

QUIMICA DE LAS ALTERACIONES DE LOS ALIMENTOS. CONSIDERACIONES FUNDAMENTALES

TERESITA VILLAR CAMPOS (*)

RESUMEN

En el presente trabajo se estudian los distintos tipos de alteraciones de los alimentos clasificadas según dos grupos principales: biológicas y abióticas.

A su vez se consideran posteriormente, en forma detenida, las principales formas de alteración que pueden presentarse en los alimentos.

La alteración de los alimentos, cualquiera sea el tipo considerado, es una función de varios factores que pueden clasificarse en: a) intrínsecos o sea los que dependen del alimento (pH, a_w , potencial redox, composición química, componentes antimicrobianos y estructuras biológicas); b) extrínsecos o sea las propiedades del medio ambiente (temperatura de almacenamiento, humedad relativa del ambiente y presencia y concentración de gases); c) tecnológicos o de procesamiento; d) implícitos.

Todo este estudio permite un mejor conocimiento del alimento, un mejor manejo de la tecnología empleada para su almacenamiento o conservación y el logro de alimentos de una calidad total superior.

SUMMARY

The presente work studies the different types of spoilage of the foods classified according to two principals groups: biologicals and abiotics.

After this, it is considered, in a careful way, the principal forms of spoilage that can appear in foods.

The spoilage of foods, any one the type considered, is a function of several factors that we can classified as: a) intrinsic that depend on the food (pH, a_w , redox potential, chemical composition, antimicrobial components and biological structures); b) extrinsic or the properties of the room ambient (storage temperature, ambient relative humidity and presence and concentration of the gases); c) technological or processing factors; d) implicit.

All this study permits a better knowledge of the food, a better management of the employed technology for the storing and preservation and the attainment of foods with a superior total quality.

(*) Cátedra de Bromatología Facultad de Química, Montevideo, Uruguay.

1. INTRODUCCION

El problema del hambre mundial es acuciante día a día. La humanidad necesita disponer de alimentos en cantidad suficiente y de calidad total adecuada para atender los requerimientos nutricionales mínimos. Este problema nace casi con la humanidad misma, con el agravante de que el hombre primitivo fue incapaz durante mucho tiempo de resolver el problema tecnológico de la conservación de alimentos.

Pero todos los alimentos naturales se alteran muy fácilmente y se sabe que después de la cosecha de los vegetales, del sacrificio de las reses, de la captura de los peces, del ordeño de las vacas, de la puesta de los huevos, etc., todos estos alimentos se pueden mantener aptos para el consumo por tiempos muy breves que dependen fundamentalmente de las condiciones de recolección y obtención, así como de las condiciones de almacenamiento. Debido a esta facilidad de alteración se dice que los alimentos naturales son perecederos pudiendo distinguirse distintos grados de perecebilidad o alterabilidad de los alimentos:

a) **Alimentos no perecederos, estables o no alterables:** Son los que no se alteran, excepto cuando se manipulan descuidadamente o no se los protege del ataque por plagas. Normalmente contienen de 10 a 15% de agua. Son ejemplos: azúcar, harina, semillas de cereales, algunos alimentos deshidratados. Se conservan bien durante tiempos prolongados que oscilan entre varios meses a algunos años.

b) **Alimentos semiperecederos, semiestables o semialterables:** Son los que, manipulados adecuadamente, se mantienen sin alterarse por tiempos más o menos prolongados, generalmente algunos meses. Normalmente tienen menos del 60% de agua, elevada acidez o presión osmótica alta, de modo que no permiten el desarrollo microbiano o las reacciones químicas o enzimáticas. Son ejemplos: miel, papas, naranjas, mermeladas, cebollas, etc.

c) **Alimentos perecederos, inestable o alterables:** Son los que se alteran fácilmente, a menos que se sometan a procesamientos de conservación o almacenamiento especiales. No se mantienen por un tiempo superior a varios días o algunas semanas. Su contenido acuoso oscila entre el 60 y el 75%, pudiendo llegar incluso a más del 90%. Se incluyen en este grupo la mayoría de los alimentos de uso diario: leche, carne, pescado, buena parte de las frutas, etc.

La mayoría de los alimentos pueden incluirse en estos grupos con facilidad, sin embargo, existen algunos que se encuentran en el límite entre dos de los grandes grupos, resultando difícil su clasificación.

El conocimiento de las alteraciones de los alimentos de consumo habitual, así como de los factores que las condicionan, es importante desde por los menos dos puntos de vista: a) permite tratar de inhibir o detener tales procesos que conducen a pérdidas económicas importantes; b) justifican los procesos tecnológicos de almacenamiento y conservación de alimentos.

2. TIPOS DE ALTERACIONES DE LOS ALIMENTOS

La alteración de los alimentos se considera como cualquier cambio indeseable en las propiedades, composición química, estructura, etc. de los mismos producida por acción de diferentes agentes. Desde el punto de vista de legislación bromatológica, las Ordenanzas Bromatológicas de Montevideo y de Canelones distinguen como agentes alterantes los siguientes: humedad, temperatura, aire, luz, enzimas, microorganismos, parásitos. Se considera que la alteración de un alimento puede hacerlo nocivo o tóxico, reducir su valor trófico, modificar sus cualidades sensoriales; disminuir su valor comercial, reducir su vida útil de almacenamiento, etc.

Interesa en primer lugar destacar que en la literatura anglosajona aparecen dos términos con distinto significado que se refieren ambos a lo que habitualmente se conoce como alteración. Estos dos términos son: deterioro o deterioración ("deterioration") y alteración ("spoilage"). El primero designa, generalmente, la pérdida en un alimento de sus características deseables, aunque no sea necesariamente inadecuado para consumo humano. Por el contrario, el segundo indica, normalmente, un desarrollo de condiciones que hacen a los alimentos inadecuados e incluso riesgosos para el consumo humano. Estos dos términos también están perfectamente distinguidos en el Diccionario de la Real Academia Española.

Los tipos de alteración más comunes en los alimentos se pueden clasificar en dos grandes grupos: biológicas y abióticas.

3. ALTERACIONES BIOLÓGICAS DE LOS ALIMENTOS

3.1. Envejecimiento de frutas y hortalizas

Las frutas y hortalizas cosechadas son tejidos vivos en los que los procesos metabólicos, tales como respiración, continúan durante el almacenamiento y distribución. Entonces durante el período post-cosecha los tejidos utilizan sus reservas energéticas, continúan desarrollándose y madurando, y con el tiempo se alteran por sobremaduración.

En el desarrollo total de frutas y hortalizas los fisiólogos vegetales distinguen una serie de etapas, las primeras de ellas (desarrollo, premaduración, maduración industrial ("maturation"), maduración de consumo o sazón «ripening» y senectud) que ocurren normalmente en el vegetal; mientras que la deterioración o fase final incluye todos los aspectos de pérdida de calidad. La deterioración de frutas y hortalizas puede incluir desórdenes fisiológicos, enfermedades inducidas por mohos, bacterias o virus, marchitamiento, injuria mecánica, etc., pudiendo comenzar en realidad en cualquier momento durante el crecimiento si se dan ciertas condiciones y continuar hasta hacer al producto inepto para consumo humano.

3.2. Cambios microbiológicos en los alimentos.

Los alimentos, tanto naturales como procesados, están constantemente expuestos al ataque por microorganismos. Los tejidos vivos y sanos (animales y vegetales) son estériles y resistentes al ataque microbiano. Pero una vez que el animal ha muerto o que el vegetal ha sido cosechado se transforman en medios de cultivo aptos para el desarrollo de una flora microbiana de lo más variada. Por supuesto que una inadecuada manipulación de estos alimentos hace que los riesgos de alteración microbiana aumenten. Además es importante recordar que los microorganismos son ubicuos y su presencia es inevitable en los alimentos. Por otra parte, casi todos los alimentos que satisfacen nuestras necesidades nutricionales son medios de cultivo adecuados para el desarrollo microbiano.

La contaminación microbiana de los alimentos no sólo es importante desde el punto de vista de la alteración, sino que

también es fundamental desde el punto de vista de la salud pública, debido a que los alimentos pueden ser portadores de microorganismos causantes de toxi-infecciones alimentarias.

Los microorganismos que pueden desarrollarse en los alimentos pertenecen a los grupos más importantes del reino de los protistas: bacterias, mohos, levaduras, virus y rickettsias (especialmente *Coxiella burnetii*).

3.2.1. Alteración microbiana de alimentos glucídicos

En la mayoría de las alteraciones de los alimentos glucídicos tienen lugar varios procesos bioquímicos diferentes:

3.2.1.1. Hidrólisis de los polisacáridos de elevado peso molecular por enzimas extracelulares (por ejemplo amilasas bacterianas y fúngicas, celulasas y otras glucanohidrolasas).

3.2.1.2. Fermentación de mono y disacáridos a ácido pirúvico, a través de la glucólisis. Los metabolitos finales que se producen por acción bacteriana dependen de la descomposición del ácido pirúvico que, a su vez, depende de las características bioquímicas del microorganismo alterante.

3.2.1.3. Varias bacterias producen dextranos, que reducen la calidad sensorial y mercantil de los alimentos, a partir de los disacáridos. Tal lo que ocurre en la alteración de concentrados de frutas.

3.2.1.4. Varias bacterias y la mayoría de los mohos producen pectinesterasas y varias poligalacturonidasas que degradan las pectinas de frutas y hortalizas produciendo ablandamientos tisulares.

3.2.2. Alteración microbiana de los alimentos proteicos

Es el tipo de alteración más complejo y quizás el menos conocido. Los principales cambios alterativos son:

3.2.2.1. Putrefacción, caracterizada por la producción de olores y sabores desagradables, y modificación de la textura.

3.2.2.2. Degradación de los constituyentes proteicos, tal como coagulación y licuefacción de proteínas, desarrollo de modificaciones y destrucción de proteínas. Estos procesos alterativos pueden tener lugar en varias etapas:

A.- Contaminación inicial del alimento proteico.

B.- Utilización y metabolismo rápido de compuestos de bajo peso molecular (aminoácidos, dipéptidos, ácido láctico y azúcares) originando metabolitos alterantes (cadaverina, putrescina, ácidos orgánicos, anhídrido carbónico, ácido sulfhídrico, amoníaco). En esta etapa hay un rápido aumento de la población microbiana.

C.- Elaboración de proteasas por los microorganismos alterantes, cuando los compuestos de bajo peso molecular se han consumido. A través de este proceso se forman cantidades adicionales de metabolitos alterantes. Eventualmente la acumulación de metabolitos alterantes tóxicos en el material putrefacto, finalmente intoxica a los microorganismos hasta que el proceso se detiene.

En general la mayoría de los microorganismos no se desarrollan en las proteínas puras pero lo hacen en los alimentos proteicos que contienen varios nutrimentos necesarios para el metabolismo microbiano.

3.2.3. Alteración microbiana de aceites y grasas comestibles

La bioalteración de los triglicéridos constituyentes de aceites y grasas comestibles es la causa principal de rancidez, acidez, saponificación y sabores desagradables en estos alimentos.

Los tipos de alteración microbiana de alimentos lipídicos principales son la lipólisis de los triglicéridos y la lipo-oxidación o producción de hidroperóxidos.

3.3. Ataque por plagas y parásitos

Las principales plagas que atacan a los alimentos son los insectos (mosca doméstica, polilla, mosca de la fruta, etc.) y los roedores. Su presencia es inaceptable desde el punto de vista higiénico-sanitario, por lo cual deben tomarse medidas de prevención a fin de que no ocurran contaminaciones que conduzcan a alteraciones posteriores.

Entre los parásitos del hombre que pueden ser vehiculizados por los alimentos se citan: a) cestodos, por ejemplo *Taenia saginata* al estado larvario o cisticerco en los músculos de bovinos y suínos; *Taenia solium* proveniente de carne de cerdo y *Diphyllobothrium latum* por ingestión de peces que se alimentan con

copépodos; b) nematodos, especialmente *Trichinella spiralis*, causante de triquinosis, por ingestión de carne de cerdo infestada e inadecuadamente cocida; c) trematodos, principalmente *Clonorchis sinensis* que se encuentra en peces de aguas dulces; d) protozoos, siendo importante desde el punto de vista higiénico sólo la toxoplasmosis causada por *Toxoplasma gondii*.

3.4. Acción enzimática

De las casi 2000 enzimas que se han identificado hasta el presente, prácticamente todas se encuentran presentes naturalmente en los alimentos como enzimas propias de los mismos; resultando difícil asociar una enzima dada con un fenómeno determinado.

La acción enzimática en alimentos no siempre es perjudicial, ya que la mayoría de las modificaciones que ocurren antes de la transformación bioquímica del ser vivo en producto alimenticio son catalizadas por sistemas enzimáticos variados.

Entre las acciones enzimáticas perjudiciales están las que disminuyen la calidad trófica de ciertos alimentos: tiaminasa en carne fresca, ascorbasa en frutas y hortalizas, lipoxigenasa que oxida la vitamina A y los ácidos grasos esenciales, fosfatasa que hidroliza el fosfato de piridoxal. La importancia de las enzimas microbianas en la alteración de los alimentos ya fue reseñada.

3.4.1. Empardeamiento enzimático

Este tipo de empardeamiento es de carácter oxidativo y se presenta en frutas y hortalizas que contienen en su composición un complejo enzimático que actúa sobre los polifenoles. Tal complejo enzimático está constituido por fenolasas o fenilhidroxilasas y fenoloxidasas. Por supuesto que una vez iniciada la reacción, pueden ocurrir otras reacciones enzimáticas o químicas que originan compuestos de lo más diversos. Estos compuestos sufren polimerizaciones de mecanismo desconocido, que dan finalmente productos de color pardo-rojizo a negro llamados melanoidinas.

En los alimentos de origen animal las reacciones de empardeamiento enzimático son raras, a excepción de la melanosis de los camarones, que ocurre al liberarse tiroxina que pasa a quinonfenilalanina y finalmente a melanoidinas.

4. ALTERACIONES ABIÓTICAS DE LOS ALIMENTOS

4.1. Reacciones químicas

Ocurren por interacción entre los componentes normales del alimento o pueden ser inducidas por la presencia de oxígeno o de catalizadores químicos.

4.1.1. Reacción de Maillard.

Es un tipo de reacción de empardeamiento en que se producen no sólo los cambios de color, sabor y aroma de los alimentos, sino también pérdidas de valor trófico.

El primer paso de la reacción de Maillard es la reacción entre un compuesto con grupo carbonilo y un compuesto con grupo amino, por lo cual se denomina a esta reacción también como carbonilo-amina. Esa primera reacción consiste en la formación de glucosilamina a través de una base de Schiff, siguiendo luego una serie de etapas que originan finalmente productos coloreados, oscuros, llamados melanoidinas.

Como productos de alteración oxidativa de los lípidos también se forman compuestos carbonílicos capaces de reaccionar con las proteínas a través de reacción de Maillard.

4.1.2. Caramelización

Es otro tipo de empardeamiento no enzimático que involucra la degradación de azúcares. Cuando los azúcares se calientan por encima de su punto de fusión se oscurecen. Este proceso puede producirse bajo condiciones ácidas o alcalinas y se asocia con cambios de sabor, al producirse compuestos desagradables, quemados y amargos.

La composición química del caramelo es extremadamente compleja y poco conocida, aunque varios investigadores informan que los caramelos producidos de azúcares de distintas fuentes muestran composición química similar. En la polimerización térmica de la glucosa se han identificado más de 12 compuestos entre los que se encuentran los pigmentos marrones que dan las cualidades características al caramelo.

4.1.3. Oxidación del ácido ascórbico.

El ácido ascórbico juega un papel importante en el empardeamiento de jugos y concentrados cítricos, así como en hortalizas deshidratadas. En el primer caso el mecanismo es desconocido habiéndose identificado 17 compuestos diferentes como posibles productos de descomposición dando finalmente compuestos oscuros de composición química desconocida. En el segundo caso, debido a la baja actividad de agua, ocurre una interacción, entre ácido ascórbico y aminoácidos, que provoca modificaciones de color.

4.1.4. Reacciones inducidas por oxígeno

El oxígeno atmosférico es capaz de afectar la calidad trófica y sensorial de los alimentos. En general sus efectos son nocivos y es deseable mantener ciertos tipos de alimentos a una baja tensión de oxígeno o al menos prevenir un suministro continuo de oxígeno.

Las reacciones debidas al oxígeno atmosférico incluyen la oxidación de grasas y aceites, la modificación del valor biológico de las proteínas y la destrucción de vitaminas (especialmente C, E y A). En el caso de frutas y hortalizas una cantidad elevada de oxígeno facilita la alteración biológica de las mismas.

4.1.5. Reacciones inducidas por catalizadores químicos

Por catalizadores químicos se entiende aquí compuestos que actúan en pequeña cantidad originando reacciones químicas. Pueden provenir de la contaminación del alimento por su origen o forma de cultivo, de los materiales en que se manipulan o de los recipientes de envasado. Los metales son los más importantes.

En el caso de alimentos lipídicos la auto-oxidación se produce durante un almacenamiento prolongado y es catalizada por trazas de iones Fe (III) y Cu (II).

4.2. Reacciones físicas

4.2.1. Temperatura

Las temperaturas altas y las temperaturas bajas no controladas, pueden causar alteración de los alimentos. Dentro de una es-

cala no demasiado amplia de temperaturas, por ejemplo entre 10 y 38°C, se define el cociente de temperaturas Q_{10} de una reacción como: $Q_{10} = K_{T+10} / K_T$. Para la mayoría de las reacciones químicas y biológicas este cociente se encuentra entre 2 y 3. Son excepciones notables la desnaturalización térmica de las proteínas y la destrucción de los microorganismos que tienen valores superiores a 10.

El calor excesivo desnaturaliza proteínas, rompe emulsiones, modifica la textura, destruye vitaminas, etc. El frío no controlado también produce modificaciones de textura, color, ruptura de emulsiones, etc.

4.2.2. Humedad.

Además del hecho de que la humedad es indispensable para el desarrollo de los microorganismos y para las reacciones químicas y enzimáticas, una pérdida o adquisición de humedad por el alimento durante su manipulación o almacenamiento, puede cambiar sus propiedades de apariencia, provocando contracción y correosidad superficial, así como modificaciones de color.

El valor trófico y mercantil de los alimentos puede modificarse, también, por almacenamiento en atmósferas con humedad incorrecta o incontrolada.

4.2.3. Luz

Varias modificaciones en los alimentos se inician o aceleran por la luz. Los efectos catalíticos de la luz son más pronunciados para la luz de mayor energía cuántica. Las reacciones específicas involucradas en la alteración de alimentos pueden tener longitudes de onda específicas óptimas y en particular la presencia de sensibilizadores pueden modificar el espectro efectivo. Como sensibilizadores pueden actuar componentes de los alimentos tales como riboflavina, betacaroteno, vitamina A y ácidos grasos peroxidados.

Se señalan como reacciones de alteración catalizadas por la luz: oxidación de lípidos, destrucción de riboflavina y otras vitaminas hidrosolubles y cambios en proteínas y aminoácidos.

Desde el punto de vista de la calidad sensorial de los alimentos, ésta también puede verse afectada por la acción de la luz, especialmente en aquellos alimentos que contienen compuestos coloreados en su composición.

5. FACTORES RELACIONADOS CON LA ALTERACION DE LOS ALIMENTOS. SU ESTUDIO PARTICULAR.

A continuación se da una clasificación de los factores relacionados con la alteración de los alimentos que se usa principalmente para la alteración microbiana pero que puede extenderse a todas las causas de alteración, de acuerdo al criterio de la autora de este trabajo.

5.1. Factores intrínsecos.

Son aquellos que dependen de la composición química y estructura física del propio alimento y que pueden, a su vez, ser químicos, físicos o biológicos.

5.1.1. pH

Es importante en las alteraciones químicas, enzimáticas y microbianas de los alimentos. En las alteraciones químicas porque el pH puede condicionar el mecanismo de la reacción o puede favorecer o inhibir a la misma. Así, por ejemplo, la reacción de Maillard ocurre preferentemente en medio alcalino. En las alteraciones enzimáticas porque las enzimas tienen un pH óptimo de acción, que depende de la enzima involucrada. En las alteraciones microbianas, porque los microorganismos tienen un pH óptimo de crecimiento (cerca de la neutralidad para bacterias, ácido para mohos y levaduras). Algunos alimentos tienen, debido a su composición química, una cierta capacidad tópe o reguladora, que es importante como factor de control de alteraciones.

5.1.2. Actividad de agua

La actividad de agua de un alimento es un parámetro termodinámico que indica la cantidad de agua disponible, o sea que está en condiciones de ser utilizada por los microorganismos para su actividad metabólica o para que puedan llevarse a cabo las reacciones químicas o enzimáticas.

Otra forma de considerar la disponibilidad de agua de un alimento es en términos de su presión osmótica, recordando que en cualquier sistema la presión osmótica aumenta a medida que la actividad de agua disminuye.

Los requerimientos de agua para el desarrollo microbiano son diferentes, pero pueden resumirse en la siguiente tabla:

Microorganismo	a_w mínima
Bacterias productoras de alteraciones	0.91
Levaduras productoras de alteraciones	0.88
Mohos productores de alteraciones	0.80
Bacterias halofílicas	0.75
Mohos xerofílicos	0.65
Levaduras osmofílicas	0.60

En la tabla anterior se ve que cada microorganismo tiene su propia actividad de agua óptima y se sabe que la reducción de la misma produce un aumento en el período lag, una reducción en la velocidad de crecimiento logarítmico y una disminución en la cantidad de masa celular biosintetizada.

En cuanto a la actividad de agua de los alimentos se puede constatar que algunos alimentos frescos, tales como carne, pescado, aves, frutas y hortalizas, tienen actividad de agua por encima de 0.98, por lo cual están expuestos a alteración por un amplio rango de microorganismos.

5.1.3. Potencial redox

Es una medida indirecta de la disponibilidad de oxígeno. El potencial redox juega un importante papel en las alteraciones físicas, químicas, enzimáticas y microbianas. La presencia del oxígeno proveniente del aire que rodea al alimento favorece, principalmente, ciertas reacciones químicas o enzimáticas, como son la rancidez oxidativa y el empardeamiento enzimático. En cuanto a las alteraciones microbianas, los microorganismos pueden o no necesitar oxígeno para su desarrollo, según sean aerobios, anaerobios o micro-aerofílicos. Buena parte de las bacterias y casi todos los mohos son aerobios estrictos. Respecto a los

alimentos, se pueden indicar los siguientes potenciales redox habituales:

vegetales	+ 300 a 400 mV
carnes compactas	- 200 mV
carnes picadas	+ 200 mV
quesos	- 20 a - 200 mV

Como se puede apreciar, el picado de las carnes produce la modificación de un factor intrínseco de alteración de gran importancia.

5.1.4. Composición química

Es importante en las alteraciones químicas, enzimáticas y microbianas. Entre las alteraciones químicas que pueden citarse en que la composición química es importante están la reacción de Maillard, la caramelización, la rancidez, etc.

Desde el punto de vista de las alteraciones microbianas, debe recordarse que los microorganismos necesitan para su desarrollo y el cumplimiento normal de sus funciones, la presencia de todos los nutrientes básicos, y estos nutrientes van a estar presentes en algunos alimentos con preferencia a otros. La composición química del alimento gobierna, además, la naturaleza y composición de los metabolitos y productos de degradación elaborados por los microorganismos.

5.1.5. Componentes antimicrobianos

Este factor por supuesto que sólo es importante para el caso de las alteraciones microbianas. La estabilidad de ciertos alimentos frente al ataque microbiano se debe a la presencia en los mismos de determinadas sustancias con actividad antimicrobiana; siendo ejemplos típicos las lacteninas de la leche, la lisozima de la clara de huevo, el eugenol del clavo, el aldehído cinámico de la canela, etc.

5.1.6. Estructuras biológicas

La cubierta natural de la mayoría de las materias primas alimentarias proporciona una excelente protección contra la entrada de microorganismos y contra la posibilidad de alteración

por otros agentes. Son ejemplos de estas estructuras biológicas la membrana de las semillas, la piel de las frutas, la cáscara de las nueces, la cáscara de los huevos, la piel de los animales, las plumas de las aves, etc. La ruptura o ablandamiento de estas protecciones, permite una fácil alteración por casi cualquier tipo de agente.

5.2. Factores extrínsecos

Son las propiedades del medio ambiente que afectan tanto a los alimentos como a los posibles agentes alterantes.

5.2.1. Temperatura de almacenamiento

La temperatura es importante puesto que controla las reacciones químicas y enzimáticas y también el desarrollo microbiano, ya que los microorganismos se caracterizan por una temperatura óptima de crecimiento, que permite clasificarlos en mesófilos; termófilos, psicrófilos y psicrotróficos.

En la elección de la temperatura de almacenamiento se debe tener en cuenta no sólo la posibilidad de alteración, sino también el hecho de que se puede modificar la calidad sensorial del alimento.

5.2.2. Humedad relativa del ambiente

La humedad relativa del medio de almacenamiento es importante tanto desde el punto de vista de la actividad de agua de los alimentos, como porque puede modificarse la calidad sensorial de los mismos por pérdida o ganancia de humedad. Una adquisición de agua por el alimento aumentaría los riesgos de proliferación microbiana y favorecería la posibilidad de reacciones químicas y enzimáticas.

5.2.3. Presencia y concentración de gases en el ambiente

El almacenamiento de alimentos en las llamadas atmósferas controladas, en que se aumenta la concentración de anhídrido carbónico hasta límites cercanos al 10% retrasa la maduración de frutas, la alteración de alimentos vegetales por mohos, la modifi-

cación del pH en huevos, etc. Por supuesto que el contenido en oxígeno del ambiente determina la flora alterante. Puede agregarse ozono a la atmósfera, debido a sus propiedades microbicidas, teniendo precaución de la posibilidad de enranciamiento de los alimentos grasos o de la producción de compuestos tóxicos.

También puede hablarse de almacenamiento en microclimas con atmósfera regulada, como es el caso del empaque o envasado de alimentos, en que puede eliminarse el aire o agregarse gases inertes.

5.3. Factores tecnológicos o de procesamiento

Durante el procesamiento de los alimentos puede haber modificaciones de estructura o de composición que al modificar los factores intrínsecos, podrían hacer que los agentes alterantes vieran favorecida su acción. Las operaciones preliminares de conservación de alimentos pueden eliminar o destruir ciertos tipos de microorganismos, agregar otros, cambiar las proporciones de los existentes e inactivar total o parcialmente las enzimas de los alimentos, de modo de limitar el número de agentes capaces de causar alteración.

Aquí también es importante tener en cuenta la posible recontaminación de los productos, por la cual pueden aparecer en algunos alimentos alteraciones debidas a agentes que inicialmente no se encontraban presentes.

5.4. Factores implícitos

Estos factores están relacionados especialmente con las alteraciones microbianas de los alimentos. Son los correspondientes a todos los microorganismos por igual, o sea que dependen sólo de los microorganismos y corresponden a su velocidad de crecimiento por un lado y a los fenómenos ecológicos de asociación por otro.

Aunque cualquier alimento se contamina rápidamente con una variedad de microorganismos, debido a sus requerimientos ambientales diferentes, los microorganismos más adecuados para las condiciones imperantes se multiplican más rápidamente y pronto predominan. Si las condiciones son favorables para todos

los microorganismos; las bacterias generalmente crecen más rápidamente que las levaduras y éstas más que los mohos.

En cuanto a los fenómenos de asociación de microorganismos los más importantes son el sinergismo y el antagonismo. Se habla de sinergismo cuando un microorganismo al crecer produce las condiciones adecuadas para el desarrollo de otro microorganismo y éste es el que finalmente causa la alteración. Se habla de antagonismo cuando un microorganismo al crecer crea condiciones tales que impiden la sobrevivencia de otros microorganismos contaminantes. De esta manera se ve que no siempre la flora alterante y la contaminante son idénticas.

También es importante considerar la contaminación que puede aumentar la carga microbiana del alimento, agregando tipos microbianos no inicialmente presentes pero capaces de producir alteración.

6. METODOS DE INHIBIR ALTERACION EN ALIMENTOS

La consideración en forma extensa y detallada de las alteraciones de los alimentos y de los factores relacionados con las mismas, es la base fundamental para tener un mejor conocimiento acerca de la problemática de conservación de los alimentos, que permitirá aumentar su suministro y disponibilidad a nivel mundial. Sabiendo cuáles son las causas de alteración de los alimentos, resulta relativamente fácil comprender que las reacciones alterativas pueden controlarse e inhibirse a través del uso racional de diferentes métodos de conservación que a grandes rasgos se pueden clasificar así:

- Métodos físicos: modificación de temperatura - aumento
 - disminución
 modificación de la actividad de agua
 modificación del pH
 envasado: protección frente a la luz, humedad,
 ataque por plagas, etc.
- Métodos químicos: agregado de aditivos químicos conservadores.
- Métodos biológicos: fermentación.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- *Strand, L.W. y Woods, A.E.* 1973. "Food chemistry". The Avi Publishing Co., Inc. Westport, Connecticut.
- *Braverman, J.B.S.* 1967. "Introducción a la bioquímica de los alimentos". Ediciones Omega S.A. Barcelona.
- *Dextasler, N.W.* 1971. "Conservación de alimentos". Editorial CECSA. México.
- *Eskin, N.A.M., Hazidatov, H.M. y Tontocend, R.J.* 1971. "Biochemistry of foods". Academic Press. Nueva York.
- *Fox, B.A. y Cameron, A.C.* 1978. "Food science - a chemical approach". Hodder and Stoughton, Londres.
- *Hélas, R.* 1977. "Principios de envasado de los alimentos. Guía internacional". Editorial Acribia (de acuerdo con FAO). Zaragoza.
- *Jay, J.M.* 1973. "Microbiología moderna de los alimentos". Editorial Acribia. Zaragoza.
- *Kertesz, Z.I.* 1966. "Food and food processing". En "Kirk-Othmer. Encyclopedia of chemical technology". vol. 10. p. 23. Editores: H.F. Mark, J.J. McKetta, Jr. y D.F. Othmer. Interscience Publishers. John Wiley & Sons, Inc. Nueva York.
- *Kramer, A.* 1973. "Food and the consumer". The Avi Publishing Co., Inc. Westport, Connecticut.
- *Krochta, J.M. y Feinberg, B.* 1975. "Effects of harvesting and handling on the composition of foods. Part 1. Effects of harvesting and handling on fruits and vegetables". En "Nutritional evaluation of food processing". Editado por B. S. Harris y E. Karmas. The Avi Publishing Co., Inc. Westport, Connecticut.
- *Meyer, L.H.* 1964. "Food chemistry". Reinhold Publishing Co. Nueva York.
- *Montes, A.L.* 1969. "Saneario de la industria alimentaria". Eudeba. Buenos Aires.
- *Moxel, D.A.A.* 1971. "Ciclo de conferencias dictado en la Facultad de Química". Montevideo.
- *Potter, N.N.* 1973. "La ciencia de los alimentos". Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el Desarrollo Internacional. México/Buenos Aires.
- *Price, J.F. y Schweigert, B.S.* 1976. "Ciencia de la carne y de los productos cárnicos". Editorial Acribia. Zaragoza.

- Scott, W.J. 1957. "Water relations of food spoilage micro-organisms". *Adv. Food Res.* 7, 83.
- Whitaker, J.R. 1974. "Food related enzymes". *Advances in chemistry series 136*. American Chemical Society, Washington.

SOBRE LA ESTADÍSTICA EN MECÁNICA CUÁNTICA (I). LA DEFINICIÓN DE VALOR MEDIO

O. VENTURA*

Una de las verdades más profundamente aceptadas por los estudiantes de química que reciben una instrucción básica, intrínsecamente no completa, de teoría cuántica, consiste en creer que el *Deus ex Machina* de esta disciplina es la ecuación de Schrödinger. Esta errada concepción del tema, proviene de que pocas veces se aclara suficientemente (aun en los libros de texto) la diferencia fundamental que existe entre la teoría cuántica abstracta y lo que se acostumbra a llamar mecánica cuántica o más exactamente mecánica ondulatoria. Usualmente es esta última disciplina la que se enseña, dado que luego será utilizada como base para la comprensión de los poderosos métodos químico-cuánticos.

De cualquier forma, parece evidente que podría ser beneficiosa una comprensión más profunda, para aquellos que estén interesados, de las bases de la teoría cuántica, teniendo en cuenta la forma notable en que es posible captar la lógica del tema al ser reducido a la aplicación de métodos matemáticos suficientemente conocidos.

Nos limitaremos en este primer artículo al estudio de un aspecto especial de la mecánica ondulatoria (es decir la teoría cuántica una vez admitidas ciertas proposiciones que estableceremos más adelante): el aspecto estadístico y más concretamente, analizaremos el postulado de la definición de valor medio de un observable en un estado dado de un sistema físico.

Recordemos en primer lugar algunos hechos conocidos de estadística.¹ Dado un cierto conjunto Ω , y una σ -álgebra de conjuntos de Ω : α , se define la probabilidad \mathcal{P} como una medida² sobre α tal que se cumple $\mathcal{P}(\Omega) = 1$. Se dice entonces que la

* Cátedra de Química Cuántica.