

Tema 1

Introducción. Propiedades físico-químicas.

OBJETIVOS:

- Objetivos y enfoque de “Ampliación de Tecnología de alimentos”.
- Definición de sistema biológico alimentario y ejemplos.
- Importancia y cuantificación de las propiedades organolépticas y reológicas de los alimentos y sistemas alimentarios.
- Subjetividad de algunas propiedades de los alimentos
- Calidad de un alimento como función de sus propiedades.

Índice del tema

1	INTRODUCCIÓN.....	3
2	ANÁLISIS BÁSICO DE ALIMENTOS.....	3
2.1	<i>Humedad</i>	3
2.2	<i>Cenizas</i>	4
2.3	<i>Grasas</i>	4
2.4	<i>Nitrógeno Kjeldahl (proteínas)</i>	5
2.5	<i>Fibra cruda</i>	6
2.6	<i>Extracto libre de nitrógeno.</i>	7
3	PROPIEDADES FÍSICAS.....	7
3.1	<i>Textura y reología</i>	7
3.2	<i>Color</i>	7
3.3	<i>Aroma y sabor</i>	11
3.4	<i>Tensión superficial y propiedades coloidales</i>	12
4	SISTEMAS BIOQUÍMICOS ALIMENTARIOS.....	14

1 Introducción

La finalidad de los alimentos es mantener el estado de buena salud del ser humano (y por extensión, de los animales, si se incluyen los piensos).

La composición del ser humano, mostrada a continuación, da una idea de cuales son las necesidades nutricionales humanas.

El papel de los alimentos consiste en reponer el desgaste de estos alimentos, así como proveer la energía necesaria para el normal desarrollo de los procesos mecánicos y bioquímicos del cuerpo humano.

Sin embargo, las proporciones en las que estos elementos deben ser incluidos en una dieta equilibrada distan mucho, en ocasiones de esta cifra. No obstante, se puede decir que los principales nutrientes son:

- Agua
- Proteínas
- Grasas
- Hidratos de carbono (incluyendo fibra)
- Minerales (cenizas)

Por ello, la determinación de la calidad de un alimento pasa por la caracterización de estos parámetros. La caracterización exacta de un alimento puede ser muy complicada, sin embargo para un conocimiento básico se emplean los siguientes parámetros cuyo significado conviene conocer con precisión.

2 Análisis básico de alimentos

Es importante entender que la definición de estos conceptos lleva un método de determinación asociado. Dar el valor de uno de estos parámetros definidos a continuación, significa que se da el valor de la medición realizada conforme al método que, aunque pueda diferir en ocasiones de la real, permite obtener valores homogéneos y reproducibles que permiten la comparación entre diversos alimentos.

2.1 Humedad

Representa el contenido en agua del alimento.

Se obtiene como la diferencia en peso después de una deshidratación en condiciones pautadas. Se expresa como porcentaje del peso perdido.

Para determinarlo, se procede a una desecación en estufa de vacío a menos de 100°C, que se prolonga durante el tiempo necesario para alcanzar pesada constante. De esta forma se asegura la completa eliminación del agua evitando la pérdida de volátiles o la pérdida adicional de peso por la degradación de componentes termolábiles.

Es un análisis sencillo pero largo y tedioso, por ello en algunos análisis rutinarios de alimentos específicos se emplean instrumentos especialmente calibrados al efecto, como ocurre con la medida de humedad en granos, que se realiza por conductividad con un dispositivo especialmente construido y calibrado, que es capaz de reproducir los resultados del método general en el caso concreto.

2.2 Cenizas

Representan el contenido en sales minerales, aunque sin especificar cuanto de cada uno de los elementos particulares, por lo que la medida tiene un valor limitado.

Se determina incinerando una muestra del alimento en un horno de mufla a 600-700°C. La muestra pesada se pone en un crisol de platino y se incinera hasta pesada constante. Es útil conocer el tiempo de incineración que requiere la muestra en un ensayo previo, ya que es particularmente difícil de pesar dada la elevada temperatura.

Las cenizas se expresan como el % en peso que ha quedado después de la incineración.

Durante el proceso, la materia orgánica se seca, luego se carboniza y después se va oxidando desprendiendo CO₂, H₂O, N₂O, NO y SO₂.

Los elementos minerales quedan como ceniza blanca que es una mezcla de cationes de los elementos mencionados y aniones. Estos últimos pueden dividirse en dos clases.

- **Alcalinos:** Sales provenientes de carbonatos o ácidos orgánicos que durante la calcinación se convierten en óxidos alcalinos. Estas sales se pueden cuantificar sobre la mezcla de cenizas por valoración con ácido.
- **No alcalinos:** las provenientes de cloruros, sulfatos, fosfatos, etc.... que permanecen inalteradas durante la incineración.

La relación entre cenizas alcalinas/no-alcalinas es característica de muchos alimentos y puede utilizarse para detectar fraudes (por ejemplo, en el calcio de la leche).

2.3 Grasas

Son, por definición, la fracción de los alimentos solubles en disolventes orgánicos.

(NP: Desde este punto de vista, en mi opinión, es más correcto decir lípidos, si bien en la inmensa mayoría de los alimentos las grasas son la práctica totalidad de los lípidos).

Se determinan por extracción repetida en un extractor tipo Soxhlet, utilizando éter como disolvente o mezclas pautadas hexano-heptano (ver esquema).

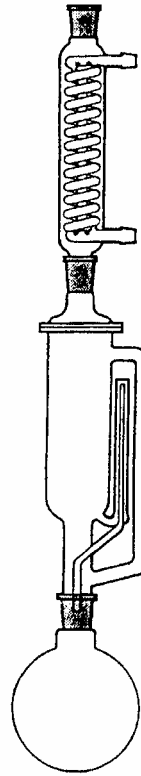


FIGURA 1.1. Extractor Soxhlet.

La extracción se lleva a cabo en caliente bajo reflujo de disolvente y debe prolongarse hasta que no se puede extraer más (pesada constante). En este momento, se evapora el disolvente y se evalúa la grasa extraída por pesada.

El contenido en grasas se evalúa como el % de la grasa así obtenida de la muestra de alimento procesada. Habitualmente se expresa sobre base seca.

La fracción grasa así obtenida puede contener una extraordinaria variedad de compuestos.

2.4 Nitrógeno Kjeldahl (proteínas)

El método más asequible para determinar el contenido en proteínas totales es medir el contenido en nitrógeno y establecer una proporcionalidad entre esta medida y el contenido en nitrógeno de las proteínas.

El valor general aceptado para convertir el contenido en nitrógeno a proteínas es 6,25, ya que se acepta que el contenido medio en nitrógeno de las proteínas de los alimentos es del 16% (proteína con una distribución estandar de aminoácidos). Si se conoce mejor el alimento es posible precisar más. Así, puede usarse 5,83 para el trigo, 5,95 para el arroz o 6,38 para la leche.

Sin embargo, a menudo es habitual dar simplemente el nitrógeno Kjeldahl sin hacer más presunciones sobre la composición de las proteínas. La caracterización de las proteínas de un alimento es un proceso resuelto pero extraordinariamente trabajoso y por ello inadecuado para rutina.

El análisis Kjeldahl consiste en una oxidación en medio ácido (sulfúrico) del alimento a 360-380°C en presencia de un catalizador que puede ser cobre o selenio. El procedimiento se lleva a cabo en un matraz Kjeldahl como el que se muestra a continuación.

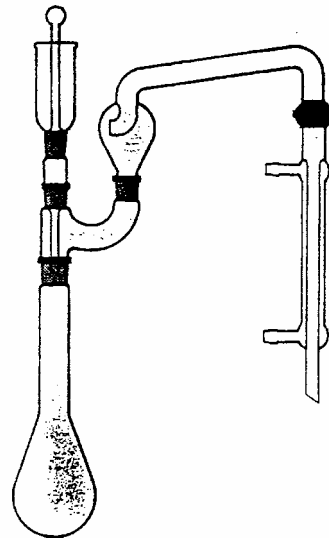


FIGURA 1.2. Matraz Kjeldahl adaptado al dispositivo para la adición de NaOH y destilación del NH_3 .

El proceso de oxidación descrito se deja transcurrir por varias horas en campana de desprendimiento de gases de manera que todo el nitrógeno de las proteínas (grupos amino de los aminoácidos) aparece como nitrógeno amoniacal, en concreto como sulfato amónico en disolución. Esto sólo pasa con el N de las proteínas, y no con el que está en otras formas, como por ejemplo el que aparece como nitratos o nitritos, aditivo habitual en charcutería, sin valor nutricional. Finalmente, la disolución se alcaliniza y el amonio producido se va destilando como amoníaco que se recoge absorbiéndose en una disolución ácida de contenido conocido. El amoníaco, que va consumiéndose en la disolución ácida en la parte superior del matraz Kjeldahl, se mide por retrovaloración.

El método Kjeldahl presenta la gran ventaja de ser inmune a muchas interferencias, ya que solo da en su resultado el nitrógeno de las proteínas, evitando fraudes alimentarios como los que se pueden derivar de la adición de nitratos, a la que son sensibles muchos otros métodos más rápidos.

Pese a ser un método largo y trabajoso, se puede decir que el método Kjeldahl sigue siendo el estándar de medida del contenido en proteínas más ampliamente aceptado.

2.5 Fibra cruda

Se debe entender la fibra cruda como la parte orgánica del alimento que es insoluble y no digestible y que está formada en la inmensa mayoría de las ocasiones por celulosas y lignocelulosas provenientes de los tejidos vegetales. No debe confundirse con la denominada fibra dietética o soluble que, aunque no se absorbe como nutriente en el intestino humano, pero que es fisiológicamente importante en los procesos intestinales.

La fibra cruda se determina atacando la muestra sucesivamente con CIH y NaOH calientes hasta dejar solamente la parte no digerible que es principalmente celulosa y parte de lignina, como la lignocelulosa. Este residuo representa la parte fibrosa, insoluble e indigestible de los alimentos. Sin embargo, este residuo puede contener parte de las sales minerales antes descritas que sean insolubles o se hayan insolubilizado durante el procedimiento. En ese caso el residuo puede incinerarse para determinar su contenido en minerales y restarlo del contenido en fibras.

2.6 Extracto libre de nitrógeno.

El extracto libre de nitrógeno se obtiene como diferencia entre el peso de la muestra del alimento y la suma de los anteriores parámetros medidos (humedad, cenizas, grasa, proteínas y fibra cruda).

(NP: debería llamarse más propiamente “refinado libre de nitrógeno”)

Representa aproximadamente a los hidratos de carbono libres de celulosa, es decir, almidón, azúcares reductores y no reductores, hemicelulosas, gomas y parte de la lignina. Es, por tanto, una aproximación al contenido en hidratos de carbono.

Por otra parte, también pueden determinarse con cierta facilidad los azúcares reductores y totales y el almidón, con lo que quedaría una estimación de la fibra soluble por diferencia.

3 Propiedades físicas

Además del valor nutritivo de los alimentos, caracterizado parcialmente por los parámetros que acabamos de definir, existen otras propiedades de los alimentos de igual importancia ya que hacen que los alimentos sean consumibles y aceptables comercialmente con un valor adecuado.

El objeto del procesado es producir, transformar o conservar estas propiedades.

Por otra parte, a veces la ejecución de un proceso sobre un alimento requiere de estas unas propiedades determinadas que han de poderse cuantificar (por ejemplo, la elasticidad de la masa del pan con vistas a la panificación).

A continuación se enumeran las principales propiedades físicas de los alimentos a este respecto y los posibles métodos de medida.

3.1 Textura y reología

La textura, entendida como el conjunto de sensaciones mecánicas que produce el alimento en la boca al ser ingerido, es una sensación compleja que depende de cómo fluye el alimento, cómo se deforma bajo la presión o cómo se rompe bajo un esfuerzo, entre otras cosas.

La textura de un alimento está muy relacionada, pues, con la reología.

Usted ya ha estudiado en la asignatura “tecnología de los alimentos” los modelos reológicos que existen para alimentos y los métodos de medida.

Sin embargo, la textura como sensación fisiológica es determinada de forma prácticamente exclusiva por catadores entrenados o por paneles de cata, dependiendo de la aplicación y del objeto del experimento.

3.2 Color

Es importante entender que el color es una sensación subjetiva que produce la luz reflejada o transmitida por el alimento en el ojo del consumidor.

El color de un alimento es importante desde el punto de vista comercial ya que un alimento para ser aceptado debe tener el color que espera el consumidor.

El color es un atributo físico que el ser humano puede distinguir con cierta precisión, ya que el ojo es relativamente sensible al color, especialmente a la comparación, por lo que los colores de los alimentos han de ser reproducidos con cierta precisión.

Por otra parte, el color puede tener en ocasiones aplicaciones analíticas o diagnósticas, como determinar el grado de madurez de un fruto.

El color es una magnitud física compleja que requiere ser definido rigurosamente con el fin de llegar a una forma de representación convencional que permita medirlo y transmitir la información en la industria alimentaria. A diferencia de otras magnitudes, el color no es definible por un único número.

Definición: El color es una sensación subjetiva que se produce en el ojo humano como resultado de la estimulación de las tres clases de células sensibles en la retina humana (que presentan máximos de sensibilidad al azul, verde y rojo) y que responde a la distribución espectral de la luz recibida.

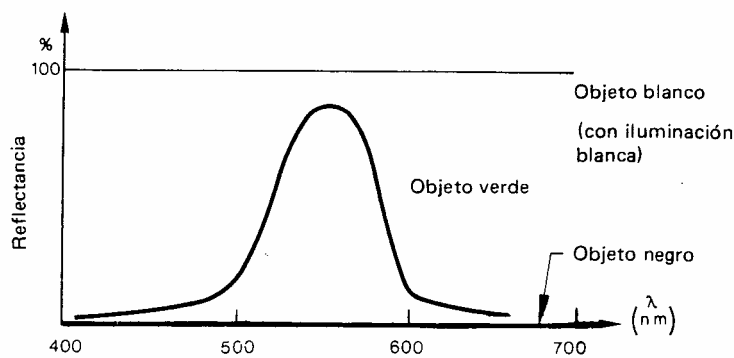
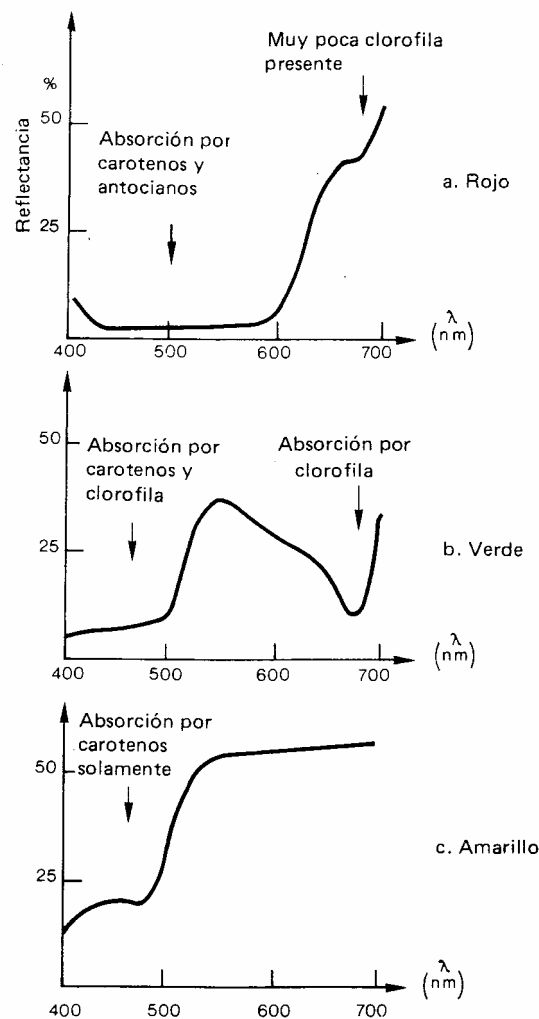


Fig. IV.2-2

Poder de reflexión de objetos blanco, negro y verde

Así, los alimentos de un color dado aparecen como tales ante el ojo humano porque reflejan o transmiten preferentemente el color del que aparecen, y absorben las otras componentes. Un alimento azul aparece como tal porque absorbe preferentemente el rojo y el verde.

¿Por qué es verde la clorofila?



La percepción del color es, como se ha dicho, subjetiva y en realidad no depende exclusivamente del espectro reflejado, sino del **cambio** que produce en la luz el contacto con el alimento. Así, una luz rojiza (con elevada componente roja) reflejada en un alimento rojo (refleja preferentemente el rojo) resultará enriquecida en este componente respecto a la luz incidente, con lo que el alimento aparecerá como rojo ante el ojo humano.

Medida del color : Se lleva a cabo en dispositivos especiales denominados colorímetros (aunque podría encontrarlos con otro nombre). El resultado de la medida es un espectro de transmitancia o reflectancia (según sea pertinente) que expresa el CAMBIO EN LA INTENSIDAD DE LA ILUMINACIÓN A CADA LONGITUD DE ONDA provocado por la interacción del alimento con un HAZ DE LUZ DE COLOR BLANCO NORMALIZADO. A continuación se muestran los espectros de algunas sustancias alimentarias.



Sin embargo, esta información tan detallada a menudo resulta innecesaria. Puesto que el ojo humano percibe todos los colores como una mezcla de tres componentes, en principio resultaría sencillo expresar todos los colores por un sistema de 3 únicas coordenadas. Esto es posible, y la manera en que se expresa el color en uno de estos sistemas se denomina “espacio de color”.

Espacios de color: Son sistemas de 3 coordenadas que sirven para definir la sensación fisiológica que produce una determinada radiación luminosa en el ojo humano. Mencionaremos 2, el RGB y el de Munsell.

RGB: Se basa en dar la sensación relativa que experimentan los receptores del rojo, verde y azul. Hay que darse cuenta que esta información está degenerada respecto al espectro completo, ya que no es posible conocer la composición real de la luz con el sistema RGB. Por ejemplo, producen la

misma sensación de amarillo una luz de longitud de onda entre el rojo y el verde que estimule por igual a ambos receptores que una radiación con dos componentes puras roja y verde.

Munsell : Es otro espacio de color denominado “psicológico” porque tiene en cuenta en su definición que la sensación es resultado de la diferente proporción en que los receptores son activados, pero NO del estímulo total. Así un color 25R 25G 10B es el mismo turquesa que 50R 50G 20B, si bien este último es más brillante. Puesto que el brillo depende de la fuente de luz, se puede decir que el color del alimento puede darse por dos únicas coordenadas. El espacio de Munsell da el color como una componente que indica la brillantez (luminancia) y otras dos coordenadas que contienen la cromaticidad, en forma de tono (hue) y saturación (pureza o distancia al blanco).

Los colorímetros convierten automáticamente la información del espectro a una variedad de espacios de color.

3.3 Aroma y sabor

El aroma y el sabor son propiedades fundamentalmente químicas que dependen de la composición del alimento y de la presencia de determinadas sustancias ácidas, salinas o volátiles. Aroma y sabor son sensaciones complejas que se encuentran interrelacionadas. El sabor es una sensación más básica que se encuentra matizada por el aroma. La sensación de sabor o aroma depende de varios factores, entre los cuales, el más importante es la concentración en la que se encuentra el agente.

Mientras que algunas sustancias producen sensaciones en muy pequeña concentración, se otras son necesarias concentraciones considerables:

Cuadro IV. 4-3
Umbral de percepción de diversas sustancias olorosas; según Bomben et al. (1973)
©Academic Press (ver bibliografía)

Compuesto	Alimento que tiene el compuesto	Umbral de percepción μg por litro de agua (determinación de olor por encima de la disolución)
2-isobutil-3-metoxipirazina	Pimiento	0,002
oct-1-ena-3-ona	Champiñón	0,005
2,6-nonadienal	Pepino	0,01
Metil mercaptano	Cafe	0,02
2,4-decadienal	Pollo	0,07
2-nonenal	Zanahoria cocida	0,08
Etil-2-metil butirato	Manzana	0,1
3-hexenal	Tomate fresco	0,3
Sulfuro de dimetilo	Tomate cocido	0,3
2-etil-3-metoxipirazina	Patata	0,5
γ -decalactona	Melocotón	0,7
2-isobutiltiazola	Tomate fresco	3,5
Acetato de amilo	Plátano	5
Hexanol	Diversos	5
Linalool	Diversos frutos	6
Acido butírico	Diversos	240
Furfural	Diversas legumbres cocidas	3 000
Etanol	Diversos	100 000

Las propiedades de sabor y aroma se estudiarán en la descripción de los alimentos para los que resulte relevante. Por otra parte, el aroma y el sabor se encuentran influenciados por otras propiedades como la temperatura o el estado de agregación del alimento.

Para la evaluación del sabor y aroma existen diversas técnicas analíticas aplicables a la detección de componentes individuales (HPLC, GLC, MS, espectroscopia de infrarrojos-visible-UV... etc), sin embargo los únicos métodos prácticos para la evaluación de olores y sabores es la realización de catas y el empleo de paneles de degustación.

Un ejemplo de las preguntas realizadas a un panel de cata para una bebida refrescante de cola se presenta a continuación:

- | | |
|--|-------|
| 1) Olores: | |
| a) amplitud global, es decir, clasificación de la calidad y equilibrio del producto (de 0 a 3) | 2 |
| b) olores característicos por orden de percepción y con amplitud de percepción (de 0 a 3): | |
| picor debido al anhídrido carbónico | 1 |
| frescor | 1/2 |
| lima | 1 |
| canela | 1/2 |
| salicilato de metilo | 1/2 |
| gengibre | 1/2 |
| ... | |
| 2) Aromas y sabores: | |
| a) amplitud global | 2 |
| b) aromas y sabores característicos... | 2 |
| picor debido al anhídrido carbónico | 2 1/2 |
| frescor | 1 |
| sabor azucarado | 1 |
| acidez | 1 |
| canela | 1 |
| gengibre | 1 |
| astringencia | 1 1/2 |
| producción de saliva | 1/2 |
| 3) Gusto persistente: | |
| sabor azucarado | |
| astringencia | |
| deseccación | |

3.4 Tensión superficial y propiedades coloidales

La tensión superficial se define como la cantidad de trabajo necesario para incrementar en una unidad la superficie del fluido considerado. La tensión superficial surge de las interacciones intermoleculares que tienden a retener a una molécula en el seno de un líquido.

Una alta tensión superficial tiene como consecuencia una dificultad para formar gotas pequeñas y, si se forman, para que estas permanezcan estables. Así mismo, un fluido con alta tensión superficial difícilmente “moja” las superficies, lo que tiene muchas implicaciones respecto de sus propiedades organolépticas y tecnológicas.

La tensión superficial puede medirse con aparatos especiales (dispositivo de Dupré) o por la formación de gotas. Sin embargo, en muchos alimentos esto es muy difícil o imposible por su dificultad para fluir.

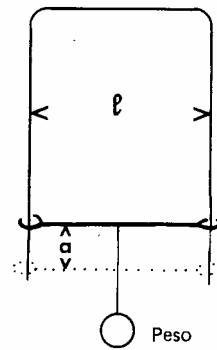


Fig. IV. 3-2
Marco de Dupré

La tensión superficial se puede modificar o ajustar conforme a las necesidades del proceso de fabricación mediante el uso de aditivos, denominados agentes tenso-activos. Algunos de estos agentes se muestran a continuación

Agentes tenso-activos naturales y artificiales

<u>Agentes tenso-activos naturales</u>	
Iónicos	sales biliares, fosfolípidos (lecitinas), fosfato de inositol
No iónicos	colesterol, saponinas
<u>Agentes tenso-activos artificiales</u>	
Iónicos	jabones, sulfatos y sulfonatos de arilo y/o de alcohol
No iónicos	monoésteres de propilen-glicol, mono- y diésteres de glicerol, ésteres de sorbitol y de sacarosa, óxido de polietileno, monoestearatos de sorbitol polioxietileno, etc.

Muchos alimentos son emulsiones, de forma natural o como resultado de un proceso de fabricación. Algunos ejemplos de estas emulsiones se muestran a continuación:

Tipos de estados coloidales

Micelas	Fase dispersante	Tipo de estado coloidal	Ejemplos
L	L	emulsión	leche, mayonesa, crema
S	L	suspensión, dispersión, sol, gel	soluciones de proteínas, de almidón; geles, jaleas; postres congelados; grasas, pastas o pures
L	S	sol sólido	mantequilla, margarina, chocolate
S	S	sol sólido	caramelos de azúcar parcialmente cristalizado
G	L	espumas	espuma de cerveza, clara de huevo batido, cremas batidas
L	G	aerosol	(nieblas)
S	G	aerosol	(humos)
G	S	espumas sólidas	miga de pan, helados
L = líquido S = sólido G = gaseoso			

Las formas más importantes de destrucción de una emulsión son la decantación, la floculación y la coalescencia. La decantación se evita formando gotas pequeñas, para lo que es necesario una baja tensión superficial. La floculación se evita también con la presencia de agentes de superficie, mientras que la coalescencia es consecuencia de la agitación térmica y se evita con el frío.

4 Sistemas bioquímicos alimentarios

Es importante entender que un alimento se diferencia de una sustancia química simple o incluso de una mezcla de sustancias en que entre los componentes de los alimentos se establecen relaciones de interdependencia que le dan al alimento sus características particulares.

Puesto que no es fácil de entender esta diferencia, la explicaremos sobre dos ejemplos, la leche y el pan.

La **leche** es una disolución de lactosa en la que se hallan dispersos glóbulos de grasa estabilizados por caseína. Sin embargo, para obtener leche no basta con mezclar estos tres elementos por separado porque las características de la leche dependen no sólo de la presencia de caseína y grasa, sino de que estas se encuentren organizadas de una forma concreta. Por otra parte, la leche puede convertirse en yogur porque la lactosa es un azúcar que se puede fermentar a ácido láctico cuya acidez o en

Defina vd. las características del pan y las interrelaciones bioquímicas entre sus componentes.

Los alimentos son, pues, sistemas complejos, tanto en composición como en estructura, y se puede decir que sus propiedades son más complejas que las de las sustancias que por separado los integran ya que surgen relaciones entre los componentes que los constituyen que es necesario conocer.

Otros alimentos que forman complejos bioquímicos son el huevo, los derivados carnicol, quesos, lácteos, cervezas y vinos, , etc.... Por nombrar algunos.

BIBLIOGRAFÍA

JC Cheftel, H Cheftel y P Besançon; *Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos*. Ed. Acribia (1989).

Primo Yúfera, E.; *Química de los alimentos*. Ed. Síntesis (1997).