

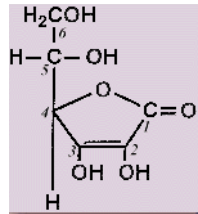
### Tema 3

## Química de los alimentos.



### OBJETIVOS:

- Conocer la composición de las principales clases de alimentos.
- Conocer la naturaleza química de los macronutrientes (proteínas, hidratos de carbono y lípidos) y micronutrientes contenidos en los alimentos.
- Describir las reacciones químicas más significativas que pueden tener lugar durante el procesado de los alimentos
- Conocer las reacciones químicas específicas que tienen lugar en la elaboración y conservación de alimentos (reacción de Maillard, gelatinización del almidón, desnaturalización de las proteínas, oxidación e hidrólisis de lípidos y formación de puentes disulfuro)
- Ver ejemplos de estas reacciones químicas.



Vitamina C

**Índice del tema**

1	NUTRIENTES EN LOS ALIMENTOS .....	3
2	AGUA .....	3
2.1	<i>Transición cristalina y <math>a_w</math></i> .....	4
3	PROTEÍNAS, VALOR BIOLÓGICO, DESNATURALIZACIÓN .....	5
3.1	<i>Valor nutritivo</i> .....	7
3.1.1	Aminoácidos esenciales .....	7
3.1.2	Valor biológico .....	8
3.2	<i>Alimentos proteicos:</i> .....	9
3.3	<i>Reacciones químicas</i> .....	10
3.3.1	Desnaturalización.....	10
3.3.2	Hidrólisis química y enzimática .....	11
3.3.3	Reacciones con azúcares .....	11
3.3.4	Pirólisis y carbonización .....	12
4	LÍPIDOS.....	12
4.1	<i>Grasas y sus derivados</i> .....	12
4.1.1	Valor nutritivo.....	13
4.1.2	Tipos de grasa y calidad .....	13
4.1.3	Alimentos fuentes de grasa .....	13
4.1.4	Reacciones químicas .....	14
4.1.5	Índices de calidad.....	15
4.2	<i>Colesterol</i> .....	15
5	HIDRATOS DE CARBONO .....	16
5.1	<i>Valor nutritivo</i> .....	16
5.2	<i>Tipos de hidratos de carbono</i> .....	17
5.2.1	Azúcares simples: .....	17
5.2.2	Polisacáridos y oligosacáridos: .....	18
5.3	<i>Alimentos fuentes de hidratos de carbono</i> .....	20
5.4	<i>Reacciones químicas</i> .....	20
6	VITAMINAS.....	21
7	MINERALES .....	22
8	PIGMENTOS, SABOR Y AROMA.....	23

## 1 Nutrientes en los alimentos

Entenderemos agrupados en el término “**nutrientes**” cualquiera de las sustancias contenidas en los alimentos que pueden ser asimilados por el organismo (humano) para cumplir una función metabólica. Esta definición puede resultar un poco restrictiva ya que componentes como la fibra alimentaria no son digeridos ni asimilados por el ser humano, pero cumplen una importante función durante la digestión.

Distinguiremos como **macronutrientes** a aquellas sustancias que constituyen la parte principal del alimento, entre las que se encuentra

- agua
- proteínas
- lípidos
- hidratos de carbono (incluyendo entre éstos a la fibra alimentaria)

Por otra parte existen otros compuestos que denominaremos **micronutrientes** que aparecen en pequeñas cantidades pero que son componentes esenciales para una alimentación humana adecuada. Entre los micronutrientes consideraremos también una clase particular de sustancia que pueden o no ser asimiladas, pero que tienen gran importancia porque transmiten a los alimentos color, olor y sabor, aunque su papel en el metabolismo sea prescindible o inexistente.

También es conveniente tener en cuenta que, además de nutrientes, también se habla de algunos componentes como **tóxicos** o **antinutrientes**. Por tóxico se debe entender cualquier sustancia que, una vez absorbida, es susceptible de provocar enfermedades o interferir en el metabolismo con consecuencias negativas para el organismo. Antinutriente es aquella sustancia que interfiere en la absorción o asimilación de un nutriente disminuyendo, por tanto, el valor nutritivo del alimento.

A continuación estudiamos cada uno de estos nutrientes, sus propiedades químicas y las reacciones más significativas que se pueden producir durante el procesado de los alimentos.

## 2 Agua

Además de ser un alimento es sí mismo, el agua es un componente principal (mayoritario) en la mayoría de los alimentos, llegando a formar el 90% en alimentos como leche, frutas y hortalizas, mermeladas etc., el 75% en carnes, pescado y quesos frescos y del 50% en quesos semicurados y curados, y embutidos, por ejemplo.

Existen alimentos con bajo o nulo contenido en agua. En algunos de ellos esta falta de agua es consecuencia de su naturaleza, como el azúcar (único alimento cristalino), los frutos secos o las legumbres. En otros algunos su falta de agua es consecuencia de un método de fabricación o conservación (algunos ahumados y salazones, sopas de sobre y todos los productos deshidratados destinados a su reconstitución).

El agua es una sustancia muy inerte y en los alimentos no presenta problemas de degradación. Los esfuerzos de conservación se reducen a evitar su cambio de fase o migración (que el alimento se seque o pierda la textura) y a manipular su **actividad**, para reducir la proliferación de microorganismos.

## 2.1 Transición cristalina y $a_w$

Sustancias como algunas proteínas e hidratos de carbono pueden encontrarse en un estado **crystalino** o en un estado **amorfo**. El que un alimento se encuentre en un estado u otro resulta de suma importancia ya que se produce una importante variación en sus propiedades mecánicas y, en consecuencia, en su textura.

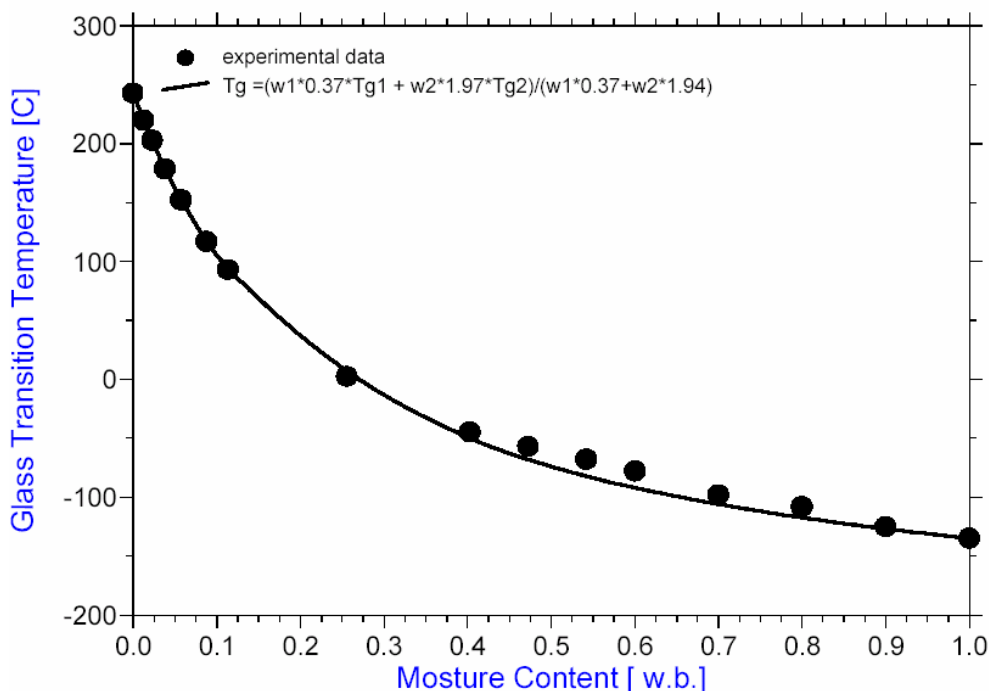
Por ejemplo, alimentos como **snacks** (patatas chips, doritos...etc.) y **copos de cereales** alternan ente el estado cristalino y el amorfo.

En el **estado cristalino** los alimentos tienen una estructura ordenada (cristalina) que les confiere rigidez y les permite mantener su estructura interna. Muchos alimentos crujientes están en el estado cristalino. El estado cristalino se alcanza y se mantiene a temperaturas bajas y humedades (contenido en agua) bajas.

En el estado **amorfo** los alimentos se vuelven deformables e incluso fluidos, lo que puede llevar a la destrucción del alimento si esta transición llega a ocurrir durante el proceso de fabricación.

La temperatura a la que un alimento pasa del estado amorfo al cristalino se denomina “temperatura de transición cristalina”,  $T_C$ . Cuando la temperatura del alimento sube por encima de  $T_C$  éste pasa al estado amorfo volviéndose deformable y colapsable.

$T_C$  depende del grado de humedad del alimento. Así, alimentos húmedos se vuelven amorfos a temperaturas bajas, mientras que los alimentos secos requieren temperaturas muy superiores. La siguiente figura muestra la dependencia entre  $T_C$  y la humedad de un alimento tipo formado por almidón y agua.



En muchos procesos de fabricación es muy importante controlar el grado de humedad antes del tratamiento térmico para impedir que se produzca la transición al estado amorfo al elevar la temperatura. Por ejemplo, un snack de maíz mientras está siendo cocido permanece cristalino hasta 150°C sólo si la humedad está por debajo del 5%, lo cual es imprescindible para la fabricación de estos productos.

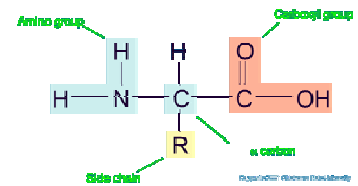
Por otra parte, los gusanitos <sup>TM</sup> y las patatas fritas, de estructura cristalina a temperatura ambiente, se vuelven flexibles y dejan de ser crujientes al rato de abrir la bolsa porque absorben humedad del ambiente y sus almidones pasan al estado amorfo incluso a temperatura ambiente.

### 3 Proteínas, valor biológico, desnaturalización.



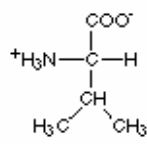
Las proteínas son un macronutriente cuya principal característica es ser **nitrogenado** al estar compuestas de largas cadenas de ácidos orgánicos aminados en el carbono contiguo al grupo carboxilo (posición alfa). Éstos ácidos aminados en el carbono más cercano al grupo carboxilo se conocen como aminoácidos.

Un aminoácido responde a la fórmula  $R-CH_2-COOH$  (ver dibujo al margen) donde R puede ser cualquier cadena carbonada. El aminoácido más sencillo es la “Glicina”, donde  $R=H$  (un átomo de hidrógeno). La glicina aparece profusamente en una proteína denominada “colágeno” (la gelatina).

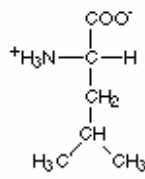


Sin embargo no cualquier cadena R forma un aminoácido de interés alimentario. En general en los sistemas biológicos y en concreto en la alimentación humana hay 20 aminoácidos que son utilizados por el cuerpo humano y que son, por tanto los que deben contener los alimentos. Estos aminoácidos son:

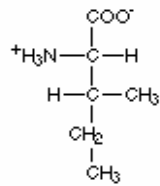
Amino acids with hydrophobic side groups



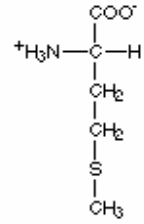
Valine  
(val)



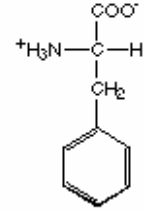
Leucine  
(leu)



Isoleucine  
(ile)

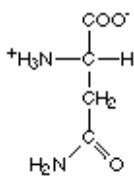


Methionine  
(met)

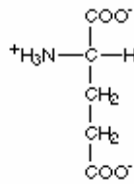


Phenylalanine  
(phe)

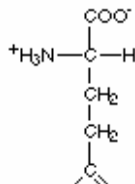
Amino acids with hydrophilic side groups



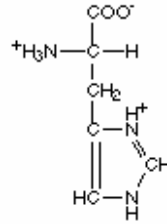
Asparagine  
(asn)



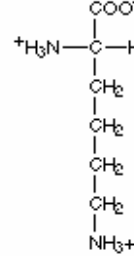
Glutamic acid  
(glu)



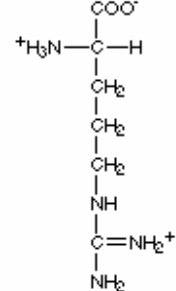
Glutamine  
(gln)



Histidine  
(his)

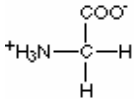


Lysine  
(lys)

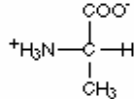


Arginine  
(arg)

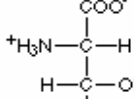
Amino acids that are in between



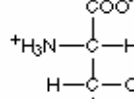
Glycine  
(gly)



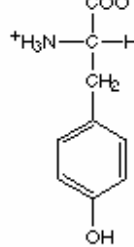
Alanine  
(ala)



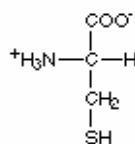
Serine  
(ser)



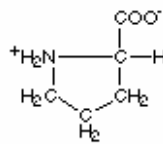
Threonine  
(thr)



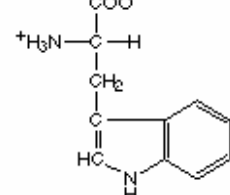
Tyrosine  
(tyr)



Cysteine  
(cys)



Proline  
(pro)



Tryptophan  
(trp)

TODAS las proteínas son cadenas lineales de estos aminoácidos.

Los aminoácidos pueden formar largas cadenas debido a que pueden unirse por un tipo de enlace característico denominado “enlace peptídico”. Un enlace peptídico se produce cuando el grupo carboxilo (-COOH) de un aminoácido reacciona con el grupo amino (-NH<sub>2</sub>) de otro, liberando 1 molécula de agua y formando un nuevo enlace covalente entre el carbono y en nitrógeno.

Las cadenas de aminoácidos pueden tener desde unos pocos aminoácidos hasta millones de ellos. Las cadenas de unos pocos aminoácidos hasta unos cientos se denominan “polipéptidos”. Cadenas de pocos cientos hasta algunos miles, se denominan oligopéptidos.

Las cadenas de longitud superior se denominan proteínas. La diferencia con los oligopeptidos, más que en el tamaño, viene dada porque las proteínas tienen una ESTRUCTURA y CONFORMACIÓN ESPACIAL características, que vienen causadas por plegamientos de la cadena

de aminoácidos sobre sí misma. Esta estructura queda fijada por interacciones entre aminoácidos de la cadena, que pueden ser fuerzas de **Van der Waals**, **puentes de hidrógeno** o por la formación de **puentes disulfuro**.

La estructura espacial de la proteína no tiene importancia respecto a su valor nutritivo, pero sí puede tenerlo respecto a las propiedades físicas y organolépticas del alimento.

Por ejemplo, el huevo se cuaja porque las proteínas pierden su estructura original compacta y replegada sobre sí mismas y se desenrollan formando una estructura tridimensional con otras proteínas. Otro ejemplo es la fabricación del pan, que requiere la formación de puentes disulfuro.



### 3.1 Valor nutritivo

La ingesta de proteínas resulta imprescindible para mantener la vida. Es importante que la ingesta de proteínas sea adecuada en cantidad y calidad para mantener la salud y el bienestar.

Respecto de la **cantidad** de proteínas, la ingesta de considerada normal se encuentra entre 0,8 y 1,5 g por kg de peso corporal y día, dependiendo de la edad y género del sujeto, pero se puede sobrevivir con cantidades menores. En casos especiales, están indicadas ingestas de hasta 2,5 g g<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

La **calidad** de las proteínas depende de su composición en aminoácidos. De los 20 necesarios, el cuerpo humano puede sintetizar 12. Si la ingesta de alguno de estos es deficitaria, el hígado humano es capaz de sintetizar una cantidad suplementaria para cubrir las necesidades del metabolismo. Sin embargo, hay 8 aminoácidos que no se pueden sintetizar en el cuerpo humano y que deben ser ingeridos con la dieta en las cantidades necesarias. A éstos se les denomina **aminoácidos esenciales**.

#### 3.1.1 Aminoácidos esenciales

Son los siguientes

- Valina
- Leucina
- Isoleucina
- Fenilalanina
- Treonina
- Lisina
- Metionina
- Triptófano

Las cantidades que se deben ingerir están recogidas en el patrón FAO (recomendaciones originalmente recogidas en 1957 y revisadas en 1973, el valor puede ser revisado ante avances en los estudios nutricionales) que se muestra a continuación. Las cantidades necesarias de cada aminoácido esencial son proporcionales los requerimientos de proteína total y vienen expresados como porcentajes mínimos de contenido.

Pauta de referencia de aminoácidos de la FAO-OMS (1973)  
y comparación con proteínas de otras fuentes.

Aminoácido	Patrón FAO 1973	Proteína de leche de vaca	Proteína de huevo
Leucina	7.0	9.9	9.0
Isoleucina	4.0	6.4	6.8
Valina	5.0	6.9	7.4
Lisina	5.5	7.8	6.3
Metionina+cisteína	3.5	3.3	5.4
Fenilalanina+tirosina	6.0	4.9	6.0
Treonina	4.0	4.6	5.0
Triptófano	1.0	1.4	1.7

(Por sus interacciones respectivas se consideran juntos metionina-cisteína y fenilalanina-tirosina)

(En alimentación infantil, se considera que la histidina es también aminoácido esencial la histidina)

La composición en aminoácidos determina el valor biológico.

### 3.1.2 Valor biológico

La calidad nutricional de una proteína se cuantifica por un número denominado **Valor Biológico**. Es conveniente usar un único número ya que de lo contrario habría que estar manejado siempre el contenido de los 8 aminoácidos esenciales.

El Valor Biológico es un número estandarizado, definido por convención y que expresa lo adecuada que es una proteína para el consumo humano. Una proteína con valor biológico elevado satisface las necesidades en aminoácidos esenciales con la ingesta mínima recomendada.

Para ello, la proteína ha de contener los aminoácidos esenciales en proporción adecuada a las necesidades del cuerpo humano. Es decir, una proteína es adecuada cuando no es deficitaria en ninguno de los aminoácidos esenciales.

Una proteína que carezca de algún aminoácido (o escasee, como la lisina en las legumbres) es menos deseable ya que para cubrir las necesidades del aminoácido esencial que más escasee, hay que consumir una cantidad más grande de proteína total. Esto es indeseable porque la proteína es cara y no se puede acumular en el cuerpo, dando nitrógeno de excreción que obliga al hígado y al riñón a trabajar más.

La calidad biológica se cuantifica utilizando un patrón al que se le da el valor 100. Hasta hace poco era el huevo. Luego se sustituyó por una proteína pautada de referencia. El valor biológico es el cociente (multiplicado por 100) entre los dos siguientes valores:

1. Cantidad de la proteína en cuestión necesario para satisfacer las necesidades del aminoácido esencial más escaso
2. Cantidad de proteína pautada que hace falta para cubrir las necesidades de ese mismo aminoácido



Es decir, una persona de 70 kg necesitaría un mínimo de  $0,8 \cdot 70 = 56$  g de proteína al día. Si consume proteínas de  $VB=100$ , sus necesidades en aminoácidos esenciales están cubiertas. Si, por el contrario, la proteína tiene un  $VB=50$ , necesitará consumir el doble para cubrir sus necesidades.

Así, alimentos como la carne de vaca tienen un valor biológico de 74, la harina de trigo 52, el huevo 94 y algunos componentes de la leche (fracciones de albúmina que actualmente se separan por ultrafiltración y se venden como concentrados en polvo) hasta 140.

Operativamente, el VB se puede calcular por la fórmula:

$$VB = \frac{\%AA}{\%AP}$$

Donde %AA denota el contenido en aminoácido esencial más escaso de la proteína en cuestión, y %P es el contenido de ese mismo aminoácido en la proteína patrón.

Puesto que el valor biológico viene dado por el aminoácido más escaso, éste se puede mejorar mediante mezclas adecuadas de alimentos que se complementen.

Ejercicio: Evalúe el valor biológico de las proteínas de huevo y leche mostradas en la tabla anterior.

Ejercicio: Busque la composición de harinas de cereales y legumbres y evalúe el VB de sus proteínas. Recopile los datos de aminoácidos esenciales más escasos en cada uno de éstos productos.

Ejercicio: Con los datos anteriores pruebe a proponer mezclas de harinas que sean complementarias en los aminoácidos deficitarios y evalúe el valor biológico de las mezclas. Se dará cuenta de que la complementación por mezcla es una manera eficaz y asequible de obtener proteína barata y de elevado valor biológico.

### 3.2 Alimentos proteicos:

Entre los alimentos considerados proteicos, se encuentran los siguientes grupos

#### **Carne y productos cárnicos**

Son productos de contenido fundamentalmente proteicos, especialmente las carnes de ave y los cortes magros, aunque algunos derivados pueden tener un contenido en grasa superior al contenido proteico.

#### **Leche y derivados: quesos y fermentados**

Tienen un contenido significativo de proteínas aunque no siempre es el nutriente mayoritario. A diferencia de los cárnicos, los lácteos pueden tener un contenido significativo de azúcares. En algunos quesos muy grasos, el nutriente predominante es la grasa.

#### **Semillas proteaginosas: cacahuete, soja, legumbres.**

Se denominan así a un grupo de semillas que contienen un elevado contenido en proteínas, a diferencia de otras semillas como los cereales, con un contenido predominante de hidratos de carbono o de las oleaginosas, que tienden a acumular grasas, como las pipas de girasol.

#### **Pescado**

Es un alimento fundamentalmente proteico, especialmente los pescados “blancos”. Algunos pescados pueden tener además un contenido graso de hasta el 30%. Los esqueletos y pieles de pescado son un fuente importante de la proteína fibrosa denominada “colágeno”, que es un producto industrial de primera necesidad por ser la base de productos como colas y gelatinas y entrar en la composición de muchos alimentos preparados.

### **Huevos**

Es un alimento muy rico en proteínas y además éstas son de un elevado valor biológico. La clara es prácticamente proteína pura, con trazas de azúcares. La yema también es fundamentalmente proteica, aunque tiene un contenido graso muy importante, siendo de destacar su elevado contenido en el lípido colesterol.

## **3.3 Reacciones químicas**

Las proteínas sufren ciertas reacciones químicas de importancia con vistas a su procesado y que deben ser tenidas en cuenta a la hora de modificar las condiciones del entorno (como pH, humedad o temperatura) ya que pueden provocar cambios indeseables irreversibles.

Por otra parte, algunos de estos cambios forman parte natural del cocinado y en algunos procesos pueden ser deseables.

Las principales reacciones son

### **3.3.1 Desnaturalización**

Las proteínas se encuentran en los tejidos animales y vegetales con una conformación (forma y estructura espacial) muy específica, que les confiere sus propiedades (catalíticas, si sin enzimas, resistencia, solubilidad...etc).

Esta estructura es consecuencia, como se ha dicho, de un repliegamiento muy específico de la cadena de aminoácido mantenido por interacciones entre aminoácidos que a veces son muy débiles: fuerzas de Van der Waals, puentes de hidrógeno, o lábiles, como los enlaces disulfuro.

En condiciones agresivas, estas interacciones cesan. Por ejemplo, si se retira el agua, no puede haber puentes de hidrógeno. Los puentes disulfuro se rompen en condiciones reductoras. En cualquier caso, al aumentar la temperatura la agitación térmica se hace más intensa y las fuerzas intermoleculares no son suficientes para mantener la estructura.

En estos casos, la cadena de aminoácidos tiende a desplegarse de una forma arbitraria, perdiendo su estructura tridimensional y pasando a ser un conjunto de cadenas deshilachado. A menudo se establecen en estas condiciones interacciones intermoleculares que se observan como cambios dramáticos en las propiedades reológicas del alimento.

Los cambios que ocurren en todos los procesos de cocinado pueden ser atribuidos al menos en parte a la desnaturalización de proteínas.

Un **ejemplo** en el que la desnaturalización de proteína es crítica es en los procesos de pasteurización de derivados de huevo. El huevo pasteurizado (o sus derivados, como yema, claras o mezclas) ha de ser pasteurizado a temperaturas bajas, que no pueden superar los 62°C. El control estricto de la temperatura en estos procesos es crítico.

### 3.3.2 *Hidrólisis química y enzimática.*

Las proteínas experimentan reacciones de la cadena que tienen lugar entre los enlaces peptídicos formados entre aminoácidos. Estas reacciones tienen lugar con la incorporación de una molécula de agua para reponer el H- del grupo amino escindido y el -OH del grupo carbonilo. Por ello se denominan hidrólisis.

La hidrólisis puede ser una reacción indeseable o deseada, ya que puede estropear el alimento aunque, por otra parte, también sirven para fabricar alimentos especiales.

**La hidrólisis es indeseable** cuando estropea la calidad de los alimentos. Esto ocurre porque la rotura de las cadenas provoca cambios reológicos en los alimentos, incluso en su estado de agregación (la gelatina se licua en presencia de papaína, enzima proteolítica contenida en frutas tropicales, porque rompe las cadenas de colágeno).

**La hidrólisis es el fundamento de fabricación de algunos alimentos**, como hidrolizados de cereales, muy útiles en alimentos para niños o ancianos o en cualquier condición clínica en la que su fácil digestibilidad pueda ser útil

Estas reacciones pueden tener lugar de forma puramente química o pueden ocurrir por estar catalizadas por una enzima. La naturaleza de cada una es muy diferente.

La **Hidrólisis Química** tiene lugar cuando las condiciones ambientales favorecen la rotura del enlace peptídico. Esto suele ocurrir cuando se fijan valores extremos del pH, normalmente acompañados de alta temperatura, dando lugar a hidrólisis ácida o alcalina. Son métodos de hidrólisis que se pueden usar para obtener desde mezclas de polipéptidos de diversa longitud media, hasta aminoácidos, a partir de proteínas. Sin embargo, dadas las condiciones extremas en las que se verifican pueden tener lugar reacciones de degradación secundarias que no hacen de este método el más apto para la producción de alimentos.

La **Hidrólisis enzimática** está catalizada por enzimas y puede transcurrir en condiciones mucho más suaves de pH y temperatura. Las enzimas, además, tienen una mayor especificidad y pueden elegirse para atacar solo determinados sustratos y romper sólo determinados enlaces, por lo que es posible controlar con precisión el producto resultante.

La hidrólisis enzimática da productos uniformes, de composición conocida y de buena calidad.

Ejemplos de enzimas proteolíticas son la tripsina, muy activa e inespecífica, que se puede usar para obtener péptidos muy cortos o aminoácidos, o la papaína, que ha sido comercializada como ablandador de carne.

### 3.3.3 *Reacciones con azúcares*

Los grupos amino de algunos aminoácidos terminales pueden reaccionar de forma irreversible con los grupos carbonilo de algunos azúcares reductores (como la glucosa) dando compuestos que hacen perder la funcionalidad de la proteína al alterar su conformación o solubilidad.

Una de estas reacciones es el denominado “pardeamiento de Maillard”, que resulta en compuestos de un característico color marrón que entran en la composición de alimentos como la corteza del pan y el color dorado de otros productos horneados. Por el contrario, es indeseable en productos como la leche, que puede pardearse durante la esterilización térmica si el proceso no es adecuado.

La reacción de Maillard se describe en la sección de hidratos de carbono.

### 3.3.4 Pirólisis y carbonización

Son enérgicas reacciones de degradación de las proteínas causadas por temperaturas muy elevadas y que son, en general, indeseables por producir intermedios radicalarios y sustancias potencialmente cancerígenas, como los benzopirenos.

Las reacciones de pirólisis conllevan la rotura de las cadenas carbonadas de los aminoácidos, y no solo de los enlaces peptídicos. En la carbonización ocurren además deshidrataciones y pérdida de volátiles que reducen la parte carbonizada del alimento a una sustancia de composición indefinida y reducido valor nutritivo.

Por otra parte, también forman parte de algunas técnicas de cocinado como el asado a la plancha, a la parrilla o en barbacoas, siendo estos productos de la degradación una parte importante del sabor y del olor típico de estos productos.

## 4 Lípidos

Los lípidos son una familia muy amplia de sustancias que incluye compuestos de muy diversa naturaleza. Tienen en común que se disuelven en disolventes relativamente apolares, y esto es lo que los diferencia de proteínas e hidratos de carbono a la hora de clasificarlos.

En este tema nos vamos a ceñir a los lípidos que desempeñan el papel de macronutrientes, que son las **grasas**, así como algunos de sus derivados inmediatos. Veremos también brevemente el colesterol, por la importancia que tiene en la formulación de nuevos alimentos. En un apartado posterior, veremos algunas sustancias de naturaleza lipídica que no son estrictamente nutrientes pero tienen gran importancia en la calidad organoléptica de los alimentos, como son pigmentos y aromas.

### 4.1 Grasas y sus derivados

Químicamente, las grasas son ésteres de los ácidos grasos con el triálcohol glicerina o glicerol (trihidroxiopropano). Por ello se les denomina genéricamente triacilgliceroles o triacilglicéridos. En algunas grasas modificadas el glicerol se encuentra esterificado sólo parcialmente, dando mono o diglicéridos (mono o diacilgliceroles, para ser correctos). Estos productos artificiales tienen gran interés en la fabricación de alimentos ya que actúan como emulgentes, o modificadores de la textura.

Los **ácidos grasos** que forman parte de las grasas son ácidos orgánicos, que por lo tanto contienen el grupo carbonilo  $-\text{COOH}$  y una cadena carbonada lineal. Con raras excepciones, todos los ácidos grasos de origen natural contienen un número par de carbonos.

Los ácidos grasos contenidos en las grasas de interés alimentario pueden tener insaturaciones (dobles enlaces) en la cadena carbonada. Aunque el número más habitual de insaturaciones es 1, hay ácidos grasos poliinsaturados con hasta 6 insaturaciones y algunos de éstos son muy importantes en la alimentación humana por ser nutrientes esenciales (que el organismo no puede sintetizar y han de ser ingeridos con la dieta). Las insaturaciones nunca son conjugadas y de forma natural siempre tienen lugar en la forma isomérica *cis* (de hecho, las grasas *trans* han sido clasificadas a menudo como indeseables).

Los ácidos grasos se nombran escribiendo el número de carbonos seguido de dos puntos y el número de insaturaciones que tiene. Además, los ácidos grasos más habituales tienen un nombre común clásico. Por ejemplo, el ácido característico del aceite de oliva tiene 18 carbonos y 1 insaturación, por tanto, se denomina 18:1. Es conocido clásicamente como ácido **oleico**.

Cuando es necesario indicar la posición de las insaturaciones, se hace indicando el número de carbonos que distan desde el último carbono de la cadena, el más lejano del grupo carboxilo (por eso se denomina carbono  $\omega$ ). Para ello se escribe la letra omega seguida del número de carbonos que

separan a la instauración del carbono distal. Por ejemplo, el ácido de 20 carbonos con 5 insaturaciones que empiezan a 3 carbonos del átomo omega se denota 20:5 $\omega$ 3, y se denomina Eicosapentaenoico (EPA).

#### 4.1.1 Valor nutritivo

Las grasas son los macronutrientes más energéticos por su estado de oxidación muy reducido. Son un importante vehículo (acompañamiento) de proteínas y dan a los alimentos sabor y olor.

Además, las grasas, especialmente las de origen marino contienen algunos ácidos grasos que el organismo humano no puede sintetizar con la suficiente rapidez como para cubrir sus necesidades. Estos se conocen como ácidos grasos esenciales y son el araquidónico y el eicosapentaenoico, fundamentalmente.

#### 4.1.2 Tipos de grasa y calidad

Las principales diferencias entre las grasas aptas para ser empleadas como alimento vienen dadas por la longitud y grado de insaturación de sus ácidos grasos constituyentes. Aunque las grasas se pueden clasificar de esta forma, resulta más conveniente describirlas por el tipo de alimento del que proceden, ya que dentro de un mismo grupo de alimentos las grasas tienen características comunes.

Así las **grasas animales** están constituidas mayoritariamente por ácidos grasos saturados de 16 y 18 carbonos. Las grasas saturadas cristalizan más fácilmente y por ello son sólidas a temperatura ambiente. Grasas comerciales de este tipo son la mantequilla, la manteca de cerdo, sebo de vaca y las “pellas” o depósitos grasos que rodean las vísceras de algunos animales y que son muy apreciadas culinariamente.

La distribución de ácidos grasos en la grasa de un animal puede depender mucho de su alimentación.

Las **grasas vegetales** suelen tener más insaturaciones aunque algunas son saturadas, como la del cacao, palmiste y copra de coco, por lo que aparecen de forma sólida.

Los aceites, como se suele denominar a las grasas líquidas, son de origen vegetal característico y se caracterizan por su insaturación. Aceites como el de oliva tienen una composición predominantemente en AG monoinsaturado 18:1 (oléico). Otros aceites tienen un mayor grado de insaturación, como el de algodón, girasol o lino, que contienen ácidos diinsaturados (linoleico) y triinsaturados (linolénico).

Los **aceites marinos** se caracterizan por tener un mayor grado de insaturación, siendo habituales hasta 5 (eicosapentaenoico 20:5) y 6 (docosahexaenoico, 22:6) insaturaciones. Es de destacar que las insaturaciones de estos aceites comienzan a 3 carbonos del extremo distal de la cadena, siendo por tanto el grupo de grasas denominadas  $\omega$ 3.

A estas grasas se les ha atribuido recientemente un papel destacado en la regulación de los niveles de colesterol y triacilglicéridos en el plasma humano, por lo que se les denomina “grasas saludables” y han sido introducidos en algunos alimentos, como leche o margarinas.

#### 4.1.3 Alimentos fuentes de grasa.

Las grasas se encuentran muy ampliamente distribuidas en los alimentos en mayor o menor grado. Entre los alimentos más importantes de contenido graso por su cantidad o interés podemos citar los siguientes

Los **tejidos grasos animales**: contienen grasas mayoritariamente saturadas. Entre éstos se pueden mencionar el sebo de vaca la manteca de cerdo, las vísceras y las “pellas”. Son importantes

por sus cualidades mecánicas (son sólidas muchas de ellas). El sebo de vaca es un importante producto industrial destinado a la fabricación de jabones, ácidos grasos y glicerina.

Los **lácteos** son también un grupo con importante contenido en grasa que es predominantemente saturada. Especialmente importante es el contenido en grasa de la mantequilla, seguida de la nata de alto contenido (heavy cream, nata para montar).

Las **semillas** (y frutos) **oleaginosas**: representan probablemente la fuente más abundante de materias grasas. Algunas grasas vegetales son saturadas, como los aceites de palma y palmiste, y otras además, de cadena corta, como el aceite de coco. Por otra parte, la mayoría de las oleaginosas contienen aceites de grados de insaturación que varían entre 1 y 3, entre los que se puede resaltar el girasol, algodón, soja, colza y el lino. La conservación de los aceites poliinsaturados es complicada, ya que tienden a oxidarse y a polimerizarse. A menudo es necesario envasarlos en botella opaca, de pequeño volumen y se han de mantener refrigerados.

La hidrogenación catalítica eleva la saturación de estas grasas, estabilizándolas y solidificándolas, pero haciéndoles perder totalmente sus propiedades saludables..

Los **aceites marinos**: se caracterizan por su elevado grado de insaturación y por la abundancia de ácidos  $\omega 3$ . La fuente más abundante de estos aceites son algunos tejidos provenientes de especies marinas, especialmente las vísceras (hígado de bacalao, halibut ... etc). También se pueden obtener en algunos casos de microorganismos.

#### 4.1.4 Reacciones químicas.

**Hidrólisis**: Es la reacción más habitual. Conlleva la ruptura del enlace ester con el glicerol y la aparición de ácidos grasos libres que comunican mal sabor al producto y son irritantes y ligeramente tóxicos. El **refinado** de aceites tiene por objeto precisamente rebajar el contenido de estos ácidos grasos libres mediante un lavado con agua moderadamente alcalina.

La hidrólisis puede tener un origen meramente químico o estar producida por un mecanismo enzimático. Los tejidos animales y vegetales contienen **lipasas** que se pueden poner en contacto con las grasas tras la desorganización de los tejidos y producir hidrólisis. Si es el caso, las lipasas deben ser desactivadas térmicamente.

#### Saponificación

Es una reacción de hidrólisis química provocada por la adición de un cáustico como NaOH, KOH o alguna lejía, en el caso de jabones industriales. El resultado es la ruptura del enlace ester y la aparición de las sales alcalinas de los ácidos grasos mezcladas con la glicerina. El producto es el **jabón**.

La saponificación ha sido sustituida por la hidrólisis catalítica a alta temperatura.

**Pirólisis**: Es una destrucción térmica provocada por la alta temperatura. Implica la destrucción del enlace ester en primer lugar y procede con volatilización de ácidos grasos, oxidaciones diversas y formación de acroleína por la degradación de la glicerina. Ocurre cuando se ve el aceite caliente desprendiendo un humo blanco y es muy perjudicial para la calidad del aceite con vistas a la fritura.

**Oxidación, Peroxidación, polimerización**: Los aceites insaturados pueden reaccionar con el oxígeno del aire con facilidad. Esta reacción es radicalaria y está promovida por la luz. Los peróxidos pueden ser intramoleculares, formando compuestos con típico sabor a “rancio”, o intermoleculares, lo que llega a dar lugar a una polimerización con formación de un gel que llega a endurecerse. Esta

reacción es típica de los “aceites secantes”, como el de linaza, que tienen aplicación en la fabricación de barnices.

### Hidrogenación catalítica

Las grasas insaturadas admiten la incorporación de H<sub>2</sub> en sus dobles enlaces en procesos catalíticos llevados a cabo en atmósfera de hidrógeno a alta temperatura. La hidrogenación estabiliza las grasas insaturadas rindiendo productos sólidos de baja instauración que son la base para la fabricación de margarinas. Los procesos de hidrogenación son incompletos y siempre dejan algunos dobles enlaces. Algunos de estos dobles enlaces residuales aparecen en posición trans, dando origen a unas sustancias que no ocurren en la naturaleza. Se ha sugerido que estas grasas trans podrían no metabolizarse correctamente y

#### 4.1.5 Índices de calidad.

Los siguientes índices analíticos se emplean a menudo como parámetros de calidad o como un índice del estado de degradación de las grasas.

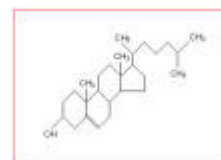
Índice	Calidad que mide	Concepto
Índice de iodo.	Insaturación.	g de I <sub>2</sub> absorbidos por 100 g de grasa.
Índice de refracción.	Insaturación.	Correlación con índice de iodo.
Índice de saponificación.	Proporción de grupos de éster por g de grasa, que depende de la longitud de los ácidos grasos.	mg de KOH necesarios para saponificar 1 g de grasa.
Índice de acetilo.	Grupos -OH libres, en los glicéridos.	Después de acetilar la grasa, mg de KOH necesarios para saponificar los grupos acetato de 1 g de grasa.
Índice de Reichert-Meissl.	Ácidos volátiles esterificados.	Después de saponificar las grasas con KOH y acidificar, se destilan los ácidos con vapor de agua y se valoran los ácidos volátiles destilados de 5 g de grasa.
Título.	Grado de saturación de los ácidos grasos.	Punto de fusión de la mezcla de ácidos grasos constituyentes.
Temperatura de formación de humos.	Calidad para la fritura.	Medida termométrica.
Temperatura de inflamación.	Calidad para la fritura.	Medida termométrica.
Índice de peróxido.	Grado de oxidación.	Reacción con I <sup>⊖</sup> y valoración del iodo formado por g de grasa.

## 4.2 Colesterol

El colesterol es un lípido pero no una grasa, ya que no corresponde a la estructura de glicerol esterificado con ácidos grasos que hemos descrito.

El colesterol es una de las muchas moléculas con núcleo de ciclopentanoperhidrofenantreno que existen en el cuerpo humano y que tiene notables funciones biológicas, entre las que se cuentan

- Forma parte de las membranas celulares, regulando su flexibilidad
- Forma sales biliares



- Es la base de la que se derivan multitud de hormonas esteroide con intensos efectos biológicos.

El colesterol es imprescindible para el funcionamiento fisiológico del cuerpo humano pero no es un nutriente esencial ya que el hígado humano tiene la facultad de sintetizarlo en cantidades muy superiores a las necesarias.

El contenido en colesterol es importante porque su presencia excesiva en sangre (por encima de 240 mg / 100 mL) es una condición clínica anormal denominada hipercolesterolemia que constituye un problema de salud pública en el mundo occidental por causar enfermedades coronarias.

Los alimentos más ricos en colesterol, contraindicados especialmente en casos de hipercolesterolemia, son

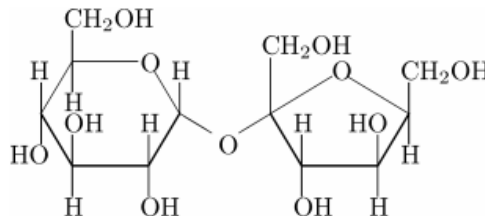
- Yema de huevo
- Sesos
- Vísceras en general.

El consumo de grasas saturadas hace aumentar el colesterol indirectamente.

El control del contenido en colesterol de los alimentos es cada vez más importante. Recientemente se comercializan alimentos funcionales que pueden bajar el colesterol al incorporar ácidos grasos  $\omega 3$  y fitoesteroles.

## 5 Hidratos de carbono

Químicamente, los hidratos de carbono son polihidroxialdehidos o polihidroxicetonas que responden a la fórmula empírica  $C(H_2O)_n$ . Hay que distinguir desde un principio entre los hidratos de carbono simples (azúcares, mono o disacáridos) y los complejos (polímeros de monosacáridos, como son los almidones, celulosa y el glucógeno)



La sacarosa, el “azúcar de mesa” es un disacárido formado por la unión de una molécula de glucosa y otra de fructosa.

### 5.1 Valor nutritivo

Tienen un papel fundamentalmente energético por su facilidad de metabolización. Carecen de cualquier papel estructural y están prácticamente ausentes de los tejidos animales.

No son compuestos esenciales ya que el organismo humano tiene la capacidad de sintetizar todos los azúcares y polisacáridos que necesita a partir de piruvato.

Sin embargo, dado que el organismo humano es incapaz convertir los ácidos grasos en azúcar que los aminoácidos producen muchos desechos al ser convertidos en hidratos de carbono, se entiende, que pese a que los hidratos de carbono no son compuestos esenciales en la dieta, en la práctica resulta **imprescindible** consumir una cantidad sustancial de éstos.



Actualmente está considerado que los hidratos de carbono deben ser la base energética de la alimentación. El cuerpo humano puede convertirlos en grasa.

En la práctica, los hidratos de carbono son usados en la industria agroalimentaria como material de relleno barato ya que se producen en el mundo en cantidades ingentes y a precios muy bajos.

## 5.2 Tipos de hidratos de carbono

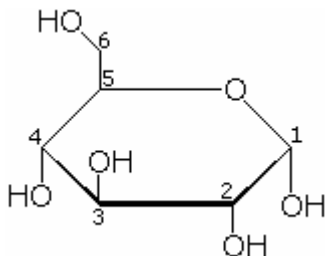
Aunque hay dos tipos básicos (polisacáridos y azúcares simples), conviene considerar un tercer y un cuarto grupo ya que incluiremos a la fibra alimentaria (otro polisacárido) y un grupo de compuestos que no son propiamente dicho hidratos de carbono pero se encuentran muy relacionados con estos, que son algunos alcoholes, como la glicerina, el etanol y algunos azúcares-alcohol que han alcanzado gran popularidad como edulcorantes en los últimos años.

### 5.2.1 Azúcares simples:

Fundamentalmente mono y disacáridos presentes de forma natural en alimentos como frutas, hortalizas, miel, azúcar refinado, raíces, leguminosas ...etc; y agregados en el proceso de fabricación de infinidad de productos manufacturados, como zumos, refrescos, salsas (tomate, mahonesa, catsup, ...), conservas, derivados lácteos, productos cárnicos, snacks, caramelos, pastelería y bollería, cereales de desayuno.

Los **monosacáridos** son azúcares que constan de una única molécula de polihidroxialdehído o de polihidroxiketona que puede tener de 3 a 7 carbonos (siendo las más comunes de 5 ó 6) y que da lugar a un gran número de isómeros ópticos de los que derivan los nombres de estos azúcares.

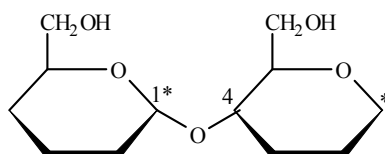
Aunque pueden ser moléculas lineales, aparecen siempre como en forma de anillos de 5 o 6 carbonos (furanos y piranosas) ya que forman enlaces internos tipo hemiacetal o hemicetal. Por ejemplo, la glucosa aparece en forma natural en conformación de piranosa.



(El enlace hemiacetal introduce un nuevo centro de simetría, dando origen a dos anómeros,  $\alpha$  y  $\beta$ ).

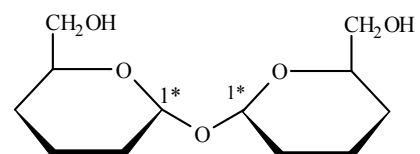
Los disacáridos son dímeros formados por dos moléculas de monosacáridos, iguales o diferentes, unidas mediante enlace glucosídico. Este enlace puede realizarse de dos formas distintas, como muestra la figura siguiente.

i)



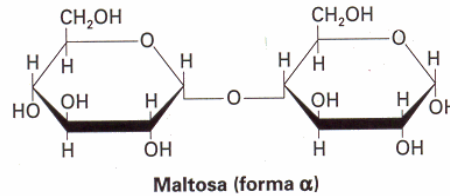
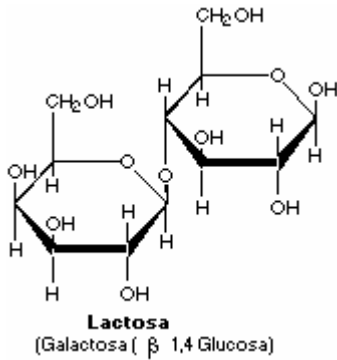
Enlace  $\alpha(1,4)$

ii)



Enlace  $\alpha(1,1)\alpha$

Los disacáridos más abundantes son la sacarosa, la lactosa, la maltosa, la isomaltosa y la celobiosa.

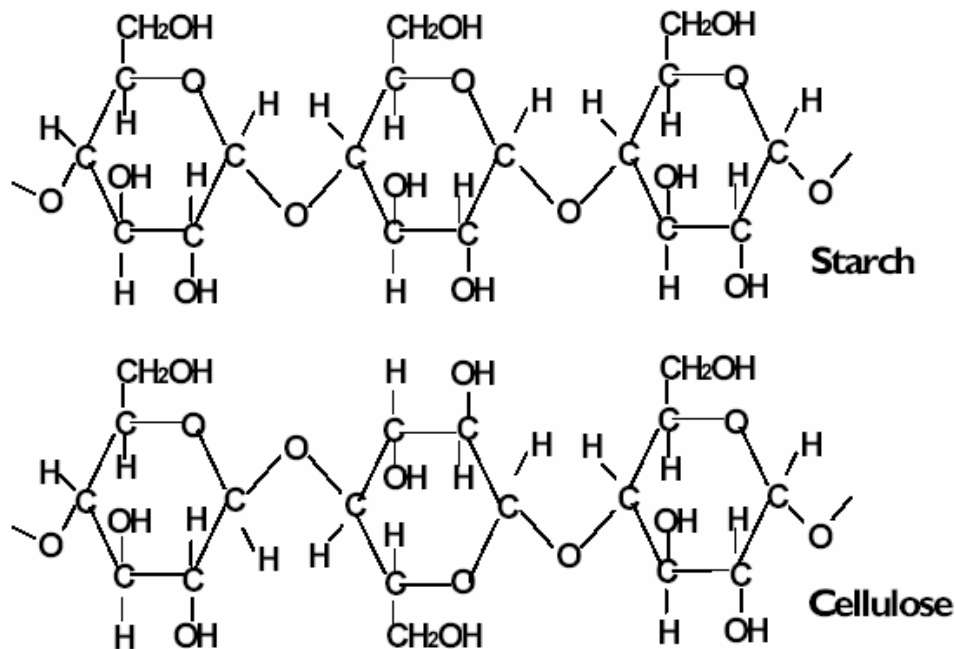


### 5.2.2 Polisacáridos y oligosacáridos:

Son glúcidos más complejos, auténticos polímeros de unidades de azúcares simples unidos formando largas cadenas. En los vegetales el polímero glucídico de interés alimentario es el **almidón**. También existe un polímero parecido en los tejidos animales, denominado **glucógeno**, aunque es de mucha menor importancia. También tiene especial relevancia alimentaria la fibra, que es otro polisacárido no digerible por el ser humano, denominado **celulosa**.

**El almidón** Es la principal reserva de hidratos de carbono que sintetizan las plantas y es también la principal fuente de glucosa para la alimentación de los animales. Está formado por una mezcla de dos polisacáridos, la amilosa (en un 20 %) y la amilopectina (en un 80 %). La amilosa es un polímero lineal de D-glucosa con uniones  $\alpha$ -(1-4) glucosídicas, que le permite adoptar una disposición tridimensional de tipo helicoidal. Por su parte, la amilopectina está constituida por restos de D-glucosa unidos por enlace  $\alpha$ -(1-4), pero presenta también ramificaciones cada 24-30 unidades de glucosa, mediante enlaces  $\alpha$ -(1-6).

En la siguiente figura se muestra la estructura del almidón y de la celulosa.



**El glucógeno** es el polisacárido de reserva de glucosa en los animales y constituye el equivalente del almidón a las células vegetales. Se halla presente en todas las células aunque preferentemente se acumula en los músculos esqueléticos y especialmente en el hígado (10 % en peso) en cuyas células el glucógeno aparece en forma de grandes gránulos.

**La celulosa** La celulosa, componente estructural primario de las paredes de la células vegetales, es un polímero lineal de glucosa unido por enlaces  $\beta$ -(1-4) glucosídicos. A diferencia de la amilosa (helicoidal y con uniones  $\alpha$ ), el enlace  $\beta$  impide que la molécula se arrolle, de forma que las cadenas de celulosa pueden adoptar una conformación plenamente extendida. Los vertebrados no poseen enzimas capaces de hidrolizar el enlace  $\beta$ -(1-4), sólo los herbívoros poseen microorganismos simbióticos con una enzima (celulasa) que permite hidrolizar los enlaces  $\beta$ -(1-4) glucosídicos.

**Alcoholes y azúcares alcohol:** Salvo la glicerina procedente de la hidrólisis de las grasas, todos los demás compuestos de esta familia pueden ser considerados como un accidente (no entran de forma natural en la composición de los alimentos). Todas estas sustancias son moderadamente tóxicas e irritantes al tracto gastrointestinal y solo se incluyen en pequeña cantidad y cuando se busca algún fin concreto. Repasemos algunos ejemplos.

La **glicerina** es absorbible y asimilable, pero resulta irritante en dosis elevadas. Debido a su elevada viscosidad, propiedades osmóticas y solubilidad en agua es usada en la elaboración de concentrados y jarabes que son consumidos en pequeñas dosis.

El **etanol** es conocido desde tiempos inmemoriales por los efectos fisiológicos que provoca su conocida intoxicación. Es el producto del catabolismo anaerobio de una levadura y su presencia se justifica por la aplicación de un método de estabilización tal y como es la fermentación alcohólica. Además de en las conocidas bebidas, aparece en cantidades moderadas en panes y productos de bollería (hasta 0,5%).

El **sorbitol** es un azúcar-alcohol. Esto es un azúcar en el que el grupo aldehído o cetona ha sido reducido a hidroxilo. Algunos poseen un poder edulcorante varias veces superior al de la sacarosa, sin llegar al de otros edulcorantes como el ciclamato, la sacarina o la fenilalanina, por mencionar algunos. Sus ventajas es que no es digerido por las bacterias de la cavidad bucal evitando el repunte ácido que se produce minutos después de la ingestión de azúcares simples. También tiene aplicación en productos bajos e calorías (mermeladas) ya que es necesario su uso en una cantidad sustancialmente menor. De hecho la cantidad diaria en la dieta debe mantenerse por debajo de 25 g en adultos, aunque muchas personas se ven afectadas por dosis mucho menores.

### 5.3 Alimentos fuentes de hidratos de carbono

Proceden de fuentes vegetales, de forma prácticamente exclusiva:

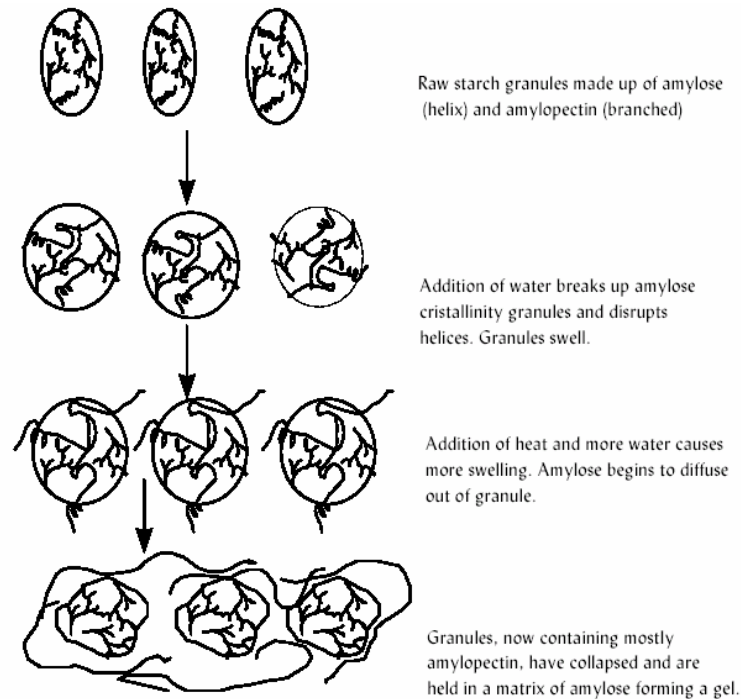
- Frutas, verduras hortalizas.
- Raíces y tubérculos (patata, zanahoria, cebollas,... etc). Es de resaltar la importancia de la remolacha azucarera.
- Cereales: Trigo, maíz, arroz, avena ... etc.
- Leguminosas

La **miel** es el único producto cuyo origen se podría considerar animal cuya composición es mayoritariamente glucídica.

### 5.4 Reacciones químicas

- La reacción de **Maillard**, descrita en el tema anterior, tiene lugar entre un grupo aldehído o cetona, proveniente de azúcares reductores, y grupos amino de aminoácidos o proteínas; los compuestos pigmentados insolubles que se producen se denominan melanoidinas, dándose también otros compuestos volátiles y solubles. Los azúcares reductores que pueden favorecer esta reacción en la corteza son las aldohexosas (glucosa) y los disacáridos (maltosa).
- **La Gelatinización** del almidón. importantísima reacción en el procesado de alimentos que ocurre en torno a los 70°C por acción del calor con importantes consecuencias. La gelatinización es un proceso de hidratación que confiere un estado gelatinoso típico de coloides coagulados (gel). Esta hidratación se consigue mediante tratamiento térmico, a veces acompañado por presión y humedad. El almidón gelatinizado ha perdido su estructura cristalina, está desplegado y es asequible a la digestión.

La reacción de gelatinización se representa en la siguiente figura:



El resultado de la gelatinización es un gel de amilosa (la parte lineal) en el que están suspendidas las moléculas de amilopectina. En esta forma el almidón es mucho más digestible y las cadenas de polisacárido son mucho más accesibles al ataque de enzimas o sustancias químicas. El almidón está siempre gelificado en el momento de servir de alimento humano.

- Hidrólisis de oligo y polisacáridos: para dar productos de menor peso molecular hasta azúcares simples. Como medio de producción se llevan a cabo de forma fundamentalmente enzimática, por ser más específicas y dar un producto uniforme. Existen muchos “azúcares líquidos” en el mercado que son productos industriales muy importantes por ser ingredientes en muchos alimentos. Estos azúcares pueden provenir de la hidrólisis enzimática de almidones, como es el caso del **licor de maíz**.

## 6 Vitaminas

Las vitaminas son compuestos químicos de naturaleza diversa que resultan imprescindibles para la vida y deben ser ingeridos con la alimentación cuando el organismo no puede sintetizarlos.

Las vitaminas son nutrientes minoritarios, es decir, se ingieren en cantidades muy inferiores a los principios inmediatos. Las cantidades diarias necesarias son del orden de mg o  $\mu\text{g}$ , según la vitamina, esto es cantidades del orden de  $10^{-5}$  a  $10^{-7}$  veces las de los macronutrientes.

La necesidad de vitaminas depende del organismo. En el caso del ser humano, las vitaminas y dosis recomendadas se muestran a continuación.

CUADRO 2.1. Principales vitaminas.

Vitaminas	Nombre	Sinónimo	DDR	Proceso bioquímico
Hidrosolubles	Vitamina C	Ácido ascórbico	60 mg	Síntesis del colágeno
	Vitamina B <sub>1</sub>	Tiamina-aneurina	1-1,5 mg	Cocarboxilasa
	Vitamina B <sub>2</sub>	Riboflavina-lactoflavina	1,2-1,6 mg	Codeshidrogenasa
	Factor P.P.	Niacina		
	Vitamina B <sub>6</sub>	Nicotinamida	15-20 mg	Transporte de H. deshidrogenasas
Liposolubles	Vitamina B <sub>6</sub>	Piridoxina	2-2,3 mg	Metabolismo aminoácidos aminotransferasas
	Vitamina B <sub>12</sub>	Piridoxal	2-3 µg	Transmetilación - Síntesis de ac. timidílico y DNA
	Ácido fólico	Cobalamina	400-800 µg	Transmetilación
	Folacina			
Liposolubles	Vitamina A	Retinol	1-2,5 mg	Biosíntesis de cartílagos y hormonas sexuales.
	Vitamina D	Calciferol	5-10 µg	Fisiología de las mucosas y de la retina
	Vitamina E	Tocoferol	10-20 mg	Regulación de la calcemia. Formación de los huesos
	Vitamina K	Fitoquinona	0,2-3 mg	Captador de peróxidos Formación de protrombina. Coagulación de la sangre

Las deficiencias en el consumo de vitaminas se manifiestan como enfermedades carenciales con síntomas característicos que remiten con la administración de fuentes de la vitamina pertinente. Caso paradigmático lo constituye el escorbuto, que es además un indicador de la necesidad del consumo de alimentos frescos y de que éstos se encuentren adecuadamente conservados.

## 7 Minerales

Los minerales pueden ser considerados micronutrientes, al igual que las vitaminas, aunque algunos de ellos se ingieren en cantidades bastante superiores a las de las vitaminas. A diferencia de éstas los minerales no se consumen en el organismo (aunque si se excretan), y pueden reutilizarse de forma que ante una carencia el organismo puede hacer un uso más económico y mantener un estado de buena salud aún con un aporte reducido de estos nutrientes, o mostrar la deficiencia como síntomas menores.

Es, por tanto difícil, recomendar una ingesta en general, de forma que en la tabla siguiente se muestra una lista de la importancia de cada elemento mineral en la composición del cuerpo humano para un adulto promedio.

Elemento mineral	mg/Kg de peso corporal
Calcio (Ca)	12000-20000
Fósforo (P)	8000-12000
Potasio (K)	2200-2600
Azufre (S)	1400-1600
Sodio (Na)	1000-1400
Cloro (Cl)	1100-1200
Magnesio (Mg)	400-500
Hierro (Fe)	60-90
Fluor (F)	20-35
Cinc (Zn)	20-30
Silicio (Si)	15-17
Cobre (Cu)	1-2
Plomo (Pb)	1-2
Selenio (Se)	0,2-0,3
Manganeso (Mn)	0,2-0,3
Arsénico (As)	0,1-0,3
Iodo (I)	0,15-0,25
Estaño (Sn)	0,15-0,2
Vanadio (V)	0,15-0,2
Molibdeno (Mo)	0,1-0,15
Níquel (Ni)	0,07-0,15
Cromo (Cr)	0,015-0,07
Cobalto (Co)	0,015-0,02

Los déficits en la ingestión de minerales aparecen a veces como enfermedades carenciales, o trastornos estructurales (caries, huesos de cristal).

## 8 Pigmentos, sabor y aroma

Son componentes de los alimentos que aparecen en cantidades muy pequeñas pero que desempeñan un papel esencial en las sus características organolépticas. Un estudio exhaustivo requiere detenerse en cada tipo de alimento (frutas, hortalizas, carne...) y aun así no es exhaustivo. De hecho se desconoce la naturaleza de muchos de estos componentes minoritarios. En los apartados que siguen se pretende dar una idea de la naturaleza de estas sustancias y de su importancia.

### Pigmentos:

Responsables del color de los alimentos, algunos han cobrado cada vez más importancia porque se les atribuyen unas acciones antioxidantes potencialmente beneficiosas, y en general protectoras del organismo. Ateniéndonos a la realidad, los pigmentos son responsables de que la yema del huevo sea amarilla, los pimientos verdes y los tomates rojos. Aunque la misión de los pigmentos pueda parecer superflua, resulta impensable para el consumidor comprar alimentos que defrauden sus expectativas sensoriales y el color es la primera que se percibe. Su preservación es, por tanto, imprescindible.

Aunque existen muchas clases de pigmentos, podemos considerar tres grandes grupos

**Clorofilas:** Color verde. Productos de degradación marrones. Frutas y hortalizas

**Carotenoides:** Familia amplia. Color naranja (beta caroteno, zanahorias), rojo (licopeno, tomate, astaxantina) amarillo.

**Antocianósidos:** Morado. Col lombarda, judías pintas

Ejemplos de algunas de estas sustancias se ven en la transparencia.

**Sabor y aroma:**

Los responsables de las sensaciones primarias del sabor son los componentes mayoritarios de los alimentos (proteínas, grasas y azúcares), la sal contenida o agregada a los alimentos, las sustancias ácidas y algunas sustancias diversas que confieren el sabor amargo. Estos sabores primarios se encuentran matizados por factores físicos como la temperatura y textura del alimento y, sobre todo, por compuestos volátiles percibidos por el olfato por vía retranasal. Estos compuestos confieren una sensación compleja de sabor-olor (en inglés se denomina “flavor”) que es la que más fácilmente se pierde y que es la que proporciona las características distintivas entre productos análogos e incluso entre diferentes marcas del mismo producto.

La naturaleza de estas sustancias es muy diversa:

1. Los aromas frutales son en gran parte debidos a esteres orgánicos (piña: caproato de etilo, plátano: acetato de isoamilo).
2. Los de muchas especias son aldehidos de diversa complejidad (canela: aldehido cinámico, pimienta: eugenol, comino, cuminaldehido).
3. Los compuestos azufrados (muchos de ellos tioles) también son un importante agente en el caso de aliáceos, coles y espárragos.

En general, la actividad microbiana sobre alimentos curados y fermentados es una de las principales fuentes de estas sustancias que aparece a causa del metabolismo del microorganismo particular y del alimento sobre el que actúe. Ejemplos son los quesos madurados y, acaso, curados, vinos, jamón serrano, embutidos madurados, ...etc.

**CUESTIONES**

- ¿Qué entiende vd. por valor biológico de una proteína? ¿Cómo se relaciona el valor biológico con los aminoácidos esenciales? ¿Por qué una mezcla de proteínas puede resultar de un valor biológico superior cualquiera de las proteínas separadas? ¿En que casos no es así?
- ¿Es lo mismo decir “lípidos” que “grasas”? Cuales son los diferentes tipos de lípidos y grasas que pueden aparecer en un alimento? Clasifíquelos.
- Cuales son las principales reacciones de degradación que experimentan los lípidos.
- ¿Puede describir la naturaleza de algunos de los compuestos minoritarios responsables del sabor en alimentos característicos como frutas, especias y aliáceos? ¿Qué puede decir respecto de las sustancias que dan color al tomate, salmón o col lombarda?
- ¿Cuáles son los macronutrientes o principios inmediatos? ¿Qué característica destacaría de cada uno de ellos?
- ¿Qué es un aminoácido esencial?



- ¿Qué entiende por desnaturalización de una proteína? ¿Qué importancia tiene la cristalización de sustancias como los hidratos de carbono?
- ¿Qué es la fibra alimentaria? ¿En que se parece y en que se diferencia del almidón? ¿Es un nutriente?
- ¿Qué diferencia a un azúcar simple de un polisacárido y de un oligosacárido?
- ¿Qué diferencia destacaría entre la glucosa y la fructosa? ¿Y entre la glucosa y la sacarosa?
- ¿Qué entiende por proteína patrón? ¿Cuál es el valor biológico de esta proteína? ¿Es posible un valor biológico superior a 100?
- ¿Es el agua un nutriente? ¿Qué entiende por “actividad del agua”?

#### BIBLIOGRAFÍA

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