puede sufrir una hidrólisis química o enzimática y, por otra, a que los ácidos grasos insaturados son sensibles a reacciones de oxidación. En general, el término rancidez se ha utilizado para describir los diferentes mecanismos a través de los cuales se alteran los lípidos. El grado de deterioro depende del tipo de grasa o aceite, los más susceptibles a estos cambios, son los de origen marino seguidos por los aceites vegetales y finalmente por las grasas animales.

El deterioro de los lípidos se ha dividido en dos grupos de reacciones: **enranciamiento hidrolítico** y **enranciamiento oxidativo**.

El primero se debe básicamente a la acción de las **lipasas** que liberan ácidos grasos de los triacilglicéridos, mientras que el segundo se refiere a la acción del oxígeno y de las lipoxigenasas sobre

las insaturaciones de los ácidos grasos. En este apartado, referente a las causas químicas de deterioro, se tratará únicamente el enranciamiento oxidativo.

Las reacciones de oxidación de los lípidos tienen **diversos orígenes**, el **principal** es la **acción directa del oxígeno** sobre los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados, con la consecuente formación de hidroperóxidos. Este tipo de rancidez se presenta comúnmente, como es obvio, en lípidos con un alto contenido de ácidos grasos insaturados y es el deterioro más común de las grasas utilizadas en la industria alimentaria. La oxidación de los lípidos insaturados puede generar una gran variedad de compuestos, que van desde sustancias polimerizadas hasta moléculas volátiles de bajo peso molecular, que producen olores y sabores desagradables en el alimento.

La intensidad y la forma de oxidación, y los compuestos formados, dependen en gran parte de las condiciones de oxidación (temperatura, presencia de catalizadores, estado de dispersión de la grasa, tipo de ácido graso, cantidad de oxígeno disponible, etc.). La actividad de agua de los alimentos desempeña un papel importante en la velocidad de oxidación, las temperaturas aceleran considerablemente la oxidación así como la aireación.

3.2 CAUSAS BIOLÓGICAS

Como ya se ha indicado, las causas biológicas son las más importantes en el deterioro de los alimentos y las de más graves consecuencias, y entre éstas particularmente las producidas por las enzimas naturales de los alimentos y las causadas por microorganismos.

3.2.1 *Enzimas naturales de los alimentos*

Las plantas y los animales tienen sus propias enzimas, cuya actividad, en gran parte, sobrevive a la recolección y al sacrificio, intensificándose con frecuencia a partir de ese momento, debido a que las reacciones enzimáticas son controladas y equilibradas con mucha precisión en la planta o en el animal que vive y funciona normalmente; pero este equilibrio se rompe cuando el animal es sacrificado o la planta retirada del campo.

Si estas enzimas **no son inactivadas**, siguen catalizando reacciones químicas en los alimentos, algunas de estas reacciones, si no se les permite progresar más allá de un cierto límite, son muy deseables, por ejemplo la maduración de algunas frutas después de la cosecha y el ablandamiento natural de la carne.

Pero más allá del límite óptimo, estas reacciones llevan a la descomposición de los alimentos, los tejidos debilitados son atacados por infecciones microbianas.

Los mecanismos enzimáticos desempeñan un papel fundamental en la transformación post-mortem del músculo en **carne**, dando ternura por la proteólisis post-mortem y sabor por diversas degradaciones de la mioglobina.

La célula vegetal, con respecto a la célula animal, presenta sistemas enzimáticos específicos: las enzimas que sintetizan y degradan los constituyentes de las paredes celulares (polisacáridos), las enzimas de la vía de la biosíntesis del etileno y las enzimas del ciclo de Calvin, por ejemplo. Los dos primeros sistemas desempeñan un papel importante en los procesos de maduración del vegetal y, cuando se alcanza este estado, en los procesos de alteración de la célula vegetal. Esta alteración se manifiesta a nivel macroscópico por un ablandamiento de las frutas o de las hortalizas. Los golpes (causa física de deterioro) aceleran el ablandamiento, puesto que destruyen la integridad celular con liberación de hidrolasas contenidas en las vacuolas y porque estimulan la producción de etileno. Así mismo, los cristales de hielo formados durante la congelación son perjudiciales para la firmeza de las frutas y hortalizas por las mismas razones: liberación de enzimas que hidrolizan las paredes.

3.2.2 *Microorganismos*

El proceso de deterioro de naturaleza microbiana es un fenómeno variable, dado que está condicionado por el tipo y número de especies microbianas presentes, que a su vez está condicionado por la composición química del sustrato y de las condiciones de conservación, sobre todo la temperatura y la presencia o ausencia de oxígeno.

Efectos del metabolismo de los microorganismos en los alimentos

La presencia y la actividad de los microorganismos, bajo ciertos puntos de vista, es un fenómeno útil dado que, a través de su carga enzimática, desarrollan toda una serie de transformaciones de la materia orgánica que contribuyen de forma esencial a completar el ciclo de la materia en la naturaleza. En otras palabras, la acción de los microorganismos en los alimentos, tiene como fin último la mineralización de la materia orgánica, desafortunadamente, este largo camino del desarrollo de los microorganismos da lugar a la formación de toda una serie de compuestos siempre más simples que, en la mayor parte de los casos, tienen como consecuencia la modificación de las características organolépticas del producto, la aparición de fenómenos de alteración y en consecuencia el alimento deja ser adecuado para el consumo humano y, en algunos casos, afortunadamente bastante pocos, además nocivo para la salud.

Los mecanismos por medio de los cuales los microorganismos realizan la escisión y transformación de la materia orgánica son muy complejos, pero las vías metabólicas seguidas fundamentalmente pueden reducirse a dos: oxidación y fermentación.

Aunque la carga enzimática de los microorganismos es tal que pueden atacar simultáneamente a la mayor parte de los sustratos, las vías metabólicas se exponen separadamente según el grupo principal del sustrato (hidratos de carbono, lípidos, proteínas, etc.), además hay que señalar que, los metabolitos formados de la escisión de un compuesto determinado pueden ulteriormente ser metabolizados siguiendo una vía metabólica propia de otro grupo de sustancias.

Los **hidratos de carbono** son utilizados por los microorganismos esencialmente como **fente energética**. Generalmente, salvo raras excepciones, los polisacáridos son primero escindidos en monosacáridos, los cuales a su vez son degradados a compuestos de 1, 2, 3 y 4 átomos de carbono.

Según los productos finales obtenidos, se pueden distinguir varios tipos de fermentación: **alcohólica, láctica**, etc.

Los **lípidos** presentes en varios productos alimentarios sufren la acción, muy destructora, de los microorganismos capaces de producir una lipasa, es decir los microorganismos lipolíticos. No obstante hay que señalar que las alteraciones de los lípidos producidas por microorganismos son mucho menos importantes que las de naturaleza puramente química.

Los productos derivados de la escisión de los lípidos varían según el tipo de lípidos afectados, así se tendrá formación de glicerol y de diversos ácidos grasos insaturados y saturados en el caso de la escisión de los glicéridos; o bien glicerina, ácido ortofosfórico y un aminoácido en el caso de los fosfolípidos. Los compuestos que así se forman sufren también una escisión ulterior siguiendo vías metabólicas, típicas de las sustancias no nitrogenadas o de las nitrogenadas, así el glicerol es escindido como triosas, mientras que los aminoácidos siguen la vía de las sustancias nitrogenadas.

De cualquier modo **los productos más interesantes de la escisión de los lípidos** son los **ácidos grasos**, algunos de los cuales, especialmente los de cadena corta (ácido acético, propiónico, butírico, caprónico) pueden producir **olores y sabores desagradables**. En otros casos, estos ácidos pueden formar principios de olores agradables, pero anormales como el butirato de etilo (olor de piña) o el isovalerianato de etilo (olor de fresa), esterificando los alcoholes que se originan de la fermentación de los azúcares. Además hay que recordar que estos ácidos grasos son directamente responsables de la aparición del fenómeno de rancidez, que se manifiesta con la aparición de un sabor y olor característico.

Los prótidos representan el componente más importante de los productos alimentarios de origen animal y su demolición implica siempre cambios notables de sus características organolépticas. La demolición de las proteínas se inicia siempre con la rotura de los enlaces peptídicos y con la formación de proteosas, peptonas, polipéptidos, dipéptidos, péptidos y aminoácidos, estos últimos intervienen de forma considerable sobre el olor y sabor del producto. Los aminoácidos son escindidos posteriormente por medio de dos procesos fundamentales, desaminación y desearboxilación, en compuestos más simples como ácidos saturados o insaturados, cetoácidos o hidroxiaácidos y NH₃, o bien en las correspondientes aminas y CO₂.

La degradación de las proteínas no es nunca deseable cuando se desarrolla sobre productos frescos, tales como carnes, pescados, etc. y su desaparición provoca siempre una depreciación del valor comercial del producto. Es en cambio deseable cuando es controlada y detenida en el momento oportuno, en todos los productos alimentarios sometidos a maduración, pero en todos los casos es siempre indeseable cuando la degradación es intensa hasta límites tales que producen verdaderos cambios de las características organolépticas, dando lugar genéricamente a fenómenos de putrefacción.

Origen de los microorganismos en los alimentos

Existen miles de géneros y especies de microorganismos, varios centenares de ellos están relacionados de una u otra forma con los productos alimentarios. Los microorganismos de importancia alimentaria son aquellos que están presentes de forma natural en el alimento, o bien han sido aportados por contaminación, o han sido añadidos intencionadamente.

En los alimentos se puede encontrar, por tanto, dos tipos de microorganismos:

- Los que se utilizan en su proceso de fabricación, de conservación, o se usan para potenciar su sabor. Este tipo de microorganismos se estudia en el tema de fermentación.
- Los que suponen la causa principal de deterioro de los alimentos.

Los microorganismos que aparecen en la superficie de los alimentos son los que habitualmente se encuentran en el suelo, en el agua o en las materias fecales. Otras fuentes son la piel de los animales y las vísceras la de la carne, la superficie de las ubres la de la leche. Las características fisicoquímicas del alimento, son esenciales para favorecer la instalación de una flora específica en el mismo, por ejemplo los mohos en frutas y cereales.

Durante el proceso industrial, la flora que contamina la materia prima sufrirá una transformación, las operaciones tecnológicas producirán modificaciones en las características físico-químicas del producto, que provocarán fenómenos de selección y de dominancia de ciertos géneros y especies microbianas.

La propia industria alimentaria y su ambiente son fuente de nuevas contaminaciones, que se añaden a las anteriores; también en este caso las causas siguen siendo el aire, el suelo y el agua, pero además hay que tener en cuenta la gran importancia que, desde este punto de vista, presentan los equipos industriales, las distintas superficies, pequeños instrumentos y el personal.

Principales grupos de microorganismos causantes de alteraciones

Los principales tipos de microorganismos que participan en el deterioro de los alimentos son bacterias, mohos y levaduras, que pueden atacar prácticamente todos los componentes de los alimentos, y cuando éstos se contaminan bajo condiciones naturales, es probable que actúen a la vez varios tipos de microorganismos y contribuyan a una serie de cambios simultáneos.

Las bacterias, mohos y levaduras se desarrollan en condiciones calurosas y húmedas, y en condiciones favorables presentan una gran velocidad de multiplicación, **pudiendo duplicar su número cada 30 minutos**. Estas propiedades de las bacterias, mohos y levaduras hacen de ellos la causa más

importante de la descomposición de los alimentos, aunque, afortunadamente, muy pocos de ellos producen toxinas capaces de originar intoxicaciones en el consumidor.

Bacterias

Además de su elevada velocidad de crecimiento, una importante propiedad de algunas bacterias es su capacidad de formar esporas resistentes después de una propagación intensiva en condiciones favorables, las esporas no poseen ninguna actividad metabólica lo cual les permite sobrevivir en ambiente desfavorable.

Las bacterias de más interés, pertenecen a un número de familias relativamente restringido constituido por alrededor de una treintena de géneros diferentes de los que los más importantes son:

Escherichia, Salmonella, Pseudomonas, Bacillus, Clostridium,
Staphylococcus, Streptococcus y Lactobacillus

Algunas especies pertenecientes a alguno de estos géneros son **patógenas** y particularmente indeseables en los alimentos:

Salmonella typhi, Staphylococcus aureus, Clostridium botulinum, Clostridium perfringens,
Vibrio parahaemolyticus, Bacillus aureus, Escherichia coli, Campylobacter sp. Yersinia enterocolitica,

En la tabla 3 se indican los principales síntomas observados en las infecciones producidas por estos microorganismos.

Las **Salmonellas** son aero-anaerobias, Gram negativas. Su temperatura óptima de crecimiento se sitúa entre 35 y 37°C, sin embargo pueden multiplicarse desde 5 a 45°C, aunque a temperaturas inferiores a el crecimiento sufre un retras considerable. Como todas las bacterias Gram-negativas presentan una cierta sensibilidad al calor. Las temperaturas de refrigeración permiten su supervivencia, mientras que la congelación provoca un descenso considerable de su número. Soportan un rango de pH entre 4,5 y 9, con un óptimo de 6,5. Los alimentos más a menudo implicados son las carnes y los productos cárnicos, algunos productos de charcutería, las aves y productos derivados, los ovoproductos y otros productos diversos a base de huevo, la leche, la leche en polvo y otros productos lácteos. ¿D

El **Clostridium botulinum** es también una bacteria Gram-positiva esporulada, anaerobia estricta. La temperatura óptima de crecimiento es 30°C y la mínima 5°C. Estos datos ponen de manifiesto la aptitud del tipo E para germinar, desarrollarse y producir toxina a bajas temperaturas, mientras que los demás tipos necesitan temperaturas bastante más elevadas. *C. botulinum* se desarrolla a pH próximos a la neutralidad, se considera que por debajo de pH = 4,5 es imposible su crecimiento, de ahí el mayor riesgo de los alimentos de pH elevado. Sus esporas son termorresistentes y por lo tanto capaces de sobrevivir a un tratamiento térmico insuficiente.

El **Staphylococcus aureus**, es una bacteria no esporógena, con un intervalo de crecimiento entre 6 y 45°C con un óptimo entre 37 y 40. El rango de pH al que puede desarrollarse es de 4,5 a 9,3 y crece a una actividad de agua de 0,88. Las enterotoxinas que produce son muy resistentes al calor.

Escherichia coli, es también una bacteria no esporógena, que está presente en el tracto intestinal del hombre y de los animales. Se puede encontrar en materias primas no procesadas: carne, leche, quesos no pasterizados, etc. Su contaminación se debe fundamentalmente a una falta de higiene, por los manipuladores de los alimentos, etc. No sobrevive a temperaturas de congelación durante largos periodos.

Tabla 3. Principales síntomas de las toxiinfecciones alimentarias y gastroenteríticas de origen bacteriano

Bacterias	Incubación	Duración y síntomas
<i>Salmonella</i>	6-48 horas en general de 12 a 36 horas	1 a 7 días. Diarrea. Dolores abdominales. Vómitos. Fiebre la mayor parte del tiempo.
<i>Clostridium perfringens</i>	8-22 horas	12 a 24 horas. Diarrea. Dolores abdominales. Náuseas. Raramente vómitos. Sin fiebre.
<i>Clostridium botulinum</i>	En general 18 a 36 horas	Muerte en 24 horas a 8 días, o convalecencia lenta de 6 a 8 meses. Síntomas variables que incluyen perturbaciones de la visión, dificultades de elocución y de salivación. Formación de numerosas mucosas en la boca. Lengua y faringe muy secas. Debilidad progresiva y parada respiratoria.
<i>Staphylococcus aureus</i>	0,5-6 horas	6-24 horas. Náuseas. Vómitos. Diarreas y dolores abdominales. Sin fiebre. Colapso y deshidratación en los casos graves (excepcionales).
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	2-48 horas generalmente 12 a 18 horas	2-5 días. Diarrea que conduce frecuentemente a la deshidratación. Dolores abdominales. Vómitos y fiebre.
<i>Bacillus cereus</i>	8-16 para la forma diarreica a) 1-15 para la forma emética b)	a) 12-24 horas. Dolores abdominales. Diarrea. Algunas náuseas. b) 6-24 horas. Náuseas. Vómitos. Algunas veces diarreas.
<i>Escherichia coli</i>	12-72 horas	1 a 7 días. a) Afección parecida al cólera. Diarrea acuosa y dolores. b) Forma parecida a una disentería. Diarrea prolongada, sangrante y con mucosas.
<i>Campylobacter</i>	2 a 5 días (o más algunas veces)	Fiebre. Diarrea profusa. Dolores abdominales.
<i>Yersinia enterocolitica</i>		Dolores abdominales. Fiebre. Dolor de cabeza. Vómitos. Náuseas. Escalofríos.

Mohos

Los mohos invaden con rapidez cualquier sustrato, gracias a su eficacia en la diseminación, a un crecimiento rápido y a que poseen una rica carga enzimática.

La alteración de los alimentos por mohos se debe a las modificaciones que estos producen durante su desarrollo, toman del sustrato todos los elementos necesarios para su crecimiento y para producir la energía necesaria para sus procesos vitales, transformándolos gracias a sus poderosos sistemas enzimáticos.

Las condiciones de desarrollo de los mohos en los alimentos son muy complejas, debido a su gran diversidad y también a su notable capacidad de adaptación.

La mayoría de los mohos se desarrollan entre 15 y 30°C con un óptimo de crecimiento alrededor de 20-25°C, sin embargo algunas especies presentan un crecimiento lento, aunque significativo incluso a -6°C, se pueden encontrar por tanto en los almacenes frigoríficos. Los mohos resisten temperaturas muy bajas, sus esporas sobreviven y permanecen aptas para germinar cuando se recuperan las condiciones normales.

Así mismo, las esporas pueden también sobrevivir a temperaturas muy elevadas. En los túneles de secado puede existir una microflora fúngica muy abundante, en la que predominan las especies termófilas o termorresistentes. Ciertos mohos termotolerantes se comportan como agentes térmicos: *Aspergillus candidus*, bastante común en granos, puede hacer subir espontáneamente la temperatura de un silo hasta

55°C, entre estas especies se encuentran las que son potencialmente patógenas para el hombre o los animales.

La **humedad** tiene una gran influencia sobre el desarrollo de los mohos, pero más que la humedad del sustrato es la disponibilidad de agua (actividad de agua, a.) el parámetro más importante. A 25°C algunas especies pueden crecer a una $k < 0$ JO, que evidentemente encontrarán sobre frutas secas, confituras, leche en polvo, productos de charcutería desecados, granos y derivados de los cereales. Sin embargo, la mayoría de los mohos prefieren una k más elevada, de 0,80 a 0,95.

La cantidad de **oxígeno** disponible es también un factor importante en el desarrollo de los mohos, la mayoría son aerobios, aunque algunos soportan una anaerobiosis muy estricta.

No son demasiado exigentes en cuanto a pH.

Los mohos se encuentran principalmente en los cereales y sus derivados, en los productos lácteos, en las carnes y los productos cárnicos, en las oleaginosas, las frutas y hortalizas, en los frutos secos, las confituras y en las bebidas.

Las modificaciones químicas producidas en los alimentos por los mohos se traducen en alteraciones del valor nutritivo o de sus características organolépticas, en dificultades de conservación y a veces en enfermedades profesionales (micosis, alergias) o intoxicaciones (micotoxinas, así algunos *Aspergillus*, entre ellos el *Aspergillus flavus*, que se desarrolla en los granos y brotes de oleaginosas, son capaces de sintetizar toxinas altamente cancerígenas: las **aflatoxinas**),

Levaduras

Las levaduras que contaminan los alimentos, con frecuencia son especies bien conocidas que provocan cambios indeseables en ellos. Estos cambios pueden manifestarse de dos formas, una puramente estética, debida a la presencia física de levaduras (turbidez o formación de una película en la superficie de los líquidos) y otra, más profunda, resultado del metabolismo de las levaduras que puede provocar aumento del pH, aromas particulares, etc.

Las levaduras para su crecimiento necesitan oxígeno, fuentes de carbono orgánicas y nitrógeno mineral u orgánico, diversos minerales y una temperatura y pH adecuados. Algunas además necesitan de una o varias vitaminas y otros factores de crecimiento,

Utilizan numerosos sustratos carbonados, bien por vía oxidativa únicamente o, como pasa en la mayoría de los casos, por vía fermentativa, después de una fase inicial de crecimiento aeróbico.

La temperatura de crecimiento está comprendida entre 5 y 30-37°C, el valor óptimo se sitúa hacia los 25°C. El contenido de agua en el medio es también un factor importante para el crecimiento, algunas levaduras son osmotolerantes y soportan actividades de agua del orden de 0,62, valores al que ningún otro organismo puede desarrollarse.

Las levaduras **no dan lugar a intoxicaciones alimentarias** y únicamente *Candida albicans* y *Cryptococcus neoformans* son patógenas. Aunque no originan problemas sanitarios en los alimentos, sí ocasionan alteraciones en alguno de ellos: productos azucarados y ácidos.

4 Cinética del deterioro de los alimentos

La **calidad** de los alimentos se define como el **conjunto de propiedades** que influyen en su aceptación por el consumidor y que diferencian unos de otros. Como se ha indicado anteriormente, los alimentos son sistemas físico-químicos y biológicamente activos, por lo tanto la calidad de los alimentos es un estado dinámico que se mueve continuamente hacia niveles más bajos.

Así pues, para cada alimento particular, hay un periodo de tiempo determinado, después de su producción, durante el cual mantiene el nivel requerido de sus cualidades organolépticas y de seguridad,

bajo determinadas condiciones de conservación. Este periodo se define como vida útil del alimento correspondiente.

Durante el almacenamiento y distribución, los alimentos están expuestos a un amplio rango de condiciones ambientales, factores tales como temperatura, humedad, oxígeno y luz, que, como ya se ha indicado, pueden desencadenar mecanismos de reacción que conducen a su degradación. Como consecuencia de estos mecanismos los alimentos se alteran hasta ser rechazados por el consumidor. Es necesario por tanto, conocer las diferentes reacciones que causan esta degradación de los alimentos para desarrollar procedimientos específicos para la evaluación de su vida útil.

La cinética de deterioro de los alimentos se puede expresar matemáticamente por medio de ecuaciones de relación, Aplicando los principios fundamentales de la cinética química, los cambios en la calidad de los alimentos pueden, en general, expresarse como una función de la composición de los mismos y de los factores ambientales:

$$\frac{dQ}{dt} = F(C_i, E_j)$$

donde C_i son factores de composición, tales como concentración de algunos compuestos de reacción, enzimas, pH, actividad de agua, así como población microbiana y E_j son factores ambientales tales como temperatura, humedad relativa, presión total y parcial de diferentes gases, luz, etc.

La metodología de trabajo consiste en identificar primero las reacciones químicas y biológicas que influyen en la calidad y seguridad del alimento. Entonces, a través de un estudio cuidadoso de los componentes del alimento y del proceso, se determinan las reacciones que se considera que presentan el impacto más crítico.

Aunque en general estas reacciones hipotéticas de degradación pueden implicar varios reactivos y dar órdenes de reacción complejos, consecuencia de mecanismos complicados, a menudo son comunes las situaciones:

- La concentración del sustrato degradado es grande y su concentración no varía en el periodo de conservación.
- La degradación la causa un agente (enzimas, ...) presente en mucha menor cantidad que el sustrato degradado.
- El sustrato degradado es un componente minoritario y su concentración varía mucho mas que la de otros sustratos.

En estos casos, bastante comunes, y los únicos que se consideran en la práctica, la velocidad de estas reacciones hipotéticas se puede expresar en función de una pseudo constante k y un pseudo orden n según

$$\pm \frac{dQ}{dt} = kQ^n$$

tomando el signo según sea el atributo de calidad un componente que se pierde (ej. una vitamina) o un producto de degradación que aparece. Esta simplificación da lugar a la siguiente clasificación.

Reacción de orden cero

Consideremos un atributo de calidad Q , que disminuye durante el periodo de almacenamiento.

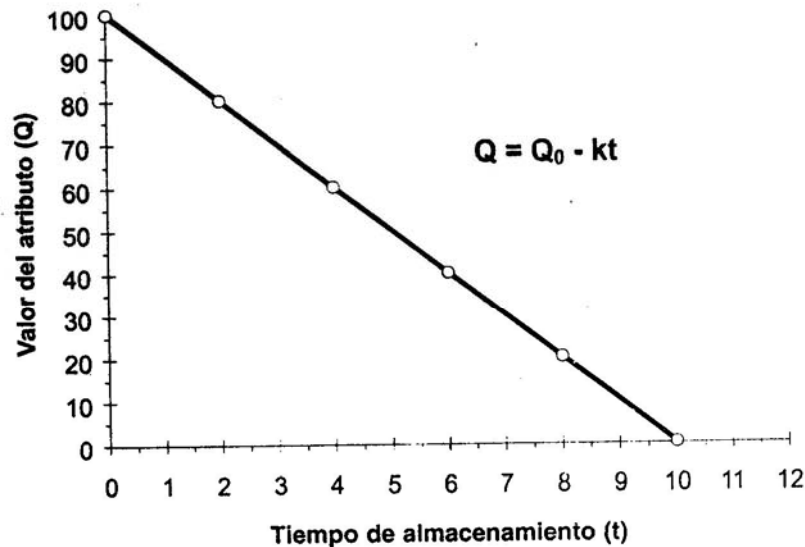
Un orden cero implica que

$$-\frac{dQ}{dt} = k$$

que se integra a:

$$Q = Q_0 - k \cdot t$$

donde Q_0 representa el valor inicial del atributo de calidad y, Q es el valor que toma dicho atributo después de transcurrido el tiempo t . Una variación lineal implica siempre orden cero.



Gráfica 1.—Disminución de un atributo de calidad durante el almacenamiento del alimento. Reacción de orden cero.

Si el final de la vida útil, t_f , se alcanza cuando el atributo de calidad toma un cierto valor, llamado Q_f , tendremos:

$$Q_f = Q_0 - k \cdot t_f$$

$$\text{y la vida útil, } t_f = (Q_0 - Q_f)/k$$

El empleo de una ecuación de orden cero es útil en la descripción de procesos tales como la degradación enzimática, el pardeamiento no enzimático y la oxidación de los lípidos que lleva al desarrollo de olores rancios.

Reacción de primer orden

Obtenga vd expresiones análogas para la cinética de pseudo primer orden.

Vida media

En algunas ocasiones es interesante conocer la **vida media** de un producto, es decir el tiempo de almacenamiento necesario para que el valor del atributo considerado se reduzca a la mitad de su valor inicial:

Teniendo en cuenta que la condición es que $Q=Q_0/2$, deduzca expresiones que relacionen el pseudo orden y la pseudo constante con la vida media.

Orden aparente de la reacción	Función de calidad	Tiempo de vida media ($t_{0.5}$)
0	$Q_0 - Q_t$	$Q_0 / (2k_p)$
1	$\ln(Q_0/Q_t)$	$\ln 2 / k_p$
2	$1/Q_t - 1/Q_0$	$1 / (k_p Q_0)$
$n \neq 0, 1, 2$	$\frac{1}{n-1} (Q_0^{1-n} - Q_t^{1-n})$	$\frac{2^{1-n} - 1}{k_p (n-1)} A^{1-n}$

La mayoría de las reacciones estudiadas en los alimentos, se han caracterizado como de orden pseudo cero o de pseudo primer orden. En la tabla 5 se indican algunos ejemplos significativos

Tabla 5. Reacciones de pérdida de calidad que siguen cinéticas de orden cero y de primer orden

Orden cero	Calidad global de alimentos congelados Pardeamiento no enzimático
Primer orden	Pérdida de vitaminas Muerte/desarrollo microbiano Pérdida de color por oxidación Pérdida de textura en tratamientos térmicos

4.1 Efecto de la temperatura

Las aproximaciones hechas hasta ahora para definir la cinética de la evolución de un atributo asumen que las condiciones ambientales son constantes, pero es un hecho conocido que la temperatura es un factor tan primordial en la velocidad de degradación que su sola manipulación constituye un método de conservación por sí misma.

Este efecto se puede atribuir en un a un cambio en la constante de la velocidad de la reacción de degradación antes descrita (k). Si bien es cierto que la relación entre la k y la temperatura puede adquirir una forma muy compleja, en general resulta muy útil representar la relación k vs T mediante la ecuación de Arrhenius

$$k = k_0 \exp\left[-\frac{E_a}{R \cdot T}\right]$$

que significa permite deducir valores de la constante de reacción a diferentes temperaturas si se conocen los parámetros k_0 y E_a

O su forma logarítmica, que permite obtener los parámetros de la ecuación a partir de datos experimentales.

$$\ln(k) = \ln(k_0) - \frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T}$$

Cuestión: ¿Qué puede deducir del principio general que dice que una disminución de 10°C de la temperatura produce una duplicación del tiempo de conservación?

Cuestión: Para la mayoría de los alimentos, los congeladores de 2 estrellas (-12°C) permiten 1 mes de conservación, los de 3 estrellas (-18°C) permiten 3 meses y los de 4 estrellas (-26°C) un año. ¿Cómo relacionaría esto con la ecuación de Arrhenius?

Con frecuencia en la literatura se emplea otro parámetro para describir la relación entre k y T, el valor Q_{10} que se define como

$$Q_{10} = \frac{k_{T+10}}{k_T}$$

donde el subíndice T y T+10 denotan la temperatura.

Como vd. mismo podrá deducir ocurre que

$$\ln(Q_{10}) = \frac{E_A}{R} \left[\frac{10}{T(T+10)} \right]$$

4.2 Predicción y control de la vida útil

Utilizando los conceptos definidos anteriormente, y que probablemente ya le son familiares, es posible pensar en experimentos que permitan predecir el la vida útil de un alimento en determinadas condiciones o, viceversa, intentar determinar las condiciones necesarias para alcanzar una determinada vida útil. Así, el procedimiento a seguir se puede resumir en los siguientes pasos

- 1.- Determinar el orden de la reacción de deterioro, o asumir un orden razonable de acuerdo a la situación.
- 2.- Encontrar los parámetros cinéticos correspondientes (velocidad de reacción) a una o varias temperaturas.
- 3.- Encontrar la relación entre k y T, para lo que se pueden usar datos de velocidad a varias temperaturas, si se dispone de ellos, o el cociente Q_{10} o parámetros similares (a veces formulados de forma imprecisa).

CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS

Como consecuencia de lo expuesto, se presenta la siguiente tabla que clasifica los métodos de conservación o estabilización industrial. Usted debe ser capaz de decir el fundamento de cada método, a qué alimentos es aplicable y tener una idea de su ámbito de aplicación (si es muy usado o poco usado, o si es experimental)

Acción sobre los microorganismos	Forma de actuación	Método de conservación de alimentos
DESTRUCCIÓN	Por acción del calor	Pasteurización Esterilización
	Por radiaciones ionizantes	Irradiación
	Por acción de antisépticos	Alcohol Ácidos Conservadores químicos
	Por acción mecánica	Altas presiones
	Por acción mixta: calor-mecánica	Cocción-extrusión
EFFECTO BARRERA	Por utilización de bajas temperaturas	Refrigeración Congelación
	Por utilización de atmósferas pobres en O ₂	Vacío Gases inertes Atmósferas controladas
	Por reducción del contenido de agua	Deshidratación Liofilización Concentración
	Protección por incorporación y recubrimiento con inhibidores	Salazón Inmersión en salmuera Recubrimientos con materias grasas (confits...) Recubrimientos con azúcar (frutas escarchadas) Inmersión en ácidos (vinagre) Fermentación (auto-inhibición)
ELIMINACIÓN	Por separación física	Filtración esterilizante Ultrafiltración