

GRUPO DE BEBIDAS

Unidades temáticas

- 22. Agua y hielo**
- 23. Bebidas alcohólicas y no alcohólicas**

Objetivos didácticos

1. Definir las características de salubridad específicas de los diferentes tipos de agua en función de su utilización.
2. Esquematizar las características organolépticas, físico-químicas y bromatológicas principales de los alimentos que componen este grupo.
3. Describir los procedimientos de obtención y elaboración de las principales bebidas alcohólicas.
4. Caracterizar las modificaciones fundamentales que pueden sufrir los alimentos del grupo.
5. Fundamentar los procedimientos generales de control de calidad tanto físico-químicos como microbiológicos aplicables a los alimentos del grupo.

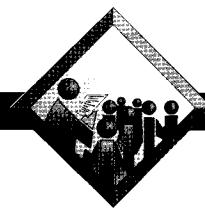
PRESENTACIÓN

El agua es uno de los nutrientes imprescindibles para la mayoría de los seres vivos y uno de los compuestos más estrictamente regulados por la mayor parte de los mismos. Tanto en el hombre como en casi la totalidad de los mamíferos terrestres, una parte muy importante de los mecanismos de regulación de la homeostasis se destina a mantener el equilibrio de este nutriente en el organismo, por lo que se trata de un alimento de importancia fundamental.

Así la primera unidad de trabajo se inicia analizando las características que debe presentar el agua para garantizar su salubridad en diferentes usos para, posteriormente, centrarnos en las aguas potables y de bebida, sin olvidar que el agua es uno de los vehículos de contaminación microbiológica más importantes. Directamente relacionado con el agua de consumo se encuentra el hielo de utilización alimenticia con cuyo estudio se concluye esta unidad.

La segunda unidad de trabajo se dedica al resto de las bebidas que, para simplificar su exposición, se han dividido en dos grandes grupos: bebidas alcohólicas y no alcohólicas. Son indiscutibles los importantes efectos indeseables de índole personal, familiar, social y económico que genera el alcohol, por lo que no podemos aconsejar su consumo; sin embargo, se debe ser consciente de que en la sociedad actual es enormemente difícil prescindir de su presencia en la alimentación general ya que su consumo forma parte no sólo del aspecto lúdico de la alimentación, sino incluso del proceso de relación social.

La segunda parte de la unidad se dedica a analizar brevemente, por la enorme variedad de productos que actualmente están disponibles en el mercado, el conjunto de bebidas no alcohólicas que, globalmente, se suelen conocer como bebidas refrescantes.



AGUA Y HIELO

1. El agua: una sustancia esencial y compleja. 2. Definiciones de agua y hielo. 3. Características físicas y organolépticas de las aguas potables. 4. Agua de bebida. 5. Aguas minerales naturales. 6. Hielo. 7. Control de calidad químico de las aguas y el hielo. 8. Control de calidad microbiológico de las aguas y el hielo.

22.1. El agua: una sustancia esencial y compleja

El agua es esencial para la vida y se considera como un alimento. Es la única sustancia que en nuestro planeta se puede presentar en los tres estados físicos. Es imprescindible para la vida por varias razones: estabiliza la temperatura corporal, porta nutrientes y productos de desecho, es reactivo y medio donde se producen reacciones, es el disolvente universal, estabiliza la conformación de los polímeros, etc.

El agua interviene en nuestra alimentación, en la preparación de alimentos, pero, además, puede ser un vector de gérmenes peligrosos.

RECUERDA...

El agua es indispensable para el organismo humano, que diariamente necesita una cantidad de uno y medio a dos litros. Parte de este agua se ingiere en los alimentos; otra porción se forma en el organismo por las combustiones de las grasas, los hidratos de carbono y las proteínas; y el déficit, a veces considerable, hay que cubrirlo con el agua de bebida.

Como se indica en el preámbulo de la Ley de Aguas; el agua es un recurso natural, escaso, indispensable para la vida y para el ejercicio de la inmensa mayoría de las actividades económicas, y es irremplazable, no ampliable por la mera voluntad del ser humano. Por tanto, es un recurso unitario, que se renueva a través del ciclo hidrológico.

Desde este punto de vista, no cabe distinguir entre aguas superficiales y subterráneas. Unas y otras están íntimamente relacionadas, tienen identidad de naturale-

za y función y, en su conjunto, deben estar subordinadas al interés general y puestas al servicio de la nación. Se trata de un recurso que ha de estar disponible, no sólo en la cantidad necesaria, sino también con la calidad precisa, en función de las directrices de la planificación económica, de acuerdo con las previsiones de la ordenación territorial y en la forma en que la propia dinámica social demanda.

Todas estas peculiaridades implican la necesidad de que los instrumentos jurídicos regulen, actualizadas, las instituciones necesarias, sobre la base de la imprescindible planificación hidrológica y el reconocimiento, para el recurso, de una sola calificación jurídica, como bien de dominio público estatal.

Así, en el BOE 189, de 8 de agosto de 1985, se publicó la nueva Ley de Aguas, que sustituyó la publicada el 13 de junio de 1879. El objeto de esta ley es la regulación del dominio público hidráulico, del uso del agua y del ejercicio de las competencias atribuidas al Estado en el marco de las competencias delimitadas en el artículo 149 de la Constitución.

Se denomina **agua potable** a aquella que posee cualidades físico-químicas, organolépticas y microbiológicas que la hacen apta para el consumo humano. Se diferencia de las aguas medicinales en el hecho de que éstas son aguas con propiedades terapéuticas reconocidas por la ley.

Las diferencias entre unas aguas y otras dependen de las sustancias que lleven disueltas y en suspensión. Al caer y atravesar la atmósfera, el agua de lluvia disuelve el oxígeno, el nitrógeno y el ácido carbónico, y arrastra los gérmenes que flotan. Si, accidentalmente, en el aire hay otros gases, como ácido nitroso, amoníaco, gas sulfúrico, etc., éstos también son disueltos, aunque el

RECUERDA...

Al observar las propiedades físicas del agua y compararlas con otras sustancias de peso molecular y composición atómica similar, se puede concluir que el agua funde y hierve a temperaturas anormalmente altas, que tiene elevados valores de tensión superficial, constante dieléctrica, capacidad calórica y calores de transición de fase, densidad baja y una viscosidad normal. Por su parte, el hielo tiene una difusión térmica, aproximadamente, nueve veces mayor que la del agua y una conductividad cuatro veces mayor que la del agua a 0°C.

Estas diferencias en la conductividad y en la difusividad térmicas del agua y del hielo sirven para explicar por qué los tejidos se congelan con más rapidez que se descongelan.

Las propiedades anómalas del agua sugieren la existencia de intensas fuerzas atractivas entre sus moléculas, que presentan unas estructuras anormales y diferentes

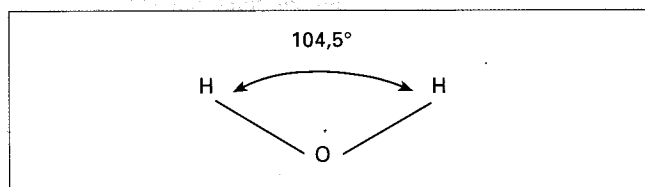


Figura 22.1. Estructura de la molécula de agua.

para el agua y para el hielo. Así, si tenemos en cuenta la estructura de la molécula de agua en estado de vapor, es un monómero (Fig. 22.1).

Sin embargo, en el estado sólido (hielo) las moléculas están ligadas entre sí por enlaces hidrógeno, constituyendo un polímero de estructura cristalina, en la cual cada monómero está unido a otras cuatro (Fig. 22.2).

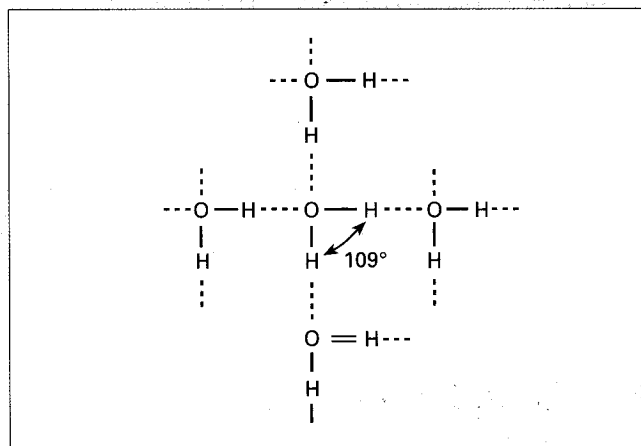


Figura 22.2. Estructura de la molécula de hielo.

agua de lluvia es muy pura y sólo contiene indicios de las últimas sustancias.

La principal mineralización del agua comienza al ponerse en contacto con el terreno, lo cual varía según la naturaleza y las condiciones de éste: así, no es lo mismo que el agua atraviese un terreno granítico que un terreno rico en selenio.

El agua atraviesa las capas porosas del terreno y llega hasta las capas impermeables. Puede reaparecer en forma de manantial o de fuente. De este modo, las aguas de los ríos, riachuelos, arroyos, etc., que corren al descubierto, tienen condiciones muy distintas a las de las aguas subterráneas y, por tanto, también difieren en su composición.

El agua se puede clasificar en:

- **Aguas de consumo:** en este grupo están el agua de distribución pública, el agua potable, las aguas de captación individual y las aguas envasadas.
- **Aguas no destinadas al consumo:** son aguas para la preparación de hielo de uso industrial, aguas para el lavado de material, aguas recicladas y aguas para agricultura.

El estudio de las aguas ofrece un gran interés desde el punto de vista higiénico, tanto más cuanto que, en muchos casos, el consumo de ciertas aguas constituye un verdadero peligro para la salud pública.

PARA SABER MÁS...

Las aguas de distribución pública corresponden a lo que se considera agua potable. Son captadas a partir de las aguas superficiales, de vetas de agua o de aguas subterráneas y, antes de su distribución, se someten a unos procesos de depuración. Estos procesos son: filtración, decantación y floculación, desinfección por ozonización o cloración por cloro o un derivado de éste.

Las aguas de captación individual proceden de fuentes o yacimientos subterráneos; sirven para abastecer casas de campo o industrias que no reciben aguas de distribución pública. Este tipo de aguas deben ser tratadas para su posterior uso.

Las aguas envasadas proceden de yacimientos subterráneos protegidos de la contaminación y no se someten a ningún tratamiento desinfectante si se envasan en condiciones de higiene para su consumo.

Con respecto a las aguas no destinadas al consumo y que tienen otros fines, como en la industria alimentaria, han de tener una calidad bacteriológica satisfactoria.

22.2. Definiciones de agua y hielo

Se ha reglamentado una serie de definiciones aplicables a los distintos tipos de aguas y hielo para unificar criterios y manejar una terminología común:

22.2.1. Aguas de bebida envasadas

Son las distintas aguas caracterizadas como minerales naturales, de manantial y potables preparadas, que se comercializan envasadas. También se incluyen aquí aquellas aguas que, por circunstancias accidentales, se distribuyen envasadas excepcionalmente (Real Decreto 1164/1991).

22.2.2. Aguas minerales naturales envasadas

Estas aguas son bacteriológicamente sanas, tienen su origen en un estrato o yacimiento subterráneo y brotan

de un manantial en uno o varios puntos de alumbramiento, naturales o perforados. Se distinguen de las restantes aguas potables en:

- Su naturaleza, caracterizada por su contenido en minerales, oligoelementos y otros componentes y, en ocasiones, por determinados efectos.
- Su pureza original, se ha conservado intacta, dado su origen subterráneo, mediante la protección del acuífero contra todo riesgo de contaminación.

Estas aguas tienen en el etiquetado unas exigencias complementarias a las generales (Cuadro 22.1).

Cuadro 22.1. Exigencias específicas del etiquetado de aguas minerales (complementarias de las generales de la RTS).

<i>Menciones</i>	<i>Criterios para efectuar las menciones, en base a contenidos</i>
De mineralización muy débil	Hasta 50 mg/l de residuo seco
Oligometálicas o de mineralización débil	Hasta 500 mg/l de residuo seco
De mineralización fuerte	Más de 1.500 mg/l de residuo seco
Bicarbonatada	Más de 600 mg/l de bicarbonato
Sulfatada	Más de 200 mg/l de sulfatos
Clorurada	Más de 200 mg/l de cloruro
Cálcica	Más de 150 mg/l de calcio
Magnésica	Más de 50 mg/l de magnesio
Fluorada, o que contiene fluoruros	Más de 1 mg/l de fluoruros
Ferruginosa, o que contiene hierro	Más de 1 mg/l de hierro bivalente
Acidulada	Más de 250 mg/l de CO ₂ libre
Sódica	Más de 200 mg/l de sodio
Indicada para la preparación de alimentos infantiles	—
Indicada para dietas pobres en sodio	Hasta 20 mg/l de sodio
Puede tener efectos laxantes	—
Puede ser diurética	—

22.2.3. Aguas de manantial envasadas

Se trata de aguas potables de origen subterráneo que emergen espontáneamente a la superficie de la tierra o que se captan mediante labores practicadas al efecto, con las características naturales de pureza que permiten su consumo, previa aplicación de los mínimos tratamientos físicos requeridos para superar los elementos materiales inestables.

22.2.4. Aguas preparadas envasadas

Se trata de aguas que, previa autorización de la autoridad sanitaria competente, se someten a unos tratamientos necesarios para reunir las características establecidas.

Se diferencian dos tipos:

- Potables preparadas, que proceden de un manantial o por captación.

- De abastecimiento público preparadas, en el supuesto de que tengan esta procedencia.

22.2.5. Aguas de consumo público envasadas

Son aquellas aguas que, de manera puntual, se envasan para una distribución domiciliaria de modo gratuito, cuando hay que suplir deficiencias en el suministro de la red general y con autorización previa.

22.2.6. Aguas potables de consumo público

Estas aguas son las destinadas para este fin, cualquiera que sea su origen, ya sea en su estado natural o después de un tratamiento adecuado. Se pueden utilizar para el consumo o para la industria alimentaria, de forma que no pueda afectar a la salubridad del producto final (Real Decreto 1138/1990).

RECUERDA...

Según su origen, las aguas se suelen clasificar de la forma siguiente:

- **Aguas meteóricas:** proceden de la lluvia o de la fusión del granizo o de la nieve. Sólo contienen disueltas aquellas sustancias que han encontrado al atravesar las capas atmosféricas. El agua recogida en las altas capas de la atmósfera es más pura. En las ciudades y centros fabriles, las aguas de lluvia arrastran los humos. Este agua recogida en balsas, aljibes y cisternas sirve para la bebida en aquellas localidades en las que no hay otra mejor.
- **Aguas fluviales:** muchas poblaciones beben agua procedente de ríos y lagos. Sus sustancias disueltas dependen de la composición del suelo de la cuenca fluvial y varían con las estaciones. Muchas aguas de

ríos son blandas, pues los bicarbonatos alcalinotérricos se descomponen y precipitan.

- **Aguas de fuente:** proceden de cualquier manto acuífero de manera que, al ser atravesado por una fisura del terreno, salen a la superficie terrestre. Las mejores son las de zonas montañosas y suelos primitivos que presentan escasa mineralización.
- **Aguas de pozo:** un pozo es una perforación artificial en el suelo que encuentra una capa acuífera, la cual puede ser freática, superficial (pocos metros) o profunda. Hay que conocer la profundidad de la capa acuífera, la cantidad y composición aproximada, si existen aguas superficiales y dónde está enclavado el pozo y si existen infiltraciones.

22.2.7. Agua potable

El agua potable reúne las características físico-químicas y microbiológicas que se indican en la Reglamentación Técnico Sanitaria de aguas.

22.2.8. Agua tratada

Se trata del agua que, habiendo sido sometida a un tratamiento adecuado, tiene las características propias de las aguas potables.

22.2.9. Agua no potable

Este agua presenta unas condiciones físico-químicas y caracteres microbiológicos o de radiactividad tales, que impiden su inclusión en alguna de las clases anteriores.

22.2.10. Agua de baño

Son aguas de baño las de carácter continental, corrientes, estancadas o embalsadas, en la que se autoriza expresamente el baño, o en las que, sin estar prohibido, se practica habitualmente por un número importante de personas (Real Decreto 734/1988).

Los recursos de agua pueden dividirse en dos grupos: aguas de superficie y aguas subterráneas.

Un porcentaje muy alto de las primeras corresponde a aguas de mar, es decir, a agua salada y cuyo uso está subordinado a técnicas de desalado, destilación, etc.; otro porcentaje corresponde a los casquetes polares. De este modo, sólo quedan disponibles las aguas de los ríos, arroyos y lagos, además de las aguas subterráneas.

La exigencia de las industrias con respecto al agua es grande. Una parte de ésta se pierde y la que vuelve a los cauces crea polución en los ríos.

La polución de las aguas es cada vez más preocupante, pues afecta a áreas más extensas: ya están afectadas playas, puertos y estuarios, con importantes arrastres de lodos, aguas fecales e hidrocarburos ligeros y pesados que amenazan la pesca y destruyen los criaderos de moluscos. Los detergentes sintéticos, por su nocividad o por su poder bactericida, se oponen al proceso de autodepuración, y los restos de abono, pesticidas y productos químicos empleados en la agricultura salifican con exceso las aguas e incrementan la polución de los ríos. La conjunción de todos estos elementos contaminantes, cuando se vierten a un río por los distintos afluentes y colectores, determinan una carga en el cauce.

Puede distinguirse una polución originada por compuestos orgánicos que influyen en el color y el sabor, y

sirve como medio de cultivo para una gran cantidad de bacterias y virus, y otra polución debida a compuestos inorgánicos que influyen en el olor, el sabor, la turbidez y la radiactividad. A su vez, cabe dividir los compuestos orgánicos en aquellos que se descomponen fácilmente y los que se descomponen con dificultad; estos últimos son tóxicos para la flora y fauna acuáticas.

Los ríos tienen poder de autodepuración, proceso que depende del número de impurezas, de su naturaleza, del volumen de agua y sus posibilidades de airearse por el batido de las aguas, de la cantidad de organismos autótrofos, de la temperatura y de la cantidad y calidad de los gérmenes presentes en la descarga de impurezas. Si el río tiene bastante curso y si la cantidad de impurezas que recibe pueden oxidarse merced a su gran dilución en agua pura y bien aireada, las bacterias aerobias restablecen el equilibrio, destruyendo la materia orgánica por procesos de óxido-reducción: el carbono se convierte en CO_2 , el cual, combinado con las bases, da carbonatos y bicarbonatos; el hidrógeno se transforma en agua; el nitrógeno pasa a amoníaco...

Este proceso es una **fermentación aerobia**. Por el contrario, si existe una polución masiva, la cantidad de oxígeno disuelto se empobrece y, entonces, la materia orgánica se degrada mediante una **fermentación anaerobia**, formándose aminas, compuestos orgánicos de azufre, de ácido sulfhídrico y fosfamina.

22.2.11. Hielo natural

Es hielo natural aquel que se obtiene mediante procedimientos no mecánicos, es decir, aprovechando los agentes atmosféricos de la naturaleza o las condiciones climatológicas propias de los períodos invernales, que congelan el agua procedente de lluvias, torrentes, estanques, etc. (Orden de 16 de agosto de 1964).

22.2.12. Hielo artificial

El hielo artificial se consigue congelando agua mediante un procedimiento físico-mecánico (Orden de 16 de agosto de 1964).

22.2.13. Hielo alimenticio

Es, únicamente, el hielo artificial fabricado a partir de agua potable que tiene los siguientes caracteres:

- Es inodoro, incoloro, insípido y está exento de impurezas visibles.
- Dar por fusión un líquido que satisface las condiciones de pureza y potabilidad exigidas para las aguas.

22.3. Características físicas y organolépticas de las aguas potables

Los caracteres organolépticos recogidos en la Reglamentación Técnico Sanitaria que deben cumplir las aguas potables son los que siguen a continuación.

22.3.1. Transparencia

El agua potable será transparente; pequeñas sustancias suspendidas la hacen opalina.

22.3.2. Color

Las aguas incoloras no existen en la naturaleza, aunque, cuando se considera un pequeño volumen, su color sea nulo. El color de ciertas aguas naturales es azul, azul verdoso, amarillo, pardo e incluso, rojizo; esto se debe a múltiples circunstancias: desde el reflujó de la luz del cielo hasta la presencia de algas o de sustancias orgánicas.

22.3.3. Olor

Las aguas son inodoras; la existencia de olor es síntoma de que presentan impurezas.

22.3.4. Sabor

El sabor es un carácter muy subjetivo. Cuando en el agua se sobrepasa una cierta cantidad de sales disueltas, aparece mal sabor.

Junto a estos caracteres organolépticos, la legislación también establece las características físico-químicas que deben cumplir las aguas potables, que son las siguientes.

22.3.5. Temperatura y reacción

La temperatura de un agua potable debe oscilar entre 7°C y 11°C. Sólo el agua fresca es agradable al paladar.

En cuanto a la reacción de las aguas potables, ésta debe ser neutra o ligeramente alcalina.

22.3.6. Nitritos, nitratos y amoníaco

La presencia de nitrógeno combinado, disuelto en las aguas potables, indica una posible contaminación.

Las aguas potables no deben contener nitritos, nitratos ni amoníaco, si bien el agua de lluvia tiene indicios de estas sustancias. En algunos casos, su presencia no implica que el agua esté contaminada. Así, por ejemplo, el cemento que se emplea para revestir las paredes de los pozos o de los acueductos puede contener nitratos solubles; igualmente, las aguas ferruginosas o manganosas reducen los nitratos disueltos a nitritos y amoníaco.

22.3.7. Ácido carbónico

El ácido carbónico se encuentra en las aguas de tres formas: como ácido carbónico combinado fuertemente, como ácido semicarbónico y como ácido libre.

Se entiende por ácido carbónico libre aquel que está sin saturar y del cual el mayor porcentaje se halla en forma de dióxido de carbono. Las aguas naturales contienen cantidades variables de CO₂; las que son muy ricas en él se denominan **acídulas** y tienen un gran valor minero-medicinal.

El dióxido de carbono disuelto está presente en las aguas de forma natural como resultado de la respiración de las plantas y los animales, la destrucción de materia orgánica y de la descontaminación de ciertos minerales. Es la mayor fuente de acidez de las aguas no polucionadas.

Las aguas superficiales contienen menos de 10 ppm de CO₂ disuelto, mientras que las aguas subterráneas, en particular, si son profundas, pueden contener varios cientos de ppm. En aguas superficiales, altos contenidos de CO₂ pueden ser indicios de descomposición orgánica o mineral anormal.

22.3.8. Oxígeno

El oxígeno está disuelto en las aguas superficiales hasta la saturación; en las profundas, puede faltar por procesos de reducción, como sucede cuando hay sales ferrosas. El oxígeno disuelto no tiene valor alguno en la alimenta-

ción humana. Sin embargo, los peces y otras formas de vida acuáticas sí son muy sensibles a su ausencia.

El nivel de oxígeno disuelto en las aguas naturales es, con frecuencia, una indicación directa de su calidad, dado que las plantas acuáticas producen oxígeno, mientras que los microorganismos normalmente lo consumen. A temperaturas bajas, la solubilidad del oxígeno aumenta, frente al verano, en que los niveles de saturación bajan.

Finalmente, hay que señalar que el oxígeno desempeña un papel importante, junto con el ácido carbónico, en la corrosión de algunos metales en las aguas agresivas.

22.3.9. Sulfatos

Los sulfatos están ampliamente distribuidos en la naturaleza. Tienen su origen en las sales que se encuentran en el suelo o en los procesos de oxidación de los sulfuros naturales.

Son muy abundantes en aguas de terrenos muy cargados de yeso, denominadas **aguas selenitosas**. Estas aguas producen incrustaciones de yeso en las calderas y son malas conductoras del calor.

Se ha designado a los sulfatos, contaminantes de segundo nivel; a ciertas concentraciones en aguas potables, afectan al sabor.

22.3.10. Cloruros

El cloruro es el ion más comúnmente encontrable en aguas y desagües. La sal, aunque es un nutriente vital para nuestros cuerpos, pasa por el sistema digestivo sin cambiar, para convertirse en la principal fuente de cloruros de los desagües primarios.

La cantidad de cloruros que contiene un agua sirve para conocer su calidad: si el terreno es granítico y las aguas están muy cargadas de sal, es posible que haya contaminación por orina de animales o humana; si es un río, la causa puede estar en vertidos industriales.

22.3.11. Hierro y manganeso

El hierro se encuentra disuelto en el agua en forma de carbonato ácido de hierro. En presencia de aire se oxida y precipita como hidróxido férrico; por esta razón el hierro prácticamente desaparece de las aguas. Si el agua es poco aireada, su presencia le comunica un sabor desagradable. En las aguas ferruginosas se desarrollan unas algas típicas que pueden llegar a obturar las conducciones.

No es conveniente este tipo de aguas en la industria alimentaria, porque perjudica notablemente la calidad de los productos. Altas concentraciones en agua super-

ficiales pueden ser indicativas de la presencia de efluentes industriales o de desechos de operaciones mineras.

Respecto al magnesio, hay que destacar que se encuentra unido al hierro y que favorece el crecimiento de algas, ocasionando las mismas complicaciones que el hierro.

22.3.12. Dureza

La dureza de las aguas se debe a la presencia de sales de calcio y de magnesio que están en disolución. Los bicarbonatos de estos elementos constituyen lo que se denomina dureza temporal. Otras sales, cloruros y sulfatos de los alcalinotérreos forman la dureza permanente; el conjunto se conoce como dureza total.

Dependiendo de la cantidad de carbonato cálcico, las aguas se clasifican en duras y blandas. Las aguas blandas o poco mineralizadas tienen un sabor menos agradable que las duras. Las aguas duras no son apropiadas para usos domésticos (procesos de cocción, lavado, etc.).

22.3.13. Materia orgánica

Las sustancias orgánicas están en las aguas en pequeña proporción, de tal modo que se valoran y cuantifican en función de la cantidad de oxígeno o permanganato potásico que necesitan para su oxidación bajo ciertas condiciones.

Para medir la materia orgánica se realiza la determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), que permite conocer el nivel de contaminación orgánica en aguas residuales. Con ella se determina la cantidad equivalente de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica de la muestra.

22.3.14. Sílice

El silicio es el segundo elemento más común de la corteza terrestre. Está presente en la mayoría de los suministros de agua natural en forma de silicatos. Es posible encontrar mayores concentraciones de sílice en aguas salobres o residuales.

22.4. Agua de bebida

Las aguas superficiales susceptibles de ser destinadas al consumo humano se clasifican en tres grupos, según el grado de tratamiento que deben recibir para su potabilización:

- **Tipo A₁:** tratamiento físico simple y desinfección.
- **Tipo A₂:** tratamiento físico normal, tratamiento químico y desinfección.

- **Tipo A₃:** tratamientos físico y químico intensivos, afinado y desinfección.

En el cuadro siguiente quedan recogidos los valores de los diferentes parámetros con los que se clasifica los tres tipos de aguas.

Cuadro 22.2. Parámetros que definen a los tipos de agua de bebida.

Parámetro	Unidad	Tipo A ₁	Tipo A ₂	Tipo A ₃
pH	—	(6,5-8,5)	(5,5-9)	(5,5-9)
Color (O)	Escala Pt	20	100	200
Sólidos en suspensión	mg/l	(25)	—	—
Temperatura (O)	°C	25	25	25
Conductividad a 20°C	µS/cm	(1.000)	(1.000)	(1.000)
Nitratos (O)	mg/l NO ₃	50	50	50
Fluoruros (1)	mg/l F	1,5	(0,7/1,7)	(0,7/1,7)
Hierro disuelto	mg/l Fe	0,3	2	(1)
Manganeso	mg/l Mn	(0,05)	(0,1)	(1)
Cobre	mg/l Cu	0,05 (0)	(0,05)	(1)
Cinc	mg/l Zn	3	5	5
Boro	mg/l B	(1)	(1)	(1)
Arsénico	mg/l As	0,05	0,05	0,1
Cadmio	mg/l Cd	0,005	0,005	0,005
Cromo total	mg/l Cr	0,05	0,05	0,05
Plomo	mg/l Pb	0,05	0,05	0,05
Selenio	mg/l Se	0,01	0,01	0,01
Mercurio	mg/l Hg	0,001	0,001	0,001
Bario	mg/l Ba	0,1	1	1
Cianuros	mg/l CN	0,05	0,05	0,05
Sulfatos (**)	mg/l SO ₄	250	250 (0)	250 (0)
Cloruros (**)	mg/l Cl	(200)	(200)	(200)
Detergentes	mg/l (laurilsulfato)	(0,2)	(0,2)	(0,5)
Fosfatos (2)	mg/l P ₂ O ₅	(0,4)	(0,7)	(0,7)
Fenoles	mg/l C ₆ H ₅ OH	0,001	0,005	0,1
Hidrocarburos disueltos o emulsionados (tras extracción en éter de petróleo)	mg/l	0,05	0,2	1
Carburos aromáticos policíclicos	mg/l	0,0002	0,0002	0,001
Plaguicidas totales	mg/l	0,001	0,0025	0,005
DQO	mg/l O ₂	—	—	(30)
Oxígeno disuelto	% satur	(70)	(50)	(30)
DBOS	mg/l O ₂	(3)	(5)	(7)
Nitrógeno Kjeldahl	mg/l N	(1)	(2)	(3)
Amoníaco	mg/l NH ₃	(0,05)	1,5	4 (0)
Sustancias extraíbles con cloroformo	mg/l SEC	(0,1)	(0,2)	(0,5)
Coliformes totales 37°C	100 ml	(50)	(5.000)	(50.000)
Coliformes fecales	100 ml	(20)	(2.000)	(20.000)
Estreptococos fecales	100 ml	(20)	(1.000)	(10.000)
Salmonellas		Ausente en 5.000 ml	Ausente en 1.000 ml	

(1) Los valores indicados constituyen los límites superiores determinados en función de la temperatura media anual (temperatura elevada y temperatura baja).

(2) Se incluye este parámetro para cumplir los requisitos ecológicos de determinados medios.

(**) Salvo que no existan aguas más aptas para el consumo.

Nota: Las cifras entre paréntesis se tomarán como valores indicativos deseables con carácter provisional.

La Reglamentación Técnico Sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público aprobadas por Real Decreto 1423/1982, de 18 de junio, fue elaborada en desarrollo

del Código Alimentario Español. No obstante la transposición de la directiva 80/778/CEE a nuestra legislación ha exigido elaborar un nuevo texto en el año 1990 (Real Decreto 1138/1990, de 14 de septiembre), texto

que no se aplica a las aguas de bebidas envasadas y reconocidas como tales ni a las aguas medicinales reconocidas como tales.

Desde un punto de vista microbiológico, es interesante saber que todavía subsisten contaminaciones debidas a diversos agentes –bacterias, virus y protozoos–, cuyo origen está en la falta de tratamientos de desinfección, en el mal funcionamiento de éstos o en accidentes técnicos.

Existen fenómenos microbiológicos que afectan al agua de abastecimiento público distribuida por redes:

- Microorganismos patógenos, generalmente, de origen fecal, con la importancia que suponen para la salud pública.
- Microorganismos indicadores de contaminación fecal, que señalan la existencia de organismos patógenos en el medio.
- Microorganismos alterantes que, debido a su desarrollo masivo, tienen efectos desagradables en el olor y sabor de las aguas.

22.4.1. Microorganismos patógenos

En todos los países desarrollados van desapareciendo las grandes endemias históricas, aunque, para garantizar esta situación, hay que mantener la vigilancia. En el siguiente cuadro se muestran las principales enfermedades de origen hídrico y sus agentes etiológicos.

Respecto a las patologías de origen bacteriano, las salmonelosis y las fiebres tifoideas han descendido espectacularmente debido al tratamiento, distribución y control del agua. Las shigelosis presentan un origen hídrico importante y en Estados Unidos siguen siendo un problema endémico. Por otra parte, aunque en Europa es rara, no se ha de subestimar la endemia de cólera mundial actual. Asimismo, ha quedado demostrada la acción de algunos *Escherichia coli* enterotóxicos en las epidemias de diarrea de los viajeros, así como su origen hídrico. Actualmente se considera a *Campylobacter jejuni* y *coli* como un agente frecuente de gastroenteritis y diarreas. También cabe destacar la frecuencia con la que *Yersinia enterocolitica* está implicada en la etiología de las gastroenteritis hídricas. Van adquiriendo importancia creciente en la patología humana las listeriosis especialmente en neonatología. Es fundamental el papel del medio externo como fuente común de contaminación; así, la listeriosis sería una enfermedad hidrotelúrica.

En cuanto a las patologías de origen viral, se ha de indicar que han sustituido a las infecciones bacterianas. Han aumentado de forma importante los casos de hepatitis, patología más importante en frecuencia, que está relacionada con el abastecimiento de aguas. La hepatis

Cuadro 22.3. Enfermedades de origen hídrico y sus agentes etiológicos.

Enfermedades	Agentes
De origen bacteriano:	
Fiebres tifoideas y paratifoideas	<i>Salmonella typhi</i> <i>Salmonella paratyphi A y B</i>
Disentería bacilar	<i>Shigella</i>
Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>
Gastroenteritis agudas y diarreas	<i>Escherichia coli</i> enterotoxigénico <i>Campylobacter jejuni/coli</i> <i>Yersinia enterocolitica</i> <i>Salmonella sp.</i> <i>Shigella sp.</i>
De origen vírico:	
Hepatitis A	Virus de la hepatitis A
Hepatitis no A no B	Virus de la hepatitis no A no B
Poliomielitis	Virus poliomielítico
Gastroenteritis agudas y diarreas	Virus de Norwalk <i>Rotavirus</i> <i>Astrovirus</i> <i>Calicivirus</i> <i>Coronavirus</i> <i>Enterovirus</i> <i>Adenovirus</i> <i>Reovirus</i>
De origen parasitario:	
Disentería amebiana	<i>Entamoeba histolytica</i>
Gastroenteritis	<i>Giardia lamblia</i>

tis A se transmite a través de un ciclo fecal-oral; el reservorio es casi exclusivamente humano. El problema de la hepatitis en salud pública se complica por el hecho de que las dos formas de hepatitis A y B, son, a menudo, imposibles de distinguir desde el punto de vista clínico, así como porque existen otros virus responsables de la hepatitis: el virus delta que, siendo distinto del A y del B, necesita que exista el B para desarrollarse; los virus no A y no B, que constituyen un grupo heterogéneo; otros virus que están próximos a los virus A y se transmiten por vía fecal-oral; y otros parecidos al virus B que se transmiten por vía sanguínea.

Las infecciones relacionadas con el agua de bebida son principalmente gastroentéricas o diarreicas; de muchas de ellas se desconoce su origen; algunas son de etiología viral.

Respecto a las patologías de origen hídrico debidas a protozoos, destacan los casos de giardiasis. Su origen está en el consumo de aguas de superficie consideradas de excelente calidad, exentas de contaminación fecal y no sometidas a un tratamiento completo, sino sólo a desinfección simple. Los quistes de *Giardia* son resistentes

tes a los agentes clorados. Por otra parte, la amebiasis, erróneamente considerada como una enfermedad exclusivamente tropical, es un problema en los países templados, incluso, en los fríos. Las cepas de *Entamoeba histolytica* presentes en nuestras latitudes son capaces de desencadenar la amebiasis en condiciones favorables.

En resumen, las enfermedades de origen hídrico han experimentado una gran transformación a lo largo del tiempo. A principios de siglo han predominado las infecciones bacterianas, shigelosis, salmonelosis, etc. A mediados de siglo, empezó a dominar la hepatitis. A partir de 1970, son las giardiasis las que han predominado; así, las gastroenteritis víricas y las giardiasis aumentarán en el futuro, y sufrirán una regresión las enfermedades de origen bacteriano.

EN RESUMEN...

La flora del agua es variada:

- Gérmenes habituales del agua: bacterias de los géneros *Vibrio*, *Pseudomonas*, *Chromobacter*, *Achromobacter* y *Corynebacterium* y algas microscópicas.
- Gérmenes de origen telúrico: bacterias esporuladas, *Bacillus*, *Clostridium*, género *Streptomyces* y, a veces, esporas fúngicas.
- Gérmenes de origen humano o animal que, con frecuencia, son patógenos, como *Enterobacteriaceae* de origen intestinal, *Escherichia coli*, coliformes fecales, *Salmonella*, *Shigella*, *Streptococcus fecales*, *Clostridium perfringens*, *Vibrio cholerae*, etc.

El agua también es transmisora de virus (poliomielitis, hepatitis vírica).

22.4.2. Microorganismos indicadores

La mayoría de las bacterias patógenas encontradas en el agua que producen infecciones proceden del tubo digestivo de los seres humanos y de los animales. Además de éstas, existen otras del mismo origen: son las bacterias indicadoras de contaminación fecal, susceptibles de investigación en tanto que indicadoras de riesgo. Podemos distinguir dos tipos de indicadores:

- Los indicadores de contaminación, existencia eventual de bacterias patógenas.
- Los indicadores de tratamiento, que permite evaluar la eficacia de un determinado tratamiento frente a un microorganismo concreto o frente a un grupo definido.

Normalmente, los mismos gérmenes sirven para este doble objetivo. Al elegir los indicadores se deben tener en cuenta algunos criterios:

- Estarán presentes cuando los microorganismos patógenos lo estén.

- Aparecerán en mayor número que los patógenos.
- Se comportarán de igual forma que los patógenos durante su desarrollo natural y en el curso de los procesos de tratamiento de las aguas.
- Se podrán detectar, cuantificar e identificar por métodos sencillos.

Entre los indicadores propuestos destacan los coliformes y los estreptococos del grupo D.

YA SABEMOS...

Los coliformes, según definición ISO y lo que ya se ha señalado en las otras unidades, son bacilos G-, no esporulados, oxidasa negativos, aerobios o anaerobios facultativos, que pueden multiplicarse en presencia de sales biliares o de otros agentes con actividad de superficie y son capaces de fermentar la lactosa, con producción de ácido y de gas en cuarenta y ocho horas a una temperatura de 35°C a 37°C. Las especies son: *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* y *Klebsiella oxytoca*, *Enterobacter cloacae* y *Enterobacter aerogenes*, *Citrobacter freundii*, *Citrobacter diversus* y *Citrobacter amalonatica*.

Los estreptococos son cocos G+, en cadena, catalasa negativos y poseen el antígeno del grupo D. A menudo se les conoce como estreptococos fecales. Es frecuente clasificar los estreptococos del grupo D en:

- Enterococos: especies *Streptococcus faecalis*, *Streptococcus faecium*, *Streptococcus durans* y *Streptococcus avium*.
- No enterococos: especies *Streptococcus bovis* y *Streptococcus equinus*.

Desde hace tiempo se han propuesto pruebas a altas temperaturas para la investigación de coliformes fecales, estableciendo, así, una distinción entre cepas de origen fecal y cepas de origen no fecal. En estas pruebas de temperaturas altas se utiliza una temperatura comprendida entre 44°C y 44,5°C; 41°C es la más adecuada.

Desde el punto de vista fisiológico, se distinguen dos tipos de coliformes:

- Los coliformes fecales, con crecimiento rápido en caldo nutritivo a 41°C; no se multiplican a 4°C y son mesófilos.
- Los coliformes no fecales, de origen acuático o procedentes del suelo, se multiplican a 4°C y son incapaces de hacerlo a 41°C; son psicrotrofos.

Los estreptococos del grupo D constituyen un grupo muy heterogéneo; abundan en las materias fecales del hombre y de los animales. En los animales son más numerosos los estreptococos que los coliformes; en el ser humano sucede lo contrario. La Unión Europea no tolera ni coliformes ni estreptococos del grupo D en las aguas de bebida.

22.4.3. Microorganismos autóctonos

El agua, independientemente de su origen, jamás es estéril. Contiene una flora bacteriana más o menos variada y abundante de forma natural. Estas bacterias no precisan muchos requisitos en cuanto a materia orgánica y, por tanto, pueden multiplicarse y producir alteraciones.

Existen unos microorganismos que intervienen en los procesos de oxidación de los iones ferrosos en iones férricos: son las bacterias ferruginosas. Se clasifican en tres grupos: bacterias filamentosas, familia *Chlamydo-bacteriaceae*, géneros *Sphaerotilus* y *Leptothrix*; bacterias pedunculadas género *Gallionella* y algunos miembros del grupo *Thiobacillus*.

Las ferrobacterias existen en gran abundancia en las aguas antes de su canalización y sin estar en contacto con metales ferrosos. En las canalizaciones encuentran las condiciones favorables para su desarrollo: se acumulan en todos los sitios donde disminuya la velocidad de la corriente, lo que permite su sedimentación. Aquí se produce un desarrollo anormal de estas bacterias que, eliminando el oxígeno del medio, crean una atmósfera anaerobia favorecedora de putrefacción de la materia orgánica y crean olores y sabores anormales.

Otros microorganismos autóctonos son las denominadas bacterias sulfato reductoras, que intervienen en la reducción del azufre. Son bastante conocidas, pues son responsables de los fenómenos de corrosión de los metales ferrosos, destrucción o transformación de metales, es decir, de retorno a su estado natural de los metales preparados industrialmente. Estos microorganismos están ampliamente distribuidos: suelos, aguas dulces, aguas saladas, tubo digestivo del hombre y animales, y utilizan los sulfatos y los sulfuros como aceptores de electrones, género *Desulfuromonas*.

22.5. Aguas minerales naturales

La *Draft European Regional Standard* (FAO/OMS, 1997) establece una serie de diferencias que separan el agua mineral natural del agua de bebida ordinaria:

- Procede directamente de un manantial o de una perforación subterránea hasta llegar a la bolsa de agua.
- Se ha de recoger en unas condiciones que garanticen su pureza bacteriológica original.
- No se debe someter a ningún tratamiento, excepto los de decantación, sustitución de gas o embotellado.
- El cierre de la botella ha de hacerse en origen, al salir el agua del manantial.

- Se caracteriza por el contenido en ciertas sales minerales y en sus proporciones relativas, así como en la presencia de indicios de ciertos elementos u otros constituyentes.

El agua mineral natural debe contener, el menos, 1.000 mg por litro de sales disueltas, tasa que puede ser inferior en las aguas carbonatadas.

El agua mineral natural, tras su salida del manantial y posterior embotellado, contiene pocos microorganismos, de 10/ml a 100/ml. Esta microflora autóctona o natural se compone, principalmente, de bacterias G-, especies de los géneros *Flavobacterium*, *Cytophaga*, *Micrococcus* y *Nocardia*. Se trata de una flora aerobia y psicrótrofa, con bajas necesidades de nitrógeno.

Tras el embotellado, comienzan a multiplicarse las bacterias autóctonas, debido al paso de un sistema abierto a otro cerrado. Se produce un crecimiento crítico, es decir, aumentos y descensos alternativos en el número de bacterias, y cada nueva población de bacterias se compone, a menudo, de especies distintas a las anteriores, ya que utilizan como nutrientes los microorganismos muertos de la población anterior. Este crecimiento es completamente normal.

Otro tipo de flora de las aguas minerales procede de una fuente exógena; son las denominadas bacterias alóctonas, producidas por el almacenamiento previo al embotellado, del aire del entorno o del propio embotellado. Las bacterias más resistentes son mesófilas G-, especies de *Pseudomonas cepacia*, *Pseudomonas fluorescens* y *Pseudomonas aeruginosa*.

Respecto a los microorganismos patógenos, hay que señalar que, según investigaciones, la inoculación de especies patógenas en el agua mineral natural y su posterior almacenamiento a 20°C ocasiona un lento pero definido descenso de la tasa bacteriana tras varias semanas. La epidemia de cólera que hubo en Portugal en 1974 tuvo en el agua mineral no carbonatada uno de sus principales vehículos, lo que evidencia la necesidad de seguir métodos de fabricación adecuados y de aplicar un control microbiológico eficaz en la producción de estos tipos de agua.

La carbonatación del agua mineral a unos niveles de tres a cinco volúmenes de CO₂ tiene un efecto bactericida sobre la mayoría de las bacterias, debido al descenso del pH que acompaña a la carbonatación y al efecto *per se* del dióxido de carbono.

Las aguas minerales no deben contener microorganismos patógenos; en general los criterios microbiológicos que se han de seguir son los mismos que para el agua de bebida.

22.6. Hielo

Si partimos de la Reglamentación Técnico Sanitaria (Orden de 16 de agosto de 1964), veremos que el hielo se define como el agua convertida en cuerpo sólido por un descenso suficiente de la temperatura. Se distinguen dos tipos de hielo: natural y artificial. El hielo natural es el que se obtiene por procedimientos no mecánicos, aprovechando los agentes atmosféricos de la naturaleza o las condiciones climatológicas propias de los períodos invernales, que conducen a la congelación del agua. El hielo de tipo artificial es el que resulta de congelar agua mediante algún proceso físico-mecánico.

Se denomina hielo alimenticio al hielo artificial, fabricado a partir de agua potable, y que reúne los siguientes caracteres:

- Es inodoro, incoloro e insípido y está exento de impurezas visibles.
- Da por fusión un líquido que satisface las condiciones de pureza y potabilidad exigidas para las aguas.

Hay varias clases de hielo alimenticio:

- **Mate u opaco:** se elabora congelando agua potable en reposo; su aspecto es lechoso.
- **Claro o semitransparente:** se fabrica congelando agua potable, agitada mecánicamente durante el proceso. Es transparente en todo su espesor, excepto en el núcleo, que será opaco.
- **Cristalino:** se prepara exclusivamente con agua destilada o desionizada y privada de aire. Debe ser transparente en toda su masa.

Teniendo en cuenta la definición de hielo alimenticio, sólo nos queda señalar que las condiciones de calidad son las mismas que las referidas al agua potable.

22.7. Control de calidad químico de las aguas y el hielo

La Orden de 1 de diciembre de 1981 aprueba la metodología que se ha de seguir para la toma de muestras de aguas potables de consumo público, con el fin de determinar sus características físicas, químicas y microbiológicas. Este método se aplica a todos los tipos de muestreo de aguas: manantiales, pozos, ríos, lagos, redes de distribución, depósitos, etc.

Existen varios tipos de tomas de muestra para el control de calidad físico-químico:

- **Muestras simples:** son las tomadas en un tiempo y un lugar determinado para su análisis individual.

- **Muestras compuestas:** se obtienen por mezclas y homogeneización de muestras simples recogidas en el mismo punto y en tiempos diferentes.
- **Muestras integradas:** proceden de mezclas de muestras simples recogidas en puntos diferentes simultáneamente.

Dependiendo de los tipos de análisis, del lugar donde se realice la toma de muestras – a la salida de la planta de tratamiento, en la red de distribución...– y del número de habitantes de la población, se determina la periodicidad del análisis, así como la cantidad de toma de muestras. Asimismo, se especifica cómo han de ser los materiales de la recogida de muestras: deberán ser de vidrio neutro o de material de plástico, cumplirán una serie de requisitos, estarán escrupulosamente limpios y se enjuagarán con agua destilada o desmineralizada.

El Real Decreto 1138/1990, de 14 de septiembre, aprueba la Reglamentación Técnico Sanitaria para el abastecimiento y el control de calidad de las aguas potables de consumo público. A efectos legales, en esta reglamentación se define lo que se entiende por aguas potables de consumo público y se fijan con carácter obligatorio, las normas técnico-sanitarias para la captación, el tratamiento, la distribución y el control de calidad de estas aguas.

Tras definir las aguas, se han de establecer sus características organolépticas y físico-químicas, así como los valores que pueden ser tolerables (Cuadro 22.4).

Se establecen cinco modalidades de análisis para el control analítico de la potabilidad de las aguas distribuidas:

- **Análisis mínimo**, que incluye:
 - Caracteres organolépticos: olor y sabor (cualitativo).
 - Caracteres físico-químicos: conductividad.
 - Caracteres relativos a sustancias no deseables: nitritos, amoníaco.
 - Agentes desinfectantes: cloro residual.
- **Análisis normal**, que incluye:
 - Caracteres organolépticos: olor, sabor y turbidez (mediante nefelometría).
 - Caracteres físico-químicos: temperatura, pH y conductividad.
 - Caracteres relativos a sustancias no deseables: nitritos, nitratos, amoníaco y oxidabilidad al permanganato.
 - Agentes desinfectantes: cloro residual u otro agente desinfectante autorizado.

Cuadro 22.4. Características organolépticas y físico-químicas de aguas potables de consumo público.

Caracteres organolépticos					
	<i>Parámetros</i>	<i>Expresión de los resultados</i>	<i>Nivel guía</i>	<i>Concentración máxima admisible</i>	<i>Observaciones</i>
1	Color	mg/l escala Pt/Co.	1	20	Medición sustituida en determinadas circunstancias por la de la transparencia valorada en metros con el disco de Secchi: – Nivel guía: 6 metros. – Concentración máxima admisible: 2 metros.
2	Turbidez	mg/l SiO ₂	1	10	
		Unidades Jackson.	0,4	4	
		Unidades nefelométricas de formacina (UNF).	1	6	
3	Olor	Índice de dilución.	0	2 a 12°C 3 a 25°C	Relacionar con las determinaciones gustativas.
4	Sabor	Índice de dilución.	0	2 a 12°C 3 a 25°C	Relacionar con las determinaciones olfativas.
Caracteres físico-químicos (En relación con la estructura natural de las aguas)					
	<i>Parámetros</i>	<i>Expresión de los resultados</i>	<i>Nivel guía</i>	<i>Concentración máxima admisible</i>	<i>Observaciones</i>
5	Temperatura	°C	12	25	El agua no debería ser agresiva. Los valores del pH no se aplican a las aguas acondicionadas
6	Concentración en ion hidrógeno	Unidad pH	$6,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$	9,5	
7	Conductividad	S·cm ⁻¹ a 20°C	400	–	En correspondencia con la mineralización de las aguas. Valores correspondientes de la resistencia específica en ohm/cm: 2.500
8	Cloruro	mg/l Cl	25	–	Concentración aproximada más allá de la cual cabe el peligro de que se produzcan efectos: 200 mg/l
9	Sulfatos	mg/l SO ₄	25	250	(con un percentil 80 y período de referencia de tres años).
10	Sílice	mg/l SiO ₂	–	–	
11	Calcio	mg/l Ca	100	–	
12	Magnesio	mg/l Mg	30	50	
13	Sodio	mg/l Na	20	150	
14	Potasio	mg/l K	10	12	
15	Aluminio	mg/l Al	0,05	0,2	
16	Dureza total	–	–	–	
17	Residuo seco	mg/l después del secado a 180°C	–	1.500	
18	Oxígeno disuelto	% O ₂ de saturación	–	–	Valor de saturación > 75%, excepto para las aguas subterráneas
19	Anhidrido carbónico libre	mg/l CO ₂	–	–	El agua no debería ser agresiva

- **Análisis completo**, que incluye todos los parámetros establecidos, así como aquellos que se presumen dentro de los componentes que puedan constituir un peligro sanitario.
- **Análisis ocasional**, consistente en la determinación de cuantos parámetros sean fijados por la administración sanitaria competente, con el fin de garantizar la potabilidad del agua suministrada en situaciones particulares o accidentales que requieran una especial vigilancia.
- **Análisis inicial**, en el que se determinan previamente a la explotación de un recurso hídrico potencialmente utilizable para el abastecimiento de agua potable de consumo público, los parámetros que integran el análisis normal más los que la administración sanitaria estime en cada caso.

Los controles de calidad de tipo físico-químico están aprobados por Orden de 1 de julio de 1987; en ella se aprueban los métodos que se han de aplicar en las aguas potables de consumo público. Los métodos aprobados son los siguientes:

- | | |
|------------------------------|------------------|
| – Caracteres organolépticos. | – Dureza. |
| – Color. | – Cadmio. |
| – Turbidez. | – Aluminio. |
| – pH. | – Cinc. |
| – Residuo seco a 110°C. | – Cobre. |
| – Conductividad eléctrica. | – Hierro. |
| – Cloruros. | – Manganeso. |
| – Sulfatos. | – Nitritos. |
| – Calcio. | – Nitratos. |
| – Magnesio. | – Amonio. |
| – Oxidabilidad. | – Fósforo total. |
| – Radiactividad. | |

22.8. Control de calidad microbiológico de las aguas y el hielo

El control microbiológico de las aguas se realiza en los suministros de agua o en los propuestos como tales, a fin de probar la potabilidad del agua. En la unidad de trabajo se han analizado los aspectos microbiológicos de las aguas, y se ha señalado la existencia de tres tipos de bacterias: bacterias autóctonas, microorganismos procedentes del suelo y bacterias que habitan el intestino del ser humano y de otros animales. Asimismo, se ha indi-

cado que la mayoría que estas bacterias acuáticas son G– (*Pseudomonas*, *Flavobacterium*, etc.), aunque también pueden encontrarse G+ (*Micrococcus* y *Bacillus*).

El recuento de gérmenes viables que se espera, según el medio empleado, depende de la naturaleza de la muestra de agua. Comparativamente, los ríos sin polución muestran recuentos más bajos, aunque, después de una lluvia fuerte, los arrastres que llegan al río contienen elevado número de microorganismos que viven en el suelo, si bien los recuentos también dependen del estado trófico del río.

Los recuentos de las aguas abajo de las ciudades son mucho más elevados a causa de las descargas de aguas residuales y de efluentes industriales hacia los ríos. Aunque estos altos recuentos de gérmenes viables hacen pensar en la contaminación del agua y en la presencia de bacterias diferentes de las acuáticas, no indican necesariamente contaminación por heces, aguas residuales no tratadas, etc., ya que estas bacterias pueden ser saprofitos del suelo, si bien no son deseables, pues pueden contribuir a incrementar problemas de alteración de los alimentos. La contaminación fecal del agua origina la presencia de bacterias derivadas del intestino: *Escherichia coli*, *Streptococcus faecalis* y *Clostridium perfringens* y, posiblemente, patógenos intestinales como *Salmonella* y *Vibrio cholerae*.

Con el objetivo de determinar la potabilidad de un suministro de agua, es necesario determinar que no está contaminada por las bacterias patógenas mencionadas. Como los patógenos intestinales sí se hallan presentes, serían sobrepasados en número por los microorganismos que habitan normalmente en el intestino; resulta más satisfactorio si se identifican estos microorganismos.

Tanto en el recuento de colonias totales como en los recuentos de coliformes y de *Streptococcus faecalis* la siembra se puede realizar en placa, en tubo y mediante el método de filtración por membrana, aunque el método oficial es el recuento en tubo a través de la técnica del Número Más Probable (NMP). El método de filtración por membrana tiene la ventaja de que se pueden detectar pequeñas cantidades de microorganismos, y la cantidad de la muestra también es pequeña. Una vez filtrada una determinada cantidad de agua (100 ml de la muestra), la membrana se incuba en una placa con caldo y temperatura apropiados. Si no se observa crecimiento bacteriano, el agua es satisfactoria; en caso contrario, las bacterias se identificarán haciendo una resiembra.

Las muestras de agua deben ser siempre simples y se han de recoger en frascos estériles de boca ancha con tapones de vidrio esmerilado. Se tendrá mucho cuidado durante el muestreo para prevenir la contaminación de la muestra. Si ésta se toma de un grifo, deben limpiarse completamente el interior y el exterior de la

boca con agua o con alcohol, después de lo cual el grifo se abrirá unos minutos para renovar el agua contenida en la tubería; después, se procederá a la toma de la muestra.

Para recoger muestras de agua de pantanos, estanques, fuentes o ríos es aconsejable utilizar algún depósito mecánico esterilizado para sujetar la botella y extraer el tapón. En ríos o cursos de agua es preciso considerar diversos factores: profundidad, caudal, distancia a la orilla, etc. La muestra se tomará lo más lejos posible de la orilla, procurando no remover el fondo y evitando los remansos o las zonas de estancamiento.

En el caso de las muestras de agua de bebida envasadas, una vez recibidas deben mantenerse en sitio fresco y oscuro, procediendo a su análisis lo antes posible. La muestra se agita, con objeto de homogeneizarla, un mínimo de veinticinco veces. Antes de proceder a la apertura de los envases, se deben desinfectar el cuello y el tapón.

Con el fin de preparar y analizar las muestras existen métodos oficiales para las aguas potables de consu-

mo público (Orden de 27 de julio de 1983) y para las aguas de bebida envasadas (Orden de 18 de mayo de 1987).

El protocolo para el análisis microbiológico de aguas de abastecimiento y envasadas y de hielo es el siguiente:

- Recuento de colonias a 37°C.
- Recuento de colonias a 20°C-22°C.
- Investigación y recuento de coliformes.
- Identificación de *Escherichia coli*.
- Investigación de *Salmonella*.
- Investigación y recuento de *Streptococcus* D de Lancefield.
- Investigación y recuento de esporos de *Clostridium* sulfito-reductores.
- Investigación de *Pseudomonas aeruginosa*.
- Investigación y recuento de mohos.

YA SABEMOS...

- **Bacterias aerobias:** todas las bacterias heterótrofas, aerobias y anaerobias facultativas, mesófilas y psicotróficas capaces de crecer en un medio de agar nutritivo.
- **Bacterias coliformes:** bacterias de morfología bacilar, G-, aerobias o anaerobias facultativas, oxidasa negativas, no esporógenas, que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a 37°C en un tiempo máximo de cuarenta y ocho horas. Este grupo abarca los géneros *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter*, pertenecientes a la familia *Enterobacteriaceae*.
- ***Escherichia coli*:** bacterias coliformes, generalmente, indol positivas, citrato negativas, rojo metilo positivas, que no producen acetilmetilcarbinol y son capaces de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas entre 37°C y 44°C en un tiempo máximo de veinticuatro horas.
- ***Salmonella*:** bacterias de morfología bacilar, G-, aerobias facultativas, oxidasa negativas, fermentadoras de la glucosa y no de lactosa, indol, ureasa y triptofano-desaminasa negativas, y lisinadescarboxilasa positivas. Diferentes características bioquímicas y serológicas permiten diferenciar diversas especies.
- **Coliformes fecales:** coliformes de origen fecal que pertenecen al grupo anterior y que, además, son capaces de fermentar la lactosa con producción de ácido y de gas a 44°C, en un tiempo máximo de veinticuatro horas.
- **Streptococos fecales:** bacterias cocáceas G+, aerobias o anaerobias facultativas, catalasa negativas, que fermentan la glucosa con producción de ácido a 37°C en un tiempo máximo de cuarenta y ocho horas. El conjunto abarca las especies *Streptococcus faecalis*, *Streptococcus faecium*, *Streptococcus durans*, *Streptococcus bovis* y *Streptococcus equinus*, todas ellas comprendidas en el grupo serológico D de Lancefield.
- ***Clostridium* sulfito-reductores:** bacterias de morfología bacilar, G+, anaerobias estrictas, capaces de formar esporas y con actividad sulfito-reductora.
- ***Pseudomonas aeruginosa*:** bacterias de morfología bacilar, G-, aerobias estrictas, oxidasa positivas y móviles por un flagelo polar. Producen un pigmento fluorescente, soluble en agua: la pioverdina, y la pio-cianina, soluble en agua y cloroformo. No forman esporos ni cápsulas. Son capaces de crecer a 42°C, pero no a 4°C.

Al igual que el control de calidad físico-químico, se han establecido unos niveles de análisis microbiológico:

- **Análisis mínimo,** que incluye:
 - Coliformes totales.
 - Coliformes fecales.

- **Análisis normal,** que incluye:
 - Coliformes totales.
 - Coliformes fecales.
 - Contenido de bacterias aerobias a 37°C y a 22°C.

- **Análisis completo**, que incluye todos los parámetros establecidos, así como aquellos que se presumen dentro de los componentes que puedan constituir un peligro sanitario.
- **Análisis ocasional**, que consiste en la determinación de cuantos parámetros sean fijados por la administración sanitaria competente con el fin de garantizar la potabilidad del agua suministrada en

situaciones particulares o accidentales que requieran una especial vigilancia.

- **Análisis inicial**, consistente en la determinación previa a la explotación de un recurso hídrico potencialmente utilizable para el abastecimiento de agua potable de consumo público, de los parámetros que integran el análisis normal más los que la administración sanitaria estime en cada caso.

Cuadro 22.5. Características microbiológicas de aguas potables de consumo público.

Caracteres microbiológicos					
	<i>Parámetros</i>	<i>Resultados volumen de la muestra (en ml)</i>	<i>Nivel guía</i>	<i>Concentración máxima admisible</i>	
				<i>Método de membranas filtrantes</i>	<i>Método de tubos múltiples (NMP)</i>
57	Coliformes totales	100	–	0*	NMP < 1*
58	Coliformes fecales	100	–	0	NMP < 1
59	Estreptococos fecales	100	–	0	NMP < 1
60	Clostridium sulfitorreductores	20	–	–	NMP ≤ 1

* Este valor en la red de distribución podrá ser rebasado en un 5 por 100 de las muestras como máximo, siempre que ninguna muestra contenga más de 10 bacterias coliformes por 100 ml de agua y que en ningún caso se encuentren bacterias coliformes en 100 ml de agua en dos muestras consecutivas.

- Las aguas potables de consumo público no deberán contener organismos patógenos.
- A fin de completar, dado que es necesario, el examen microbiológico de las aguas potables de consumo público conviene buscar, además de los gérmenes que figuran en el anexo E, los gérmenes patógenos, en particular:
 - Las salmonellas.
 - Los estafilococos patógenos.
 - Los bacteriófagos fecales.
 - Los enterovirus.
- Por otro lado, las aguas no deberán contener:
 - Ni organismos parásitos.
 - Ni algas.
 - Ni otros elementos figurados (animáculos).

	<i>Parámetros</i>		<i>Resultados volumen de la muestra (en ml)</i>	<i>Nivel guía</i>	<i>Concentración máxima admisible</i>	<i>Observaciones</i>
61	Recuento de los gérmenes totales en las aguas destinadas al consumo	37°C	1	10 (1) (2)	–	–
		22°C	1	100 (1) (2)	–	–
62	Recuento de los gérmenes totales para las aguas acondicionadas	37°C	1	5	20	–
		22°C	1	20	100	–

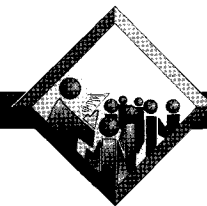
- (1) Para las aguas desinfectadas los valores correspondientes habrán de ser netamente inferiores a la salida de la estación de tratamiento.
- (2) Toda extralimitación de estos valores que persista durante sucesivas extracciones de muestras habrá de estar sujeta a comprobación.

Ya se ha señalado que el agua usada para la industria alimentaria pueden tener otras exigencias microbiológicas, por tener relación con el deterioro de los alimentos. Así, cabe destacar la presencia de psicrótrofos saprofitos en los productos refrigerados. Con el objetivo de obtener recuentos suficientemente bajos, puede ser necesaria una cloración adicional de agua en la fábrica; es lo que ocurre con el agua de enfriamiento en las fábricas de conservas enlatadas.

Otro tipo de microorganismos significativos pertenecen al grupo *Sphaerotilus-Leptotrix-Gallionella*. Son bacterias rojas y verdes del grupo beta que oxidan el hierro y no el magnesio. Presentan apéndices, pedúnculos y envainados que, junto con algunas estirpes de *Pseudomonas* y *Acinetobacter*, pueden causar problemas en los sistemas de distribución de aguas mediante bloqueo; en otros casos ocasionan problemas de enturbiamiento y desarrollo de viscosidad en los productos líquidos debido a los depósitos de hierro y manganeso.

ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA – APRENDIZAJE

- 1** Confección de cuadros-resumen en los que aparezcan las principales disposiciones referentes al agua, utilizando la legislación actualizada.
- 2** Diseño y estudio de campo sobre el consumo de agua envasada en la zona y sobre sus propiedades físico-químicas.
- 3** Visita a una planta embotelladora o a un manantial que distribuye su agua embotellada, elaborando un informe de las características del agua, la explotación del acuífero, el equipamiento de las instalaciones, los procesos de trabajo, los análisis y controles realizados y el libramiento de productos.
- 4** Elaboración de un protocolo de análisis físico-químico rápido para aguas embotelladas o corrientes y desarrollo de éste sobre una muestra del producto elegido.
- 5** Realización de esquemas de protocolo de recuento, detección e identificación de microorganismos para aguas embotelladas o agua corriente.
- 6** Aplicación del protocolo correspondiente, de los diseñados en la actividad anterior, al análisis microbiológico de diferentes muestras de agua, tanto aptas como no aptas para el consumo analizando las propiedades microbiológicas de cada una de ellas.



BEBIDAS ALCOHÓLICAS Y NO ALCOHÓLICAS

1. Un amplio grupo de alimentos. 2. Fermentación alcohólica. 3. Vino. 4. Clasificación y tipos especiales de vinos. 5. Otras bebidas fermentadas. 6. Destilados alcohólicos. 7. Determinaciones analíticas. 8. Bebidas no alcohólicas o refrescantes.

23.1. Un amplio grupo de alimentos

En esta unidad repasaremos brevemente un conjunto de productos utilizados en forma líquida como bebidas. Se trata de un grupo bastante extenso. Por una parte, tenemos el rico y complejo universo de las bebidas con alcohol en su composición, tanto producidas por fermentación, como por destilación o fortificación. Tomando como prototipo el producto más habitual de nuestro entorno, el vino, resulta que sus técnicas de producción, clasificación, crianza y conservación, así como el estudio de las variedades de su materia prima, la uva, su cultivo, enfermedades, etc., constituye por sí mismo uno de los campos de conocimiento más amplios de la producción de alimentos, el cual origina una disciplina específica, la Enología.

Otra bebida alcohólica es la cerveza, producto con múltiples variedades, según la materia prima y los procesos a los que se somete durante su obtención, muy relacionada con la cultura de la zona, y cuya elaboración entraña un importante conjunto de conocimientos artesanales.

Por otra parte, los avances tecnológicos han permitido obtener, combinar y conservar numerosos jugos vegetales y de frutas que, de forma directa o con la adición de otros productos, como azúcares, gases, extractos, etc., han dado lugar a la enorme variedad de bebidas refrescantes y zumos de frutas, más o menos modificados, que actualmente existen en el mercado.

Por todo lo indicado, es fácilmente comprensible que el grupo de alimentos que nos ocupa presenta una tremenda variedad en cuanto a componentes y procesos tecnológicos de producción y transformación. Consideramos que el objetivo de esta unidad no debe ser analizar las características y peculiaridades de cada uno de ellos en profundidad, sino hacer una aproximación a los componentes del grupo revisando las principales características de algunos de sus alimentos más significativos. Así pues, nos referiremos, en primer lugar, a las bebidas alcohólicas obtenidas por fermentación; después, nos ocuparemos de las obtenidas por destilación y acabaremos con las bebidas refrescantes.

23.2. Fermentación alcohólica

Desde hace mucho tiempo, la fermentación alcohólica ha sido el medio habitual de conservación de ciertas bebidas; prácticamente, ha sido el único método conocido hasta la llegada de los tratamientos térmicos en la época moderna, ya que el etanol es un eficaz agente conservador, siempre que su concentración sea suficiente.

Evidentemente, la sensibilidad de los microorganismos al alcohol es muy variada; para estar próximos a la esterilidad se necesitan concentraciones de alcohol demasiado elevadas para una bebida habitual. No obstante, los vinos corrientes se conservan bien para consumos no excesivamente lejanos, sobre todo, si se conservan en recipientes cerrados. Además, la presencia de CO₂ aumenta su capacidad de conservación a temperatura ambiente; de esta forma, la cerveza se conserva bien incluso si no ha sido pasteurizada.

La fermentación alcohólica la producen levaduras de las familias *Kluyveromyces* y *Saccharomyces* que son esporuladas y no esporuladas, respectivamente. Esta fermentación sucede a expensas de hexosas y hexobiosas. Estos azúcares se transforman en glucosa-6-fosfato, que luego entra en el ciclo de la glucólisis anaerobia (Fig. 23.1).

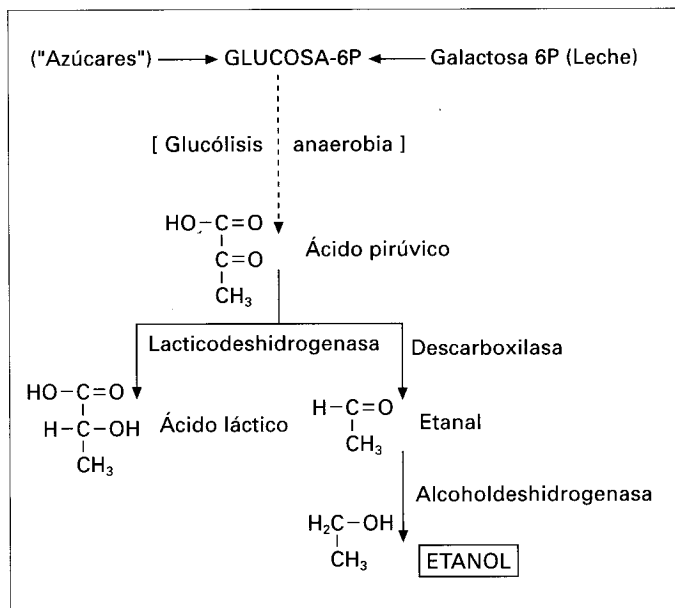


Figura 23.1. La fermentación alcohólica.

La fuente de las hexosas puede encontrarse en las hexosas libres existentes en la materia prima o en las hexobiosas, que son hidrolizables por muchas levaduras que no pueden hidrolizar glúcidos más complejos. Para obtener alcohol a partir de sustancias amiláceas se precisa una hidrólisis previa que, en general, es enzimática; las amilasas necesarias se suelen formar en el transcurso de la germinación de granos de cereales.

23.3. Vino

El vino se puede considerar como uno de los prototipos de bebida alcohólica fermentada. Al parecer, el descubrimiento del vino por el ser humano es posterior al de la hidromiel o al de la cerveza; posiblemente, porque las uvas aprovechables para vinificación sólo se dan en ciertos climas y ambientes. Es probable que uno de los primeros lugares donde se cultivó la vid fue en el sur de la zona del mar Negro, hacia el 7500 a.C. Desde aquí, pasó a Oriente Medio y al norte de África; en Egipto existen representaciones de la elaboración de esta bebida datadas hacia el 2500 a.C., difundiéndose progresivamente al resto de Europa.

23.3.1. Materia prima

El vino es la bebida alcohólica resultante de la fermentación, total o parcial, de la uva fresca o de su zumo, el mosto. La uva fresca para vinificación es el fruto de la vid maduro o sobremaduro en la misma cepa o soleado después de la vendimia. El fruto de la vid, *Vitis vinifera*, se presenta en racimos; en un racimo hay cinco partes: **sarmiento**, **pedúnculo**, **escobajo**, **pedicelo** y **grano** (Figura 23.2).

El sarmiento es la parte leñosa que une el racimo y una de las ramas de la planta. El pedúnculo, también leñoso, forma el tronco principal del racimo; su continuación por el racimo es el escobajo; de este tronco principal nacen otros escobajos secundarios que sirven de sostén a los granos de uva. La unión de la uva con su escobajo se llama el pedicelo. Pedúnculo, escobajo y pedicelo se suelen agrupar bajo el nombre de raspón. Por el **raspón**, en la planta completa, circula la savia hacia el grano.

PARA SABER MÁS...

Aunque algunos autores, como Jean de Kenderland, afirman que en la época de la civilización lacustre, hace doce mil años, ya existía el vino, es decir, un producto fermentado procedente del zumo de la uva, es probable que se introdujera desde el mar Negro, hacia el 7000 a.C., en Egipto, Siria y Mesopotamia.

Hacia el 2000 a.C. la vid se cultivaba en Tracia, el sur de Grecia, Creta, Toscana, Sicilia y el norte de África. En el 500 a.C. empezó a cultivarse en Marsella, el sur de España, Irán y el sureste de Arabia.

El vino entró en la gastronomía occidental con Grecia y Roma, que expandieron su consumo. En las Galias contribuyó a su conservación y elaboración con la invención del tonel.

Entre el 125 y el 150 se extendió por Burdeos y la Provenza y en el siglo III se introdujo en las regiones del Loira

y Borgoña. En el siglo IV empezó a cultivarse en el valle del Rin y en Inglaterra; en este país los viñedos fueron arrancados durante el siglo XVII para sembrar forraje.

En el siglo XVI los españoles llevaron la vid a México y los portugueses a Japón. Hacia el 1600 se introdujo en Perú y Florida. En el siglo XVIII comenzó su cultivo en California, Chile y África del Sur. Hacia 1850 empezaron a plantarse viñedos en Australia y Nueva Zelanda.

Las principales naciones cosecheras de vino son Italia y Francia, con algo más del 41% de la producción mundial; sigue España, con cerca de un 11% y, a mayor distancia, Portugal, Alemania, Rumanía, algunas repúblicas de la antigua URSS y zonas templadas de América, de las que destacan Argentina y California, África del Sur y Australia.

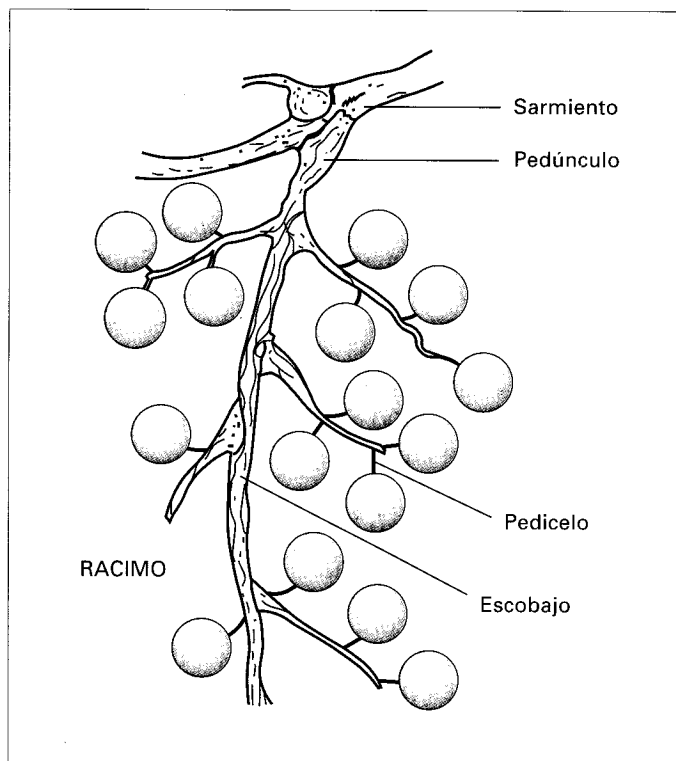


Figura 23.2. Estructura de un racimo de uva.

Según los sistemas de vinificación, el raspón está presente o no durante la fermentación. Los raspones de las variedades tintas de uva son ricos en taninos, con un pH superior a 4, ausencia de azúcares y presencia de sales ácidas y de ácidos libres. Si se fermenta con raspones poco maduros, producen un sabor áspero y desagradable. Actualmente, incluso en la vinificación en tinto, se utilizan unas máquinas, las **despalilladoras**, que eliminan el raspón antes de la fermentación.

El grano de uva suele ser esférico u ovalado, de tamaño variable según la variedad, los injertos, el grado de madurez, etc. Su color también depende de estos mismos factores, diferenciándose las tintas y las blancas, con una gama de color muy amplia, desde el morado al amarillo verdoso, pasando por tonos oscuros de verde.

En el grano hay varias partes: el **cabecil** que sirve de punto de unión con el pedicelo; el **hollejo** o cubierta exterior del grano, que tiene una fina película protectora llamada **pruina**, cerosa, que impide la penetración de gérmenes y retiene microorganismos y levaduras en su cera; en el interior del grano entra el **píncel**, que sirve de sostén a las **pepitas** o **granilla**, que suelen oscilar de dos a cuatro, con forma almendrada y cubierta leñosa y envuelta por una delgada cutícula de taninos. El resto del grano está ocupado por la **pulpa** (Fig. 23.3).

La pulpa está formada por células con un gran vacuola que ocupa toda su zona central y que contiene el jugo. Este jugo está compuesto por azúcares, sales

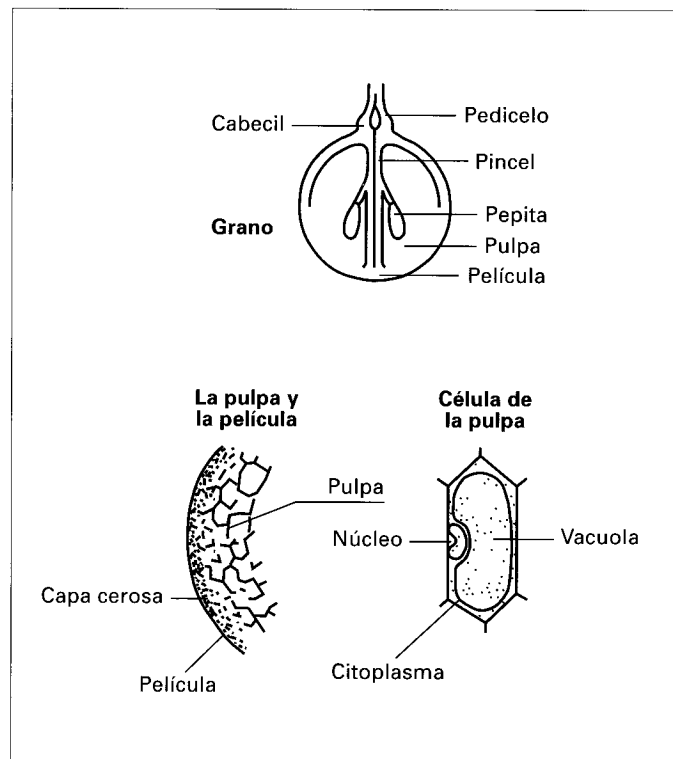


Figura 23.3. Estructura de un grano de uva.

minerales, ácido tartárico, agua, etc.; sus proporciones relativas dependen de la zona del grano y las células de la zona más central, equidistante de pepitas y hollejo, son las que alcanzan la mayor concentración de azúcares. La zona próxima al centro del grano es más pobre en azúcares y más rica en ácidos, especialmente, tartárico, málico y cítrico. Las proporciones relativas dependen de las condiciones de madurez del grano: cuanto menos maduro, mayor grado de acidez. Las condiciones climáticas, la fecha de la vendimia, la riqueza de nutrientes del suelo, la variedad de la uva, la forma de cultivo..., son otros tantos factores que afectan al contenido en azúcares del grano.

En el proceso de vinificación, cada uno de los elementos del grano aporta diferentes componentes al vino; así, la pulpa, evidentemente, aportará la mayor cantidad de azúcares fermentables y algunos ácidos. El hollejo contiene diversas materias colorantes como **antocianatos** y **enina**, que son pigmentos rojos, o **flavonoides**, que son pigmentos amarillos, además de materias olorosas, como los **polifenoles** y los ácidos libres, sin olvidar los diversos microorganismos salvajes atrapados en las ceras de la pruina. En las pepitas hay una cantidad apreciable de grasa (de un 10% a un 20% en peso) que se puede extraer para consumo humano; los taninos y otras sustancias, como proteínas, ácidos y sales ácidas, pasan al vino durante su fermentación. Es importante no molerlas demasiado, ya que contienen una sustancia áspera que da un sabor desagradable al vino.

El contenido en azúcares de la uva tiene un límite, al alcanzarse el equilibrio entre reacciones opuestas como la producción de más azúcares y la desaparición de éstos por respiración. Si se deja pasar la época de maduración sin vendimiar, se corta el suministro de agua al grano y, por la acción del sol, se va pasificando, es decir, pierde humedad, se arruga y se convierte en uva pasa.

23.3.2. Obtención del mosto

Una vez hecha la vendimia, es fundamental que las uvas lleguen a la planta elaboradora tan rápida y cuidadosamente como sea posible, para minimizar las pérdidas de agua y azúcar tras la recolección y evitar el deterioro de los granos.

En el mismo momento de la recepción de la vendimia se toma una muestra y se mide la riqueza en azúcares, normalmente, por refractometría. La masa de vendimia pasa, entonces, a la estrujadora-despalilladora, en la que se separa el raspón y se trituran los granos mediante rodillos cilíndricos graduados, de tal manera que no se rompan las pepitas. Igualmente, según sea el proceso de vinificación, las costumbres de la zona, las características especiales del vino que se va a producir, etcétera, el raspón se elimina total o parcialmente.

Al romper el grano se liberan sus jugos o mosto. La porción de mosto libre que se produce inmediatamente después del estrujado se conoce como mosto de yema, el cual se separa de la masa por decantación o máquinas escurridoras.

Tras el escurrido de la vendimia, el siguiente paso es el prensado, con el que se obtiene el mosto restante atrapado en la masa. Si se van a producir vinos blancos o rosados, los mostos se pasan a la fermentación; en cambio, si se van a elaborar tintos, el prensado se hace sobre la masa fermentada.

El gas sulfuroso se añade al mosto antes de la fermentación; con él se consiguen diferentes efectos:

- Controla el crecimiento de levaduras y bacterias, y la fermentación no sucede de forma tumultuosa.
- Tiene efecto antioxidante al combinarse con el oxígeno y, además, destruye oxidasas, que son las catalizadoras de los procesos de oxidación.
- Inhibe el crecimiento de levaduras no productoras de alcohol y de bacterias que son mucho más sensibles al gas que las levaduras.
- Facilita la disolución de sustancias coloreadas.
- Activa las reacciones de transformación del azúcar en alcohol.

El mosto es el zumo de la uva que resulta de su pisado, prensado, o de cualquier otra operación que rompa los hollejos de las uvas y deje libre el zumo de los granos. Según el Código Alimentario Español, el mosto es el zumo obtenido por presión de la uva en tanto no haya comenzado su fermentación, sin hollejo, pepitas, ni escobajo. El mosto, sin las sustancias colorantes propias del hollejo, es un líquido dulce, turbio, con color variable que oscila del amarillo claro al rojizo claro. Su contenido en azúcares depende del estado de madurez de la uva, de su variedad, de las condiciones climáticas previas a la vendimia... Los dos azúcares del mosto son la glucosa y la fructosa; la sacarosa no está presente, lo que sirve para detectar adiciones fraudulentas de azúcar comercial. El mosto contiene ácidos, los mismos de los que se habló a propósito del grano de uva, sales, como fosfatos cálcico y magnésico, cloruro sódico, silicato potásico, etc.

Hay algunas sustancias nitrogenadas, principalmente, albúminas y globulinas, que durante la fermentación serán utilizadas por las levaduras para su multiplicación y para la formación de estructuras celulares. En principio, no deben encontrarse taninos ni materias colorantes, aunque durante el prensado pequeñas cantidades de estas sustancias escapan del raspón y se transfieren al caldo. Para la fermentación en tinto, en la mayoría de los casos se deja el raspón para continuar la extracción; en la vinificación en blanco la fermentación se hace sin raspones. En el caso de los rosados, el procedimiento de actuación es intermedio, de modo que los raspones se dejan durante la primera parte de la fermentación para retirarlos en la segunda.

23.3.3. Procesos de fermentación

En la vinificación de vinos blancos, antes de iniciarse la fermentación se procede a eliminar sólidos presentes en el mosto: este proceso es el **desfangado**; en la vinificación en tinto, el desfangado se puede hacer después de la fermentación y el prensado. Los procedimientos que se pueden utilizar son muy variados: decantación, decantación con ayuda de enzimas o de clarificantes como bentonita, gelatinas o albúminas, centrifugación, filtración o técnicas mixtas de las anteriores.

En definitiva, los mostos ya desfangados se someten a fermentación –segunda fermentación en el caso de los tintos–, que tiene lugar gracias a las levaduras presentes en los hollejos, que resultan ser una flora mixta típica de cada zona, por lo que pueden sufrir alteraciones de un año a otro, con las consiguientes diferencias en las propiedades de los vinos producidos. La especie predominante suele ser *Saccharomyces cerevisiae* (variante *ellipsoideus*), aunque cada vez es más frecuente recurrir a cultivos industriales seleccionados de levaduras que se añaden al mosto.

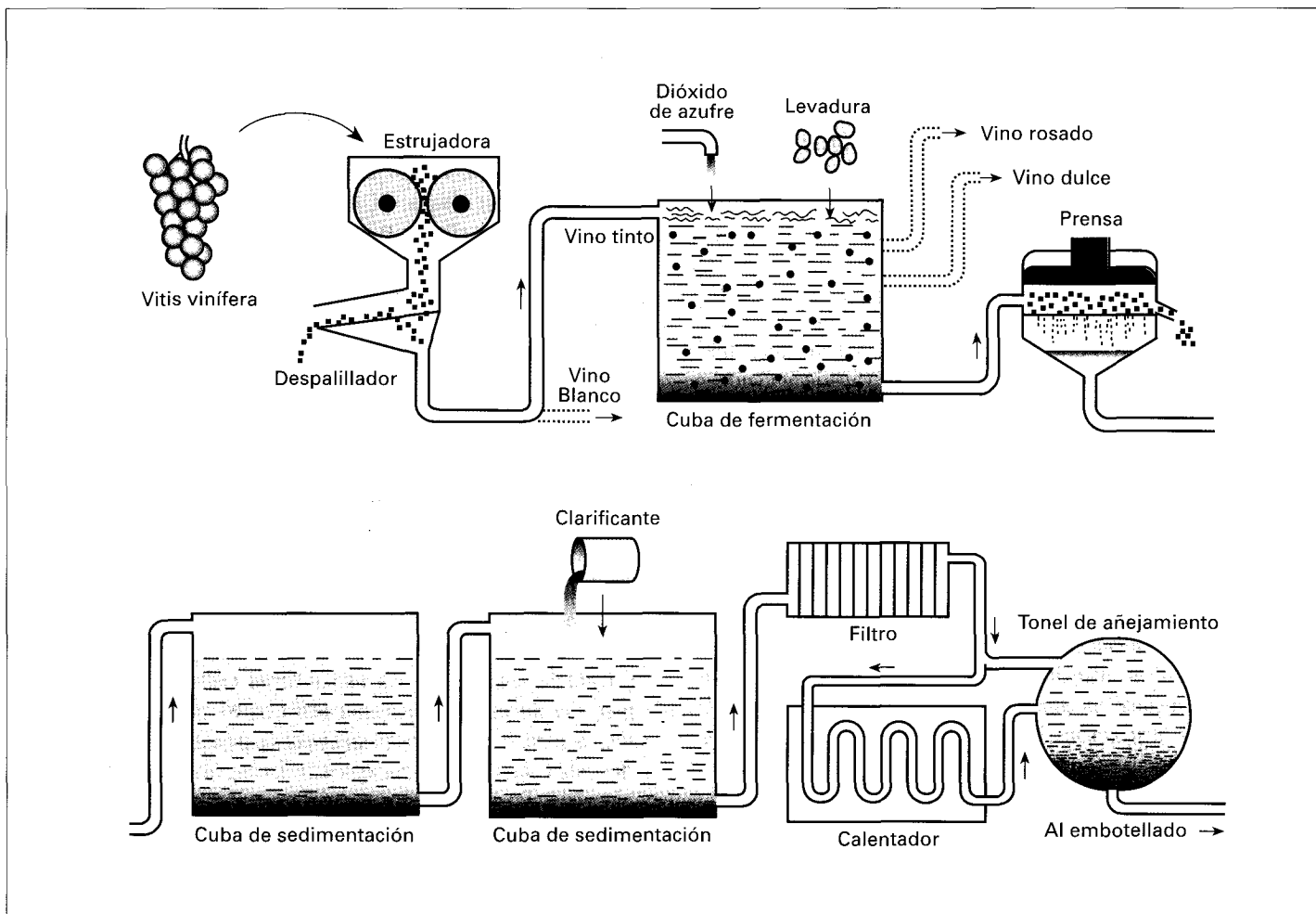


Figura 23.4. Conjunto de procesos de la vinificación.

Las cubas de fermentación pueden ser de madera, cemento o acero; en estos dos últimos casos se suele añadir ácido tartárico para impedir que los materiales de la cuba den mal sabor. En la cuba de fermentación se mezclan mostos para conseguir una concentración equilibrada de azúcares; en ocasiones, se añade azúcar. Durante la fermentación aparecen en la parte superior de la cuba hollejos y pepitas; es el llamado **sombrero**, que debe llevarse al interior para evitar enranciamientos. En los procesos que lo requieran, como la vinificación en tinto, tras esta fermentación se procede al prensado, obteniéndose un líquido, el llamado **vino virgen**, con una graduación baja, de unos 4°, y con restos de azúcares. El vino virgen se lleva a diversas cubas en las que se produce una segunda fermentación. Este proceso se realiza en bodegas frías o mediante sistemas que aseguren un trabajo a temperaturas relativamente bajas; en cualquier caso, el proceso requiere tiempo –puede durar varios meses– y la tranquilidad y el ambiente fresco de las bodegas. Durante él, madura el vino.

Las cubas de fermentación pueden ser simples depósitos fabricados con diferentes materiales: cemento, plástico, acero inoxidable..., sin apenas accesorios.

También pueden ser depósitos con complejos complementos, como sensores de temperatura en distintos puntos, circuitos de refrigeración exteriores e interiores, agitadores, dispositivos automáticos de control de altura del mosto, sistemas de vaciado de heces y orujos, sistemas de limpieza automática, etc.

En las últimas fases de la fermentación y una vez concluida ésta, durante algunas semanas se depositan en el fondo de las cubas las levaduras muertas y otros organismos, principalmente, bacterias, residuos sólidos y materias orgánicas. Se trata de un depósito de composición heterogénea llamado **heces** que no ha de permanecer en contacto con el vino, ya que puede transmitir sabores indeseables en poco tiempo como consecuencia de la putrefacción de los restos de levaduras, del desprendimiento de materias orgánicas olorosas, etc. Para evitar esto, es necesario cambiar el vino de un recipiente a otro; estos cambios son los **trasiegos**. Los trasiegos tienen unos efectos beneficiosos suplementarios sobre el vino: se eliminan gases como el CO_2 , ácidos volátiles y sulfhídrico y se airea, lo cual es necesario en ciertos tipos de vino, pero perjudicial en otros. Los trasiegos se hacen también cuando se agregan

agentes clarificantes, como bentonitas o diatomeas que, tras un período de reposo, se separan conjuntamente con los precipitados obtenidos

23.3.4. Fases finales

Una vez concluida la maduración, el vino está dispuesto para su consumo si es un vino joven. Si sus características lo permiten, cabe realizar un proceso de crianza introduciéndolo en toneles de añejamiento, en los que puede permanecer varios meses. Tras finalizar esta fase, ya se puede embotellar.

El vino que se ha sometido a crianza, tras varios trasiegos, queda limpio y brillante al cabo de algunos años, sin apenas necesidad de ayudas de clarificación ni filtración. No ocurre lo mismo en los vinos más jóvenes, que aún conservan elementos en suspensión que los hacen turbios. En estos casos, es necesario clarificarlos y filtrarlos antes de su embotellado. Los filtros pueden ser de tierras, de placas o de membranas. El primer tipo se usa en la primera operación, que es un desbastado y abrillantado del vino para que partículas muy gruesas no lleguen al filtro final, que lo colmataría rápidamente. Los filtros de membrana se utilizan con poros muy pequeños (de menos de $0,5 \mu$), con lo que, además de impurezas, retienen también levaduras y bacterias, consiguiendo una filtración esterilizante.

Con el fin de embotellar los vinos, la mayor parte de las bodegas disponen de estaciones de embotellado, donde se llevan a cabo todas las operaciones necesarias para preparar el producto. Son sistemas que ejecutan automáticamente, al menos, cinco operaciones: lavado de botellas, embotellado, taponado, capsulado y etiquetado. En algunas plantas grandes, la mecanización de estas operaciones alcanza también a etapas subsiguientes de encartonado, paletizado y envoltura en película retráctil.

23.4. Clasificación y tipos especiales de vinos

El vino es una bebida perfecta desde el punto de vista gastronómico, pues tres sentidos disfrutan de él: el paladar, que puede apreciar los variados matices de los grandes vinos; el olfato, que capta sus sutiles aromas; y la vista, que permite contemplar su gama de tonalidades. Integran este producto una sinfonía química de alcohol, azúcares, polifenoles, aldehídos, cetonas, enzimas, pigmentos, sales minerales, vitaminas, entre quince y veinte elementos minerales y hasta cuatrocientos setenta compuestos diferentes. La cantidad de posibles combinaciones entre estos componentes es enorme, como lo es el número de calidades y variedades de vinos; por eso, las clasificaciones tienen que ser necesariamente una aproximación a esta compleja realidad.

Una clasificación elemental distingue vinos tintos, rosados y blancos. Otra clasificación atiende a los restos de azúcares presentes en el producto final; así se habla de vinos secos, embocados y dulces, con contenidos en azúcares crecientes.

Finalmente, según su contenido en alcohol, tenemos:

- **Vinos de mesa** (entre 8° y 14°); dentro de ellos se distinguen los vinos de mesa jóvenes, es decir, sin crianza, llamados también **de cosechero** o **de pasto**, y los vinos con crianza, denominados **vinos finos de mesa**.
- **Vinos espumosos** (entre 15° y 17°). Presentan cantidades variables de CO_2 , formado por tratamientos naturales o carbonataciones artificiales.
- **Vinos de alta graduación** (con 20° o más), entre los que se encuentran los vinos aperitivos, los vinos de postre y los vinos fortificados.

23.4.1. Vinos espumosos

Son dos las características de los vinos espumosos: una cantidad de alcohol que oscila entre 15° y 17° y gran cantidad de CO_2 producido de forma natural por una segunda fermentación o artificialmente por carbonatación con gas.

El prototipo de estos vinos es el champaña, cuya elaboración se caracteriza por la doble fermentación del mosto: la primera en cubas, como el resto de los vinos; la segunda, en la botella.

PARA SABER MÁS...

La fórmula para obtener estos caldos mundialmente famosos se descubrió accidentalmente, tratando de solucionar un problema de algunos vinos de la región de Champaña-Ardenas en Francia, que consistía en que, una vez embotellados, persistía su fermentación, las botellas estallaban y el vino se estropeaba.

Un monje benedictino de la abadía de Hautvillers nacido en 1638, llamado dom Perignon, introdujo dos innovaciones en la elaboración de los vinos de su abadía para solventar el problema: por una parte, mezcló diferentes caldos de la misma región, lo que llamaba **la quvee**; por otra, sustituyó en las botellas los habituales tapones de madera, envueltos en cáñamo bañado en aceite, por los de corcho sujetos con un alambre. Sin saberlo, dom Perignon inventó el champaña, que en 1718 apareció en la corte francesa como un vino apreciado. En la actualidad, este sistema de mezcla de vinos y segunda fermentación en botella es el **método denominado champenoise**.

La técnica se basa en conseguir una cantidad importante de CO_2 mediante una fermentación complementaria de tipo alcohólico que se produce con el vino ya embotellado; en algunas ocasiones, esta segunda fer-

mentación se hace también en cubas, pero el resultado es de peor calidad. Los procesos que se realizan para obtener este producto son los siguientes:

1. Se realiza la *quvee*, es decir, la mezcla de vinos blancos seleccionados y a los que se añaden azúcares y un complemento de levaduras.
2. La mezcla se pone en botellas especiales capaces de resistir las presiones de gas que se producen durante la segunda fermentación. Su fondo está reforzado, las paredes gruesas, y el tapón, de corcho, está sujeto con alambres o agrafes.
3. Las botellas así preparadas se depositan horizontalmente en unas bodegas denominadas **cavas** para que suceda la segunda fermentación, durante la cual se produce un residuo sólido en el fondo. Para que este residuo baje hacia el cuello de la botella, ésta se va cambiando de posición, primero, se pone oblicua y, luego, vertical, dando a cada botella una media vuelta cada cinco o seis días.
4. Cuando todo el residuo sólido se concentra en el cuello se procede al desgolletado o degüello, que consiste en quitar los agrafes y el tapón, retirar el residuo y volver a cerrar la botella. En la actualidad, se recurre a la congelación del cuello, con lo que tapón y residuo saltan congelados. Al perderse algo de contenido, se rellena con el llamado **liqueur d'expédition**, cuya composición suele ser azúcar y algo de coñac u otro champaña ya elaborado; si se utiliza champaña, se obtienen champañas tipo **brut**.

23.4.2. Vinos de alta graduación

Se trata de vinos que necesitan un proceso de elaboración largo y artesanal. Uno de sus representantes es el vino de Jerez. Para obtener el mosto se utilizan mezclas de diferentes tipos de uvas, uno de los cuales tiene un alto contenido en azúcares.

Antes del prensado, la vendimia se mantiene al sol durante un tiempo no inferior a catorce horas, para disminuir su contenido en agua y concentrar el mosto; este proceso es el **soleo**. El prensado se realiza en prensas, generalmente, neumáticas, que permiten una ruptura cuidadosa del grano sin romper la grana; así se evita el paso de sustancias amargas al mosto. Una vez obtenido el mosto se hace una fermentación controlada mediante SO_2 y sulfato de calcio. A consecuencia de la fermentación, se pueden conseguir tres tipos de vinos: vino fino, de unos 16°; vino amontillado, de 16° a 18°; y vinos olorosos de unos 20°.

El proceso siguiente, la **crianza**, es la etapa más importante para conseguir las características típicas de estos caldos. Se realiza en toneles de roble que se dis-

ponen en las bodegas en filas superpuestas, de tal forma que la fila inferior, la **solera**, contiene el vino más viejo y la fila superior, la **criadera**, el más joven. Los toneles de crianza se dejan vacíos en 1/6 de su capacidad para que crezcan levaduras en superficie, llamadas **levaduras de la flor**, básicas en la elaboración de estos vinos. A lo largo del período de crianza se hacen trasiegos entre, primero, las criaderas y, luego, con las soleras. A veces, para dar color a los caldos, se añade un mosto muy concentrado y dulce, el **arrope**. Tras concluir el tiempo de crianza, el vino se va sacando de las soleras y se puede fortificar con alcohol o coñac.

Otros tipos de vinos de alta graduación son: el montilla y el moriles, de la zona de Córdoba, con una base de fermentación artesanal en tinajas de barro; los vinos de Málaga, para los que se utilizan uvas muy dulces, añadiéndose también un arrope muy dulce; el vino de Oporto, en el que también se usa un arrope dulce y se refuerza con brandy; el vino de Madeira, cuya crianza se lleva a cabo en cuevas calientes de origen volcánico y se refuerza con ron; los vermús, vinos de la zona del Piamonte italiano para cuya obtención se parte de mezclas de vinos blancos o tintos reforzados con alcohol y en los que se han macerado plantas aromáticas.

23.5. Otras bebidas fermentadas

Las bebidas fermentadas son muy antiguas y para su obtención se parte de la materia prima más abundante en la zona. Ya hemos analizado el vino como prototipo de bebida fermentada alcohólica, pero, como ya se ha indicado, su producción sólo se inició en zonas en las que la uva era cultivable, por lo que en otras áreas se utilizaron otras materias primas para obtener una bebida equivalente; son ejemplos de estas otras bebidas la cerveza y la sidra.

23.5.1. Cerveza

Tan antigua o más que el vino, es posible afirmar que cualquier solución de sustancias azucaradas procedentes de cereales, si se deja en reposo, pronto será invadida por microorganismos que desencadenarán un proceso de fermentación del que resultará una bebida para el consumo medianamente alcohólica.

El grano más utilizado es la cebada aunque se puede recurrir a cualquiera de los restantes cereales o a una mezcla de éstos para obtener diferentes tipos de bebida.

Las materias primas que forman la cerveza son la cebada, el lúpulo, el agua y la levadura. La calidad del agua influye de forma definitiva en su calidad final, hasta el punto de que llega a determinar las características típicas de algunos tipos. El principal parámetro que hay que considerar es su dureza: las cervezas ligeras necesitan aguas con bajo contenido en sales carbo-

PARA SABER MÁS...

Estudios arqueológicos demuestran que la elaboración de cerveza había llegado a ser un arte importante hace más de seis mil años en el valle del Nilo. La primera referencia escrita aparece en el *Libro de los Muertos* del antiguo Egipto, hace algo más de cinco mil años. Los egipcios disponían de pequeñas fábricas con dos o más operarios (hasta ocho), que se encargaban de manejar la cebada y el agua para producir una bebida alcohólica bastante parecida a la cerveza que conocemos hoy.

Durante el Imperio Romano, se extendió a toda Europa, aunque en las zonas mediterráneas su penetración fue menor, pues existía el vino y se consideraba una bebida de inferior calidad, consumida por las clases más humildes, mientras que el vino era propio de la nobleza. En cambio, en el centro y norte de Europa, dada la escasez de vino, su aceptación fue muy alta, siendo una de las bebidas alcohólicas por excelencia.

Durante la Edad Media, los monasterios eran los grandes centros cerveceros y los que introdujeron, hacia el siglo XIII, la única modificación en el proceso de obtención que ha habido hasta nuestros días, el lúpulo. Su elaboración era tan importante como la del pan.

En España, la cerveza llegó con el reinado de Carlos I, que la trajo con su séquito de Flandes, aunque no tuvo cierta popularidad hasta finales del siglo XIX y principios del siglo XX.

Hacia la mitad del siglo XVII, grandes zonas cerveceras como Oxford, Trent o Munich se habían ganado una reputación y mantenían un floreciente comercio cervecero. Asimismo, a la cerveza le corresponde el dudoso honor de ser el primer producto que origina ingresos fiscales a un estado, ya que en 1643 Carlos I de Inglaterra estableció el primer impuesto sobre la cerveza.

Prácticamente hasta el siglo XVIII, en Europa, las técnicas de elaboración no salieron de los monasterios y los conventos; incluso, en la actualidad, en algunos monasterios de Europa central sigue existiendo el "hermano cervecero" como figura importante de la comunidad monástica.

Cuando, a principios del siglo XX, su consumo se empezó a popularizar en España y aumentó su demanda, se trajeron de Alsacia y de otras zonas de amplia tradición cervecera técnicos y materiales para desarrollar la incipiente industria cervecera.

natadas, mientras que las cervezas fuertes y oscuras admiten aguas más duras. En el proceso de elaboración hay cuatro etapas principales:

1. **Germinación y malteado de la cebada:** la cebada no se puede usar directamente al preparar la cerveza, ya que no tiene desarrollado el sistema enzimático encargado de transformar el almidón en los azúcares necesarios para que las levaduras puedan servirse de ellos en la fermentación. Por tanto, la cebada se mezcla con agua para que germine y libere almidón, proteínas y otras sustancias que facilitarán el trabajo de las levaduras. Esta germinación se interrumpe por calor, el cual, además, tuesta más o menos el grano, según la coloración más o menos oscura que se desee obtener: es el proceso del **malteado** y el producto es la **malta**. Generalmente, se realiza en factorías especializadas, desde las que se conduce a la planta cervecera.

Cuadro 23.1. Composición promedio del grano de cebada.

	%
Celulosa	4,8
Almidón y otros carbohidratos	60
Grasas	2,1
Proteínas	10
Otros compuestos nitrogenados	3,4
Sales minerales	2,6
Sólidos totales	85

2. **Producción del mosto:** en la planta cervecera la malta se tritura y se mezcla con agua, calentándose la masa para que macere.

Una vez concluida la maceración, el producto se filtra, separando los sólidos o **bagazo** del líquido o mosto. El mosto se lleva a temperatura de ebullición junto al lúpulo. El lúpulo son las brácteas de la flor femenina de *Humulus lupuli*, la cual contiene resinas, esencias y taninos, que confieren al mosto sus típicos sabor y amargor.

Mediante este proceso de cocción, se consiguen varios objetivos: esterilización del mosto, extracción de sustancias del lúpulo, concentración del producto por evaporación de agua y coagulación de las proteínas en suspensión no termoestables. Tras finalizar el proceso, el líquido se filtra y enfría.

Cuadro 23.2. Composición promedio del lúpulo seco.

	%
Agua	12,5
Cenizas	7,5
Aceites aromáticos	0,4
Resinas	18,3
Tamiro	3
Compuestos nitrogenados	17,5
Compuestos no nitrogenados	27,5

3. **Fermentación y maduración:** el mosto preparado se introduce en las cubas de fermentación y se añade la levadura. La fermentación se puede llevar a cabo de dos modos distintos, que se basan en el tipo de levadura empleado:

- **Fermentación alta**, que da origen a la cerveza de tipo **Ale**: es la forma más antigua. Se hace a 20°C en recipientes abiertos, por lo que hay pérdida de CO₂ y dura una semana. La levadura predominante es *Saccharomyces cerevisiae* y se desarrolla en la superficie del mosto. Este procedimiento es típico de Gran Bretaña.
- **Fermentación baja**, que da origen a la cerveza de tipo **Lager**: es un procedimiento más moderno. Se realiza a una temperatura más baja (unos 15°C) en recipientes cerrados, por lo que el CO₂ se mezcla con el mosto, carbonatándolo fuertemente; dura dos semanas. La levadura predominante es *Saccharomyces carlsbergensis* o *Saccharomyces uvarum* y se desarrolla en el fondo del recipiente. Es el procedimiento seguido en Europa central.

Una vez acabada la fermentación, se deja sedimentar unos días y, después, se centrifuga para eliminar la mayor parte de la levadura. La **cerveza verde** o **primaria** resultante todavía tiene un sabor basto y aún contiene algunos azúcares que pueden fermentar en la maduración. Durante la maduración o guarda, la cerveza adquiere su sabor y aroma típicos, se decanta aún más, por lo que queda más brillante, y se satura de anhídrido carbónico. Esta fase oscila entre uno y seis meses o más, según la clase de cerveza de que se trate. Se realiza a temperaturas bajas (de 0°C a -2°C), con lo que precipita una gran cantidad de sustancias, clarificando totalmente el producto.

4. **Pasteurización y envasado:** la cerveza ya madura se centrifuga y filtra para eliminar los restos sólidos; luego, se pasteuriza para que desaparezca cualquier microorganismo que pudiera deteriorar la cerveza o ser perjudicial para el consumidor, y se envasa.

Ya se ha indicado que según la fermentación, se distinguen dos grandes tipos de cerveza: el tipo Lager y el tipo Ale. La concentración alcohólica del primero varía desde 2,5% a 8%, y dentro de él hay otros tipos: Pilsener, Dortmund y Munich, que se diferencian en el grado de tueste de la malta y en su concentración alcohólica, mayor en la última. La cerveza de tipo Ale es más ligera y amarga y su contenido en alcohol es de 4% a 6,5%; dentro de ella se encuentran la Pale-Ale, la Porter y la

Stout, que se diferencian en su amargor, su contenido alcohólico y su color, de modo que la última es la más dulce, oscura y de mayor graduación.

La cerveza sin alcohol se produce siguiendo los mismos pasos que la cerveza normal, pero evaporando el alcohol obtenido en la fermentación hasta una concentración de 0,5% a 1,5%. Aunque parece un contrasentido producir alcohol para luego evaporarlo, es necesario proceder así para obtener toda la gama de sabor que caracteriza a la cerveza.

Según los cereales, en otras zonas geográficas se consiguen otras cervezas o bebidas fermentadas semejantes a ella: el **kuass** resulta de mezclas de cebada y centeno, y es típico de la zona central de Rusia; en el **pombre** se utiliza mijo y es la típica cerveza africana; la **cerveza de jengibre** se obtiene de caldos azucarados procedentes de la infusión de las raíces del jengibre; el **pulque** se origina desde el zumo del ágave o pita, es típico de México y, destilándolo, se obtiene el tequila.

23.5.2. Sidra

Junto a la cerveza, la sidra es una de las bebidas alcohólicas fermentadas más antiguas y extendidas en Europa. Se obtiene a partir de la fermentación de los azúcares existentes en la manzana.

PARA SABER MÁS...

La sidra es una bebida de origen celta, por lo que sus principales zonas de producción se localizan donde la cultura celta tuvo un desarrollo floreciente: las islas británicas, la Normandía francesa, la cornisa cantábrica española, etc.

Durante la Edad Media se la denominó con frecuencia vino de Inglaterra. Su producción y consumo han permanecido bastante arraigados en sus zonas tradicionales; sólo recientemente existe un cierto interés por esta bebida en regiones en las que no se ha consumido, iniciándose un cierto movimiento comercial, posiblemente, apoyado por los avances tecnológicos y por la obtención de tipos de sidra no tradicionales que incrementan la oferta existente.

El proceso de elaboración es bastante sencillo: las manzanas, sin una maduración intensa y con características ácidas y astringentes, se someten a prensado, con lo que resulta una parte líquida, el mosto, y un residuo sólido, la **pomasa**, el cual se usa para la obtención de pectinas o para otros usos industriales. El mosto se introduce en barricas de roble, donde sucede una fermentación espontánea producida por levaduras salvajes, aunque la predominante suele ser *Saccharomyces uvarum*. Si bien las barricas son cerradas, tienen una pequeña abertura por la que se pierde parte del CO₂.

El caldo obtenido de esta fermentación puede tener tres destinos:

- Uso directamente para su consumo. El producto es de baja graduación, generalmente, con no más de un 4,5% de alcohol: es la sidra de año.
- Se embotella para que sufra una segunda fermentación leve aprovechando los azúcares residuales. Tiene mayor graduación –hasta un 5,5%– y una mayor carbonatación.
- Se embotella añadiendo azúcares, lo que da origen a un producto más dulce, con alto contenido en CO₂ y mayor graduación alcohólica –hasta un 6%–; son las sidras achampañadas.

En cualquier caso, si la fermentación de azúcares es total, resultan las sidras secas, pero si se interrumpe, dejando azúcares libres, tenemos las dulces y semi-dulces.

23.6. Destilados alcohólicos

Los destilados alcohólicos constituyen el otro gran grupo de bebidas alcohólicas; sus características generales son una alta graduación alcohólica –de más de 40° en la mayoría de los casos– y obtención por destilación de un caldo fermentado.

Los procesos que se siguen para elaborar estas bebidas son bastante parecidos; cabe agruparlos en los siguientes pasos:

1. **Preparación del caldo de fermentación:** la materia prima es muy variada, desde las melazas procedentes de la obtención de azúcar de remolacha o caña, hasta extractos de malta, mostos de uva o de manzana, etc. En ocasiones, este paso falta si se parte de un producto ya fermentado.
2. **Fermentación alcohólica típica.**
3. **Tratamiento de los caldos:** suele consistir en un filtrado para eliminar sólidos de la fermentación y, según el producto, se pueden añadir colorantes, aromas, etc.
4. **Destilación:** es el paso más importante y más delicado en estos productos. Aunque en la actualidad los procesos industriales más o menos sofisticados han sustituido a los artesanales, en numerosas ocasiones aún se siguen utilizando los famosos alambiques. En esta fase, el licor adquiere una alta graduación alcohólica, pudiendo llegar a 70°.
5. **Maduración:** la mayor parte de los destilados necesitan un período de maduración que puede ser muy largo; en ocasiones, para acelerar este proceso, se recurre a técnicas especiales con las

que se consiguen oxidaciones artificiales, como hacer pasar el destilado por virutas de madera.

La variedad de estos productos es grande; sólo nos referimos a las características más sobresalientes de los más extendidos.

23.6.1. Coñac y brandy

La denominación de coñac sólo se aplica al producto destilado a partir del vino que se obtiene en las viñas de la región de Cognac de Charente, en Francia, mientras que se habla de brandy para los restantes productos semejantes elaborados de forma parecida, pero no en la región de Cognac.

PARA SABER MÁS...

El coñac francés surgió como solución para los vinos de la zona de Charente, que eran muy ácidos y astringentes: mediante su destilación y aromatización posterior, el producto era consumible. En el caso del brandy español, su descubrimiento fue accidental, ya que, a partir de los vinos de Jerez, se obtenían unos destilados alcohólicos llamados **holandas** que se destinaban a la exportación. En un determinado momento no se pudo realizar la exportación y se guardaron en cubas. Al cabo de un tiempo se observó que, al sacarlos, sus características habían cambiado y que habían mejorado sustancialmente.

Ya se hable de coñac o de brandy, el producto se obtiene por una doble destilación de los vinos, resultando un producto de unos 70°; el destilado se deposita en barricas de roble para su maduración, durante la cual disminuye su graduación alcohólica hasta, aproximadamente, 40°, que es lo ideal, y toma su color y bouquet característico.

23.6.2. Whisky

El whisky procede de la fermentación de una malta de cebada, parecida a la que se prepara para la cerveza y su posterior destilación. La maduración se debe hacer en barricas de roble, en las que completa sus aromas propios.

Es posible recurrir a otros cereales para preparar el producto base, uniéndose después los destilados y originando la calidad *blended* o mezcla. El *bourbon* es el whisky americano obtenido, fundamentalmente, del maíz.

23.6.3. Otros destilados

A partir de mezclas de vinos de la región francesa de Armañac y su posterior destilación se obtiene el **armañac**. Utilizando como materia prima el centeno se obtiene el **vodka**, que es el destilado típico de Rusia; si

es arroz, se produce el **arrack** de algunas regiones de la India. Con las melazas de caña en Jamaica y las Antillas se prepara el **ron**; por destilación de la sidra, el **calvados**. Si el producto destilado contiene restos de azúcares y se aromatiza con hierbas o bayas se obtiene la **ginebra**, aromatizada con enebro; el **anís**, con grano de anís; el **pacharán** con endrinas, o licores a base de hierbas, como el **chartreuse**.

23.7. Determinaciones analíticas

23.7.1. Determinaciones físico-químicas

Como se trata de un grupo de productos muy extenso con características bastante diferentes y con composiciones muy variables de unos a otros, nos referiremos tan sólo a algunas determinaciones generales útiles para las bebidas alcohólicas en general.

Las muestras que haya que estudiar deben desgasificarse por simple agitación en frío.

□ Grado alcohólico

Se entiende como tal el tanto por ciento de alcohol en volumen y determinado a 20°C. Para su determinación se utiliza una muestra de unos 100 ml del producto, que se diluye con igual cantidad de agua destilada y se destila para separar el alcohol. Se recogen 90 ml del destilado en el mismo recipiente que sirvió para medir la muestra y su volumen se completa a 100 ml.

A continuación, se determina su densidad: se llena con el destilado un picnómetro de líquidos y se pesa. Se vacía y enjuaga varias veces con agua destilada, llenándolo entonces con agua y pesándolo. La densidad viene dada por la relación peso del destilado / peso del agua. Una vez conocida la densidad y con la ayuda de tablas alcoholimétricas, se determina la cantidad de alcohol de la bebida en % en volumen.

□ Acidez total

Se valoran 50 ml de la muestra frente a una solución de sosa 0,1 N. Se puede usar como indicador la fenolftaleína para vinos blancos y licores incoloros, y el tornasol para tintos y licores muy coloreados.

La acidez total se puede expresar como ácido tartárico, especialmente, para los vinos, aplicando esta relación:

1 ml de sosa 0,1 N = 0,007 g de ácido tartárico

O se puede expresar como ácido láctico, en especial, para las cervezas:

1 ml de sosa 0,1 N = 0,009 g de ácido láctico

O como ácido acético para los destilados:

1 ml de sosa 0,1 N = 0,006 g de ácido acético

□ Acidez volátil

Se usa una muestra de 50 ml y se procede a una destilación en corriente de vapor. El destilado se valora frente a hidróxido sódico 0,1 N y el resultado se expresa en ácido acético, según la relación ya indicada.

□ Acidez fija

La acidez fija se calcula en ácido tartárico aplicando la siguiente relación:

$$\text{Acidez fija} = \text{Acidez total} - \frac{\text{Acidez volátil} \times E_t}{E_a}$$

En ella, E_t es el equivalente del tartárico = $P_m/2 = 150/2 = 75$; E_a , el equivalente del acético = $P_m = 60$.

23.7.2. Determinaciones microbiológicas

La microbiología de las bebidas fermentadas y destiladas es materia específica de la tecnología de estos productos y, por tanto, queda fuera del alcance de esta obra. No obstante, en ocasiones puede ser necesario investigar la presencia de flora alterante.

Las levaduras salvajes, distintas de las implicadas en las fermentaciones, son más resistentes a la cicloheximida que las especies manejadas para la fermentación; por consiguiente, su incorporación, a una concentración de 10 ppm, posibilita detectar levaduras como *Pichia*, *Brettanomyces* y *Torulopsis*. Este medio permite también identificar contaminantes bacterianos, puesto que las bacterias son resistentes al producto. No obstante, hay que tener en cuenta que algunas levaduras, como las del vino de Jerez o las de iniciación del vino de Burdeos, pueden sobrevivir en este medio.

Un medio adecuado de investigación es el agar de recuento en placa, enriquecido en glucosa y extracto de malta. Deben incubarse series de placas en aerobiosis y anaerobiosis a 30°C. Entre las bacterias alterantes habituales están pediococos, lactobacilos y productoras de ácido acético. Un microorganismo importante en la industria cervecera es *Zymomonas anaerobia*, que origina turbidez y sabores extraños y crece exclusivamente en anaerobiosis.

Otro buen medio para la determinación de levaduras salvajes es el agar-lisina, en el que *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces carlbergensis* son incapaces de crecer.

23.8. Bebidas no alcohólicas o refrescantes

Se consideran como bebidas no alcohólicas o refrescantes las bebidas no fermentadas, carbónicas o no,

preparadas a base de agua potable y con los ingredientes característicos de esa bebida. Estos ingredientes son: zumos de frutas, extractos de fruta o partes de plantas comestibles, frutas, semillas y tubérculos disgregados, esencias naturales o agentes aromatizantes, edulcorantes naturales y ácido carbónico.

23.8.1. Tipos de bebidas

Según los componentes de estas bebidas, se pueden distinguir las siguientes clases:

- **Agua gaseada:** se elabora exclusivamente con agua potable y anhídrido carbónico. Se la conoce también como **agua de Seltz**. Si se añade bicarbonato sódico, recibe el nombre de **agua de soda**.
- **Bebidas gaseosas:** se preparan con agua potable, anhídrido carbónico, edulcorantes, aromas y acidulantes. Los edulcorantes pueden ser naturales o artificiales. Entre los acidulantes se incluyen los siguientes ácidos: tartárico, cítrico, málico, láctico y fosfórico.
- **Bebidas refrescantes aromatizadas:** se preparan con agua potable, gaseada o no, edulcorantes, aromatizantes y otros aditivos. Los acidulantes son los indicados en el apartado anterior. Pueden contener zumos de frutas y, en el caso de las bebidas de cola, pueden contener cafeína en una cantidad máxima de 0,015% en peso. Las aguas tónicas y los amargos no alcohólicos pueden contener quinina en una cantidad máxima de 0,01%.
- **Bebidas refrescantes de extractos:** se elaboran como las bebidas refrescantes aromatizadas, pero añadiendo extractos o agentes aromáticos naturales de origen vegetal.
- **Bebidas refrescantes de zumos de frutas:** es la característica de su elaboración el uso de zumos de frutas, además de los componentes ya indicados.
- **Bebidas refrescantes de disgregados de frutas:** en este caso, se introducen disgregados de frutas emulsionados, edulcorantes naturales y otros productos autorizados. Los ejemplos típicos son las horchatas y las bebidas de disgregados de frutas.

En la elaboración de las bebidas refrescantes, las materias básicas que se emplean son agua potable, anhídrido carbónico y jarabes compuestos o preparados básicos. Evidentemente, el agua debe reunir las características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas de máxima calidad. El anhídrido carbónico ha de tener una pureza mínima de un 99,8%, estar exento de otros gases, como ácidos nitroso y sulfúrico y anhídrido sulfuroso y carecer de otras impurezas, como aire u óxido de carbono.

El jarabe compuesto o preparado básico es el componente que imprime su carácter a las bebidas refrescantes, confiriéndoles el sabor y propiedades específicas. Generalmente, resulta de la mezcla de todos o algunos de los siguientes ingredientes: edulcorantes naturales y sus derivados; zumos; extractos o disgregados vegetales, especialmente, de frutas; y agentes aromatizantes y aditivos.

23.8.2. Determinaciones analíticas de control

Las determinaciones analíticas básicas comprenden pH, cenizas, acidez, expresada en ácido tartárico, y azúcares reductores, expresados en sacarosa. Los procedimientos son los que ya se han explicado en anteriores unidades de trabajo. En el caso de aguas tónicas, además, tiene interés su contenido en quinina.

□ Quinina

Se determina mediante la absorción comprendida entre 300 nm y 375 nm en espectrofotometría UV; se observará un máximo de absorción a 347,5 nm.

Hay que leer la absorción de la solución a 347,5 nm frente a un blanco de la misma solución que no contenga quinina. Se sustrae la lectura del blanco, y, finalmente, se prepara una curva de calibración con diversas concentraciones de quinina frente a la absorción a 347,5 nm.

23.8.3. Microbiología y control microbiológico

La microflora de las bebidas recién preparadas es muy variada, pero con posterioridad desaparecen numerosas especies bajo el efecto de los agentes selectivos existentes en el medio, especialmente, el pH bajo y la gran concentración de CO₂. Los microorganismos que se han detectado en las materias primas, en materiales o en el producto días después del envasado, se incluyen en tres grupos:

- Agentes alterantes típicos.
- Microorganismos alterantes, pero sólo bajo condiciones específicas.
- Microorganismos normalmente no alterantes.

En el primer grupo se encuentran levaduras que producen una fermentación rápida; en orden decreciente de importancia, estas levaduras son: *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces uvarum*, *Saccharomyces microellipsoides*, y *Saccharomyces florentinus*. Son de fermentación lenta *Brettanomyces naardenensis*, *Saccharomyces intermedius*, *Saccharomyces baillii*, *Saccharomyces bispurus*, *Torulopsis stellata*, *Saccharomyces montanus* y *Candida parapsilopsis*.

En cuanto a las bacterias, los principales agentes de alteración son las ácido-lácticas, G+, catalasa negativas del género *Leuconostoc* que suelen soportar bien las condiciones del entorno de las bebidas.

Como agentes potenciales de alteración cabe citar levaduras como *Hansenula* y *Pichia*, bacterias como *Gluconobacter* y *Lactobacillus*, y diversos mohos: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Fusarium* y *Oospora*. En el zumo de tomate pueden multiplicarse bacterias del género *Clostridium*.

Finalmente, algunos microorganismos pueden sobrevivir en las bebidas sin provocar efectos evidentes en ellas. Éste es el caso de levaduras aerobias como *Rhodotorula* y el de bacterias aerobias como las de los géneros *Bacillus* y *Acetobacter*. A esto hay que añadir algunos microorganismos de interés higiénico, como *Escherichia coli* y otros coliformes, estreptococos del grupo D e, incluso, otros agentes de interés sanitario, como salmonelas, estafilococos y clostridios, que pueden sobrevivir durante un cierto tiempo en las bebidas.

Para el análisis microbiológico, en las bebidas gaseosas hay que degasificar la muestra, para lo cual se toman unos 50 ml del producto y se vierten en un matraz con perlas de vidrio. Se disuelve y elimina el gas mediante agitación durante unos minutos a temperatura ambiente. Si el producto es muy ácido, se neutraliza con fosfato tripotásico al 20%. Una vez preparada la muestra, se realizan las diluciones decimales correspondientes, usando agua de triptona como diluyente.

El protocolo de análisis comprende:

- Recuento de colonias aerobias mesófilas ($31 \pm 1^\circ\text{C}$).
- Investigación y recuento de *Escherichia coli*.
- Investigación de *Salmonella-Shigella*.
- Investigación y recuento de *Clostridium* sulfito-reductores.
- Investigación y recuento de mohos y levaduras.

ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA – APRENDIZAJE

- 1** Diseño y estudio de campo sobre los tipos de bebidas alcohólicas de mayor consumo en la zona.
- 2** Elaboración de los protocolos de análisis físico-químico rápido para cada uno de los grupos de alimentos analizados en la unidad.
- 3** Confección de esquemas de protocolo de recuento, detección e identificación de microorganismos para los tipos de alimentos analizados en la unidad.
- 4** Aplicación del protocolo correspondiente, de los diseñados en la actividad anterior, al análisis microbiológico de una muestra de un alimento de cada grupo.
- 5** Visita a una bodega y a una planta embotelladora de bebidas refrescantes, elaborando un informe en el que se recoja información sobre acondicionamiento de la materia prima a la recepción, equipamiento de las instalaciones, procesos de trabajo, controles realizados y libramiento de productos.

GRUPO MISCELÁNEO DE ALIMENTOS

Unidades temáticas

- 24. Edulcorantes**
- 25. Condimentos y estimulantes**

Objetivos didácticos

1. Esquematizar las características organolépticas, físico-químicas y bromatológicas principales de los alimentos del grupo.
2. Analizar las propiedades que presentan los condimentos aromáticos principales por su composición en principios activos.
3. Describir los derivados principales que se obtienen de los alimentos del grupo.
4. Caracterizar las modificaciones fundamentales que durante los procesos de manipulación, almacenamiento o tratamiento tecnológico pueden sufrir los alimentos del grupo.
5. Fundamentar los procedimientos generales de control de calidad tanto físico-químicos como microbiológicos aplicables a los alimentos del grupo.

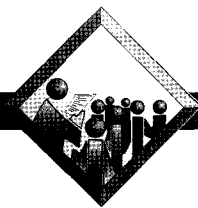
PRESENTACIÓN

En este bloque formativo se recogen un conjunto de alimentos y productos alimenticios que son difíciles de clasificar en el resto de los grupos, pero que tienen en común algunas características: estar presentes, fundamentalmente, como complementos en la alimentación habitual y utilizarse para potenciar o modificar los aromas y sabores de los alimentos en los que intervienen.

Esta condición de producto especial ha hecho que, a lo largo de la historia de la humanidad, su obtención, comercio, transporte y adquisición hayan sido tareas que han evolucionado de forma paralela con grandes acontecimientos históricos: la apertura de grandes líneas comerciales, los grandes viajes de descubrimientos; o que hayan constituido un signo externo de riqueza, como en los banquetes romanos, o en las despensas de nobles y reyes de la Edad Media; o causa de guerras, revoluciones, etc. Algunos de estos productos han constituido en diferentes épocas patrones económicos, recuérdese el origen de la palabra salario, incluso en la actualidad existen organismos internacionales y estructuras económicas de tipo bursátil para regular los precios de algunos de estos productos como es el caso del café y el cacao.

El bloque se ha estructurado en dos unidades temáticas: en la primera se tratan las sustancias utilizadas principalmente como edulcorantes, las dos más importantes de origen natural el azúcar y la miel, incluyendo las principales características del grupo de aditivos utilizados con esta misma finalidad.

La segunda unidad trata de dos grupos de sustancias: los condimentos, incluyendo la sal, vinagres y especias, y los productos alimenticios con características estimulantes de los cuales los más importantes son el café, té y cacao.



EDULCORANTES

1. El sabor dulce: una sensación singular. 2. El azúcar. 3. La miel. 4. Otros productos edulcorantes de origen natural. 5. Control microbiológico de edulcorantes naturales. 6. Edulcorantes artificiales.

24.1. El sabor dulce: una sensación singular

El sabor dulce se asocia, habitualmente, a compuestos hidrocarbonados como la sacarosa o el azúcar de mesa; no obstante, existen otras muchas sustancias capaces de desencadenar esta sensación; así, moléculas con grupos hidroxilo alcohólicos –especialmente, el glicerol–, algunos aminoácidos, péptidos, ácidos orgánicos, aldehídos –como el aldehído cinámico de la canela–, dihidrocalconas, ciclamatos, etc., pueden producir una sensación dulce en aquellos productos en los que se encuentran o a los que se añaden.

Tal variedad de sustancias, de estructura química tan dispar, que desencadenan la misma sensación, ha estimulado durante mucho tiempo a fisiólogos y químicos en la búsqueda de las características moleculares o fisiológicas determinantes de esta propiedad. Como consecuencia de esta búsqueda, se han identificado, a veces, de forma accidental, múltiples compuestos que confieren un sabor dulce a los alimentos en los que se utilizan.

Uno de los primeros compuestos descubiertos, en 1879, fue la sacarina, quinientas veces más dulce que el azúcar y utilizada principalmente por diabéticos, que hasta entonces sólo disponían del sorbitol como edulcorante alternativo al azúcar, el cual presenta el inconveniente de su efecto laxante cuando se usa en cantidades relativamente altas. En los años treinta se descubrió el ciclamato; en los cincuenta, la dulcina; en los ochenta, el aspartamo. Al consumir algunos de estos compuestos, dejaban un cierto regusto amargo.

Por otra parte, hay plantas que contienen sustancias dulces, pero que corrientemente presentan un regusto

amargo. La que mejor se conoce es la raíz de *Glycyrrhiza glabra*, de cuyo extracto se obtiene el regaliz, la cual se emplea para preparar algunos tabacos de pipa y en la industria de los aromas entra en preparados de vainilla y chocolate.

Se esperaba hallar en todas estas sustancias dulces y amargas, naturales o sintéticas, un componente común o una cierta similitud química, cosa que no es así; incluso, se ha encontrado que entre dos sustancias casi idénticas, sólo una era dulce. La hipótesis más acertada, aunque aún no suficientemente probada, sostiene que estas sustancias tan diversas tienen en común la capacidad de establecer un tipo concreto de puentes de hidrógeno con las moléculas proteicas específicas de los receptores de sabor.

Todas las sustancias edulcorantes son hidrosolubles y con capacidad para formar estos puentes de hidrógeno; químicamente, el hidrógeno sólo puede formar una unión estable con otro átomo, pero puede unirse eléctrica y débilmente con un segundo átomo, creando así un puente o enlace. Para que la sustancia sea edulcorante y se comporte como tal debe disponer de dos puntos desde los que se puedan formar estos puentes (Figura 24.1).

Estos puntos se denominan *AH* y *B* y debe haber entre ellos una determinada distancia (unos 0,3 nanómetros). Si la distancia efectiva entre estos dos grupos es muy grande, son incapaces de enlazarse a los grupos activos del corpúsculo gustativo, y si es muy pequeña, forman enlaces intramoleculares; en ambos casos, la sensación dulce disminuye.

No obstante, el débil contacto que se establece con el receptor indica que debe existir un tercer punto, cercano a los anteriores, que repela el agua, hidrófobo: el

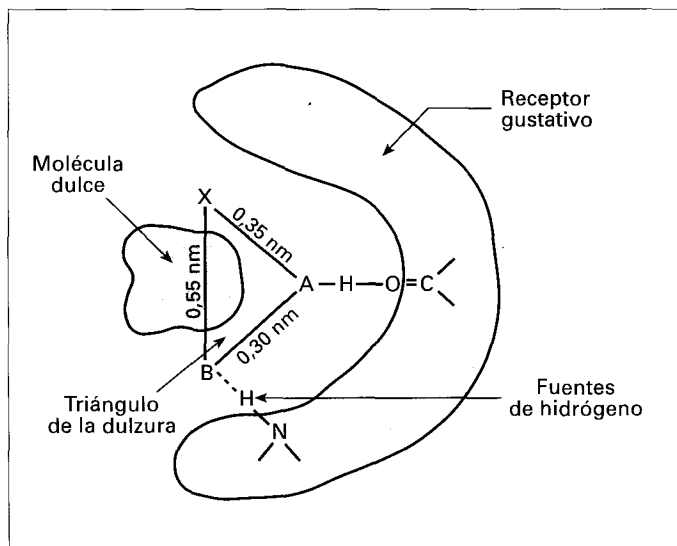


Figura 24.1. Esquema de la interacción de un edulcorante y el receptor gustativo.

llamado punto X. Estos tres puntos, AH, B y X, constituyen el triángulo del gusto dulce, en el que AH debe ser un átomo de nitrógeno o de oxígeno unido a un átomo de hidrógeno, y B, un elemento capaz de atraer un hidrógeno para establecer un puente débil. Esta hipótesis ha sido confirmada al sintetizarse estructuras que cumplen estas características estructurales y que presentan sabor dulce.

Por todo lo que se ha indicado hasta aquí, podemos concluir que en la actualidad disponemos de dos grandes categorías de sustancias edulcorantes: las naturales, representadas por el azúcar y la miel, y las sintéticas, con varias sustancias sintetizadas y comercializadas.

24.2. El azúcar

Azúcar es el nombre con que habitualmente se denomina a la sacarosa. Junto con la sal, se trata de un alimento consumido por el ser humano que es, prácticamente, una sustancia química pura cristalizada. La sacarosa es muy abundante en la naturaleza. Se encuentra en todos los vegetales clorofílicos, dado que es el principal producto de la fotosíntesis.

24.2.1. Características físico-químicas

Químicamente, el azúcar es un disacárido formado por glucosa y fructosa: 1,2- α -D-glucopiranosil- β -D-fructofuranosa (Fig. 24.2).

Como se aprecia en su estructura, las funciones reductoras semi-acetálicas están bloqueadas, tanto la función aldehído de la glucosa como la cetónica de la fructosa. Esto explica la ausencia de poder reductor en su molécula y que no sea sustrato de pardeamientos no enzimáticos; para que esto pueda ocurrir, debe hidrolizarse, invertirse en glucosa y fructosa.

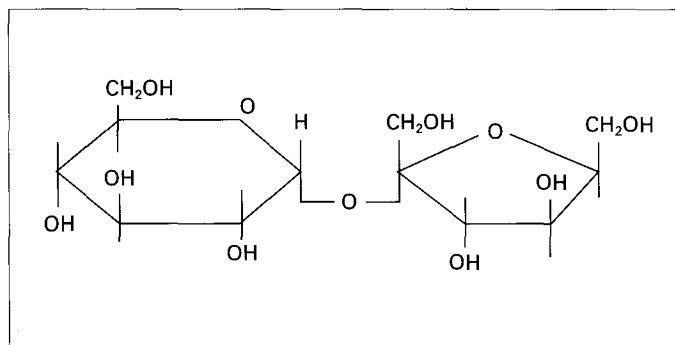


Figura 24.2. Estructura de la sacarosa.

La hidrólisis enzimática de la sacarosa puede realizarse mediante dos oxidasas: 1'- α -glucosidasa y la β -fructosidasa. Esta última recibe el nombre de **invertasa** y está ampliamente distribuida en las levaduras de panadería o vinificación y en el intestino humano. La inversión también puede conseguirse por hidrólisis ácida, con ácido clorhídrico a temperatura elevada; este tipo de inversión está favorecido por el pH ácido de los alimentos y se produce de forma espontánea en los zumos de frutas durante su almacenamiento.

En cualquier caso, el producto formado es el **azúcar invertido**, así denominado porque el poder rotatorio de la solución frente a la luz polarizada se ha invertido por la hidrólisis: pasa de $(\alpha)_D = +66,5^\circ$ de la solución de sacarosa a -20° de la solución de azúcar invertido.

El proceso de la inversión también provoca un aumento de un 5,26% del peso en materia seca en la solución, una débil elevación del sabor dulce y, especialmente, una elevación de la solubilidad del azúcar en solución (Fig. 24.3).

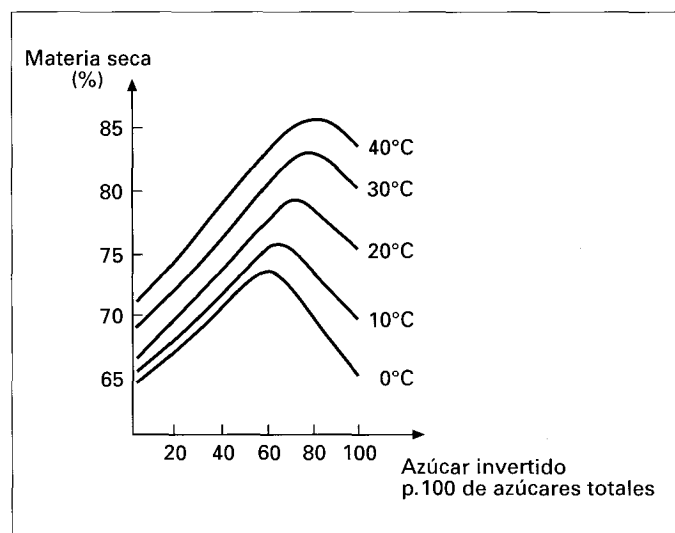


Figura 24.3. Curvas de solubilidad de mezclas de sacarosa-azúcar invertido a diferentes temperaturas.

Esta posibilidad de aumentar los azúcares en solución es muy útil para producir jarabes de azúcares. Hay que tener presente, además, que, a igual residuo seco, las soluciones de azúcar invertido son menos viscosas que las de sacarosa y que disminuye el riesgo de desarrollo de levaduras o mohos osmófilos.

El aumento de solubilidad por la inversión se debe a la alta solubilidad de la fructosa y a la dificultad de cristalización de la glucosa, ya que una solución sobresaturada de glucosa cristaliza mucho más lentamente que otra de sacarosa.

Cuadro 24.1. Solubilidad de diferentes azúcares en agua a 20°C.

Azúcar	g/100g H ₂ O
Sacarosa	204
Fructosa	375
Glucosa (hidrato)	107
Maltosa	83
Lactosa	20

Otra importante característica tecnológica es la posibilidad de obtener soluciones sobresaturadas de sacarosa enfriando soluciones saturadas preparadas en caliente. Además, la velocidad de cristalización de la sacarosa en soluciones saturadas y el tamaño de los cristales que se forman se pueden reducir por la adición de glucosa, azúcar invertido, jarabes de glucosa o agentes hidrocoloides que elevan la viscosidad. Esta propiedad se aprovecha en confitería para conseguir productos en los que la sacarosa no cristalice a pesar de su alta concentración.

Los azúcares tienen una gran higroscopicidad que puede afectar a la textura de algunos alimentos. Así, la glucosa, la maltosa y los jarabes de glucosa, todos con gran poder reductor, son menos higroscópicos que la sacarosa, y menos aún que el azúcar invertido y la fructosa. En algunos productos se mantiene una determinada cantidad de componentes higroscópicos cuando interesa mantener cierto grado de humedad; así ocurre en algunas masas de confitería. En cambio, en otros casos, la presencia de agentes higroscópicos es desfavorable, por ejemplo, en los productos de confitería, en los que los azúcares deben permanecer en estado vítreo; en ellos, la adsorción de agua puede acelerar la cristalización, liberando agua adsorbida y originando una masa pegajosa.

El estado vítreo es un estado amorfo en el que no se detecta ninguna estructura por rayos X. Su viscosidad, muy elevada, impide la cristalización del azúcar. Es posible alcanzar este estado vítreo por distintos procedimientos físicos: fusión seguida de enfriamiento —es el caso de los azúcares cocidos— y deshidratación de soluciones.

Este estado vítreo es inestable y, por encima de cierta zona de temperatura, llamada de transición o transformación, la viscosidad decrece y el azúcar puede cristalizar. Además, los azúcares en este estado vítreo son higroscópicos, lo que contribuye aún más a su inestabilidad. En este estado, la sacarosa y la lactosa se vuelven pegajosas cuando captan agua, pues comienza su cristalización y el agua disuelve las capas externas del azúcar.

En el Cuadro 24.2 aparecen ejemplos de alimentos en los que intervienen azúcares en estado vítreo, y los defectos que pueden surgir por inestabilidad del sistema.

PARA SABER MÁS...

Los caramelos duros son soluciones sobresaturadas de sacarosa en estado vítreo. En este caso, la cristalización de la sacarosa está impedida por la alta viscosidad y rigidez de la masa y por la presencia de otros azúcares, como la glucosa o jarabes de glucosa.

La baja proporción de azúcar invertido, inversión controlada durante la cocción, y un alto contenido en jarabe de glucosa, reducen su higroscopicidad. Así, una adsorción de agua durante su almacenamiento origina la cristalización de la sacarosa y pegajosidad. Además, cuanto mayor proporción contenga en jarabe de glucosa, más se retardará su disolución en la boca.

Los caramelos fundentes contienen pequeños cristales, finamente dispersados, de sacarosa y azúcar invertido, que se consiguen por batido durante el enfriamiento de la masa. Los caramelos con un centro blando se preparan con invertasa.

Es posible afirmar que la textura de la mayoría de los productos de confitería depende del control de la cristalización de la sacarosa que hay en las soluciones sobresaturadas.

24.2.2. Obtención

La sacarosa procede de diferentes plantas azucareras o sacarinas. Las más utilizadas son la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*, L.) y la remolacha azucarera (*Beta vulgaris*, L.), variedad rapa. No obstante, también se obtiene un producto aceptable de otras plantas, especialmente de éstas:

- **Arce (*Acer saccharum* o *Acer nigrum*):** se obtiene el jarabe de arce, que es la savia obtenida haciendo incisiones en el tronco; contiene un promedio de sacarosa de un 5%.
- **Palmera datilera:** a partir de sus frutos, los dátiles, se consigue un jarabe que da un azúcar de baja calidad: el azúcar de palma.
- **Sorgo azucarero:** se trata de una variedad de sorgo cultivada en China e India. Se extrae azúcar de baja calidad del tallo, que es parecido a la caña de azúcar.

Cuadro 24.2. Alimentos con azúcares en estado vítreo: inestabilidad y remedios.

<i>Alimento</i>	<i>Estado vítreo formado por</i>	<i>Azúcares implicados</i>	<i>Defectos y remedios</i>
Cremas heladas	Congelación	Sacarosa, lactosa	Granos (formación de cristales de lactosa, favorecida por el almacenamiento entre -17°C y -23°C). Evitar contenidos elevados en lactosa. Pegajoso, formando grumos.
Leche descremada en polvo	Deshidratación	Lactosa (representa el 40% de materia seca)	Debe almacenarse en empaque impermeable para mantener un contenido en agua inferior al 4,5%. Posibilidad de "instantaneización".
Algunos caramelos	Concentración por ebullición seguida de enfriamiento	Sacarosa, glucosa, azúcar invertido	Hundimiento; formación de cristales; superficies pegajosas. Evitar un contenido elevado en azúcares higroscópicos y un almacenamiento a temperatura y/o humedad relativa muy alta. Licuefacción parcial.
Algunos alimentos liofilizados	Deshidratación	Diversos	Apelotonamientos que se producen durante la liofilización y la retardan. Hacen la hidratación más difícil. Proteger contra las temperaturas y humedades relativas demasiado elevadas.

Cuadro 24.3. Composición y características de algunos productos de confitería.

<i>Tipo de producto</i>	<i>Estado físico</i>	<i>Temperatura final de cocción</i>	<i>Contenido final en agua (%)</i>	<i>Contenido en sacarosa (% de azúcares totales)</i>	<i>Contenido en azúcar invertido (% de azúcares totales)</i>	<i>Contenido en jarabe de glucosa (% de azúcares totales)</i>	<i>Otros constituyentes</i>
Caramelo duro	Vítreo	115-170	1-2	25-100	0-10	0-60	Mantequilla (≈5%)
Fundente	Prácticamente cristalino (emulsión)	≈115	10-15	50-100	5-10	0-40	Mantequilla, almidón, ovoalbúmina
Caramelo	No cristalino (emulsión)	≈120	≈10	0-50	0-15	0-50	Leche descremada en polvo, grasas
Turrón	No cristalino	≈126	≈8	20-50	0-15	30-60	Grasas

En la actualidad, en nuestro entorno, el azúcar obtenido desde la remolacha ha desplazado al de caña. Las fases iniciales de extracción son parecidas en ambos casos: se limpian las raíces de la remolacha o los tallos de la caña; y se corta en finas rodajas la raíz de la primera o se trituran los tallos de la segunda. Es preferible cortar y no triturar la remolacha para conservar bien la integridad de los cristales de sacarosa.

El contenido medio de sacarosa en la remolacha es de un 15% a un 18%, aunque hay variedades con un 30%. Dentro de la misma raíz, la zona central es más rica que la periferia. En la caña, el promedio de sacarosa se encuentra entre un 14% y un 17%.

Las rodajas de remolacha se someten a una extracción a contracorriente con agua a 85°C y la sacarosa se

extrae por difusión. En la caña, los tallos triturados se lixivian. En los dos casos, el jugo resultante se clarifica en las encaladoras con cal y carbonato cálcico; el cambio de pH que tiene lugar hace que muchas de las impurezas precipiten. El sacarato cálcico permanece soluble en el líquido de difusión y se somete a un proceso de carbonatación mediante burbujeo de CO_2 , con lo cual se precipita el carbonato cálcico y queda libre la sacarosa. Esta clarificación suele repetirse dos veces.

El jugo clarificado se concentra por ebullición bajo vacío. La masa cocida contiene entre un 55% y un 70% de materia seca. El líquido o **miel verde** se enfría y aparecen los primeros cristales de sacarosa; el conjunto se centrifuga, obteniéndose un azúcar de baja graduación, el **azúcar centrifugado** en el caso de la remolacha o **azúcar moreno** en el de la caña. La miel verde residual evaporada da **azúcar de segunda** y queda la **miel verde de segunda**. Rara vez se consigue un **azúcar de tercera** de esta miel.

Para el refinado del azúcar obtenido se prepara una nueva solución de los cristales, ya sea azúcar centrifugado o moreno, que se filtra sobre carbón animal y fosfato de calcio, los cuales absorben el resto de las impurezas, especialmente, pigmentos; en ocasiones se añaden colorantes azules para blanquear más el producto.

El jugo que resulta se concentra al vacío hasta saturación y se induce su cristalización sembrando cristales de una cristalización precedente. Los cristales obtenidos se separan por centrifugación y luego se secan.

A lo largo de todo el proceso aparecen numerosos subproductos: pulpa y fibra, usadas para alimentar a los animales y para fabricar papel; melazas, como restos de las diferentes centrifugaciones y separaciones, que también sirven en alimentación animal, como sustrato para cultivar levaduras de panadería o vinificación o como materia prima para fabricar bebidas alcohólicas o alcoholes.

El azúcar refinado debe contener un 99,9% de sacarosa; el azúcar centrífugo, un 99,7%; y el azúcar moreno, un 87%.

Según las formas de presentación, el azúcar recibe diferentes nombres:

- **Azúcar blanquilla o blanco cristalizado:** procede de los primeros productos de extracción. Su color es blanco o ligeramente amarillento, totalmente soluble en agua y con un 99,7% de sacarosa sobre materia seca.
- **Azúcar pilé:** se origina en los primeros productos de extracción, aglomerado en las centrífugas y desmenuzado en terrones de tamaño irregular. Es de color blanco y completamente soluble en agua.

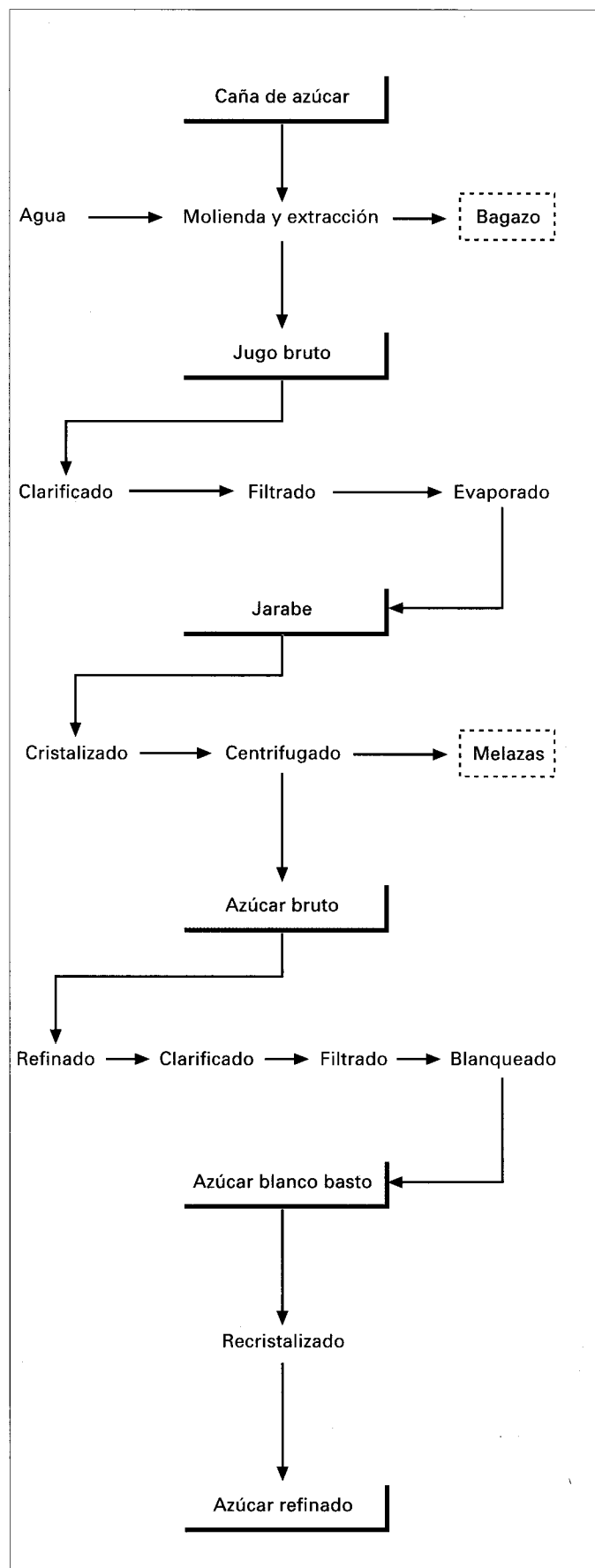


Figura 24.4. Diagrama de flujo de la producción de azúcar refinado a partir de la caña de azúcar.

- **Azúcar pilón:** es el azúcar refinado cuando se presenta en forma de panes cónicos.
- **Azúcar granulado:** es el azúcar refinado o crudo presentado en cristales más o menos gruesos.
- **Azúcar cuadradillo o cortadillo:** se trata del azúcar granulado cortado en forma de prisma cuadrangular. Si está empaquetado, se denomina **azúcar estuchado**.
- **Azúcar cande:** es el azúcar refinado que se presenta en grandes cristales transparentes y de disolución difícil.
- **Azúcar rubio o terciado:** se trata del azúcar crudo de color amarillento o pardo, pegajoso al tacto, casi totalmente soluble en el agua, dando una solución amarillenta y turbia con un mínimo de un 85% de sacarosa sobre materia seca.
- **Azúcar glacé:** es la mezcla de azúcar en polvo con un 0,5% de fécula de maíz o arroz.

24.2.3. Determinaciones analíticas de control

Las determinaciones básicas en cualquiera de las presentaciones del azúcar comprenden las determinaciones estándar de cenizas, humedad y pH; en este último caso, se recomienda realizarla en una solución al 25%.

Son investigaciones específicas la determinación de azúcares reductores, con el mismo procedimiento que el indicado para los helados (Unidad de Trabajo 12), pero expresando los resultados en azúcar invertido, y la rotación óptica específica mediante polarimetría, con una solución al 10%.

En las presentaciones de azúcar refinado se ha de hacer la determinación de dióxido de azufre, para lo cual se utilizan 32, 64 o 96 g de muestra, a la que se añaden 500 ml de ácido clorhídrico al 5%; esta solución actuará como solución de destilación. En un tubo en *U* se preparan 5 ml de una solución de 25 ml de peróxido de hidrógeno de 10 volúmenes que se habrá titulado con hidróxido sódico 0,1 M con unas gotas de azul de bromofenol al 0,1%, hasta que aparezca una ligera coloración azul. La solución de destilación se vierte en un matraz con tubuladura lateral y se conecta a un condensador; la parte terminal del condensador se conecta al matraz colector y al tubo en *U*. Se burbujea CO₂ o nitrógeno puro a través de las soluciones. Pasados unos quince minutos, se inicia el calentamiento del matraz de destilación y se hierve durante hora y media o dos horas. Después, se lava la solución de peróxido del tubo en *U* al matraz colector y el peróxido se titula con hidróxido sódico 0,1 M.

Para llegar a los resultados correspondientes, se aplican las siguientes relaciones:

1 ml de hidróxido sódico 0,1 M = 0,0032 g de SO₂

ppm de SO₂ = título x 100/3 para 96 g de muestra
 = título x 100/2 para 64 g de muestra
 = título x 100 para 32 g de muestra.

24.3. La miel

En el Código Alimentario Español la miel se define como *el producto azucarado natural, elaborado por las abejas Apis mellifica L., a partir del néctar de las flores y otras exudaciones de plantas, sin adición alguna*.

Se trata del edulcorante más antiguo que se conoce, y del único hasta el inicio de la utilización del azúcar. Además, sirve como condimento en platos dulces y salados, es base de rellenos en frutas, verduras y carnes, líquido de cocción y medio conservante tanto para frutas como carnes.

PARA SABER MÁS...

La miel de España puede vanagloriarse de tener, de alguna manera, el cartel publicitario más antiguo del mundo: una pintura rupestre en la cueva de La Araña, cerca de Valencia. El artista, de hace unos doce mil años, presenta a un hombre sostenido por cuerdas o llamas que introduce una mano en un hueco de la pared, que ha sido hábilmente aprovechado para sugerir la colmena; con la otra mano sostiene un cesto destinado a recoger la miel. Las abejas giran a su alrededor, decididas a no dejarse robar.

24.3.1. Producción y obtención

El néctar de las flores es un producto azucarado que contiene un 75% de agua y elementos minerales, y que las abejas extraen al libarlas. Durante el viaje de regreso a la colmena, la diastasa de la saliva y una invertasa del buche, una β-fructosidasa, transforman la sacarosa en azúcar invertido. Una vez en la colmena, las abejas regurgitan la mezcla, que aún es muy líquida, en las celdillas del panal. Para que se concentre y pierda agua, las obreras vuelven a aspirarla y regurgitarla, al mismo tiempo que ventilan la atmósfera batiendo fuertemente las alas. Al cabo de unos veinte minutos, cuando el producto está listo, tapan la celdilla mediante una cápsula de cera segregada por las glándulas específicas del abdomen.

La calidad de la miel depende de las flores que liben las abejas, pues guarda su perfume y sus propiedades benéficas. Por eso, si se lleva a cabo una recolección de miel parcial al final de cada floración, se puede afirmar que se ha producido una miel específica, de una sola especie floral. Si la miel proviene del néctar de flores diversas, se denomina multiflores o del país.

Se suelen realizar dos recolecciones; la primera, entre mayo y junio, ofrece un producto poco denso y resulta del néctar de la primera floración. La segunda se hace a finales del verano.

Las colmenas modernas están compuestas de marcos superpuestos o **cuadros** que permiten aumentar el rendimiento de la colmena respetando el trabajo de las obreras. Para su recolección se ahuman la entrada y la cubierta móvil de la colmena con el fin de aturdir a las abejas, y se sacan uno a uno de los cuadros, de los que se retiran con un cepillo y cuidadosamente las abejas aferradas a ellos. Para ganar tiempo, se van sustituyendo por nuevos bastidores ya provistos de cera gofrada mecánicamente. La miel contenida en las celdillas se extrae por decantación, centrifugación o presión del bastidor.

El tratamiento industrial al que se somete la miel consiste en un filtrado por tamices para eliminar restos sólidos e impurezas (restos de plantas, alas de abejas, etcétera), que se hace en caliente para aumentar la fluidez del producto. Luego, se procede a un desaireado para eliminar el oxígeno atrapado en el fluido y regular el contenido de humedad. Finalmente, se hace una pasteurización que, en realidad, cumple la función de disolver cristales que pueden dar estructura arenosa y apariencia turbia, más que destruir gérmenes, pues éstos difícilmente crecen en un medio tan rico en azúcares.

24.3.2. Características físico-químicas y organolépticas

La miel es una solución acuosa concentrada de azúcar invertido junto a algunos otros componentes, entre los que destacan la maltosa, las resinas y los aceites esenciales de las flores de origen, el polen, algunos restos de proteínas y aminoácidos, ácidos orgánicos y ciertos vestigios de hongos, levaduras y otras partículas sólidas.

Cuadro 24.4. Composición promedio, en %, de la miel.

Agua	17
Fructosa	35
Glucosa	31
Maltosa	7
Dextrosa	0,5
Sacarosa	0,5
Ácidos	1,5
Proteínas	2
Calcio, magnesio y fósforo	2
Resinas, gomas y aceites esenciales	3,5
Cera	1

El color varía desde incoloro hasta negruzco, pasando por diferentes tonos de amarillo y castaño. La consistencia también oscila: puede ser muy suelta o muy espesa, lo que depende de la concentración en agua. Con el tiempo, la glucosa puede cristalizar, dando un aspecto opalescente que no influye en sus características nutritivas.

Evidentemente, el sabor será dulce y su olor, aromático, con más o menos mezcla de aromas según las flores que hayan libado las abejas.

Entre los fraudes detectados destacan la adición de caramelo, de agua o azúcares. Otras adiciones más difíciles de descubrir son las de melazas, dextrinas, gelatinas, agar, féculas, taninos, colorantes y edulcorantes artificiales o sustancias aromáticas.

24.3.3. Tipos de miel

Según el origen de la miel, se distinguen dos modalidades:

- **Miel de flores**, producida fundamentalmente de néctares de flores.
- **Miel de mielada**, procedente de exudados de partes vivas de plantas o presentes en ellas. Su color suele variar desde el pardo muy claro al verdoso casi negro.

Según la forma de obtención o presentación, tenemos:

- **Miel en panal o en secciones**: se presenta en los panales naturales no desoperculados, cada uno de los cuales suele estar envuelto en hojas de papel o en plástico transparente.
- **Miel virgen o en gota**: es el producto que fluye espontáneamente de los panales al romperlos.
- **Miel cruda**: se extrae del panal por medios mecánicos.
- **Miel cruda centrifugada**: resulta exclusivamente por centrifugación.
- **Miel cruda prensada**: es la miel obtenida por presión en frío.
- **Miel gomosa**: es el producto que resulta cuando la miel se extrae por presión en caliente.
- **Miel sobrecalentada o desenzimada**: se trata de la miel que ha sido sometida a temperaturas superiores a 70°C.
- **Miel batida**: es la que se obtiene por golpeo de los panales.
- **Meloja**: es el producto siruposo que resulta concentrando los líquidos acuosos procedentes del lavado de los panales.

24.3.4. Determinaciones analíticas de control

La preparación de la muestra depende de si ésta se encuentra en estado líquido o en panal. En el primer caso, si está libre de gránulos, la preparación se limita a una homogeneización agitando con espátula. Si hay gránulos, se coloca el envase cerrado al baño María y se calienta a 60°C durante treinta minutos, agitando de vez en cuando. En cuanto la mezcla se licua, se mezcla bien y se enfría rápidamente.

La presencia de sustancias extrañas, como partículas de cera, restos de panal, abejas, palillos, etc., obliga a calentar la muestra a 40°C y a filtrarla a través de una estopilla en embudo.

Cuando se trata de miel en panal, se corta la parte superior de éste y se separa completamente la miel filtrándola por un tamiz cuya malla tenga un retículo cuadrado de 0,5 por 0,5 mm. La presencia de partículas después de tamizar se soluciona como se ha indicado en el caso anterior; igualmente, si resulta granulada la miel, se procede como se ha indicado anteriormente.

Las determinaciones habituales son las de acidez y cenizas, manejando los métodos ya comentados en otras unidades; y la de azúcares reductores, tal y como se indicó, a propósito de los helados en la Unidad de Trabajo 12, pero expresados en dextrosa.

Las determinaciones específicas son las siguientes:

☐ Humedad

Para determinar la humedad en la miel se ha de utilizar un método refractométrico, convirtiendo el índice de refracción en porcentaje de humedad mediante las tablas de conversión adecuadas. La determinación se hará a 20°C; cuando se haga a otra temperatura, se manejarán las correcciones correspondientes. El método más usado es el de Chataway, revisado por Wedmore, para el que existen tablas de conversión y de corrección de temperatura.

A partir de la determinación de humedad se pueden calcular los sólidos totales, restando a 100 el valor de humedad calculado.

☐ Presencia de azúcar invertido

Se disuelven 2 g de miel en 10 ml de agua destilada y se extrae con 30 ml de éter. Se elimina el éter en embudo de separación y se concentra la capa de solvente a 5 ml. Después, se añaden 2 ml de solución de resorcinol al 1% y se agita. La aparición de un color rojo cereza indica la presencia de azúcar invertido comercial.

☐ Contenido aparente de sacarosa

Se disuelven unos 2 g de miel en agua destilada hasta 200 ml de solución. Se utilizan 50 ml de esta solución junto a 25 ml de agua destilada, que se calientan al baño María hasta alcanzar una temperatura de 64°C. Se retiran del baño y se añaden 10 ml de ácido clorhídrico 6,34 N. Se deja enfriar la solución durante quince minutos y, a continuación, se calienta a 20°C y se neutraliza con hidróxido sódico 5 N, usando tornasol como indicador. Se enfría de nuevo y se completa el volumen a 100 ml.

La determinación de azúcares reductores se hace como se indicó al principio y el contenido de sacarosa aparente se calcula mediante el cálculo del contenido de azúcar después de la inversión menos el contenido de azúcar invertido antes de la inversión por 0,95. El resultado se expresa en gramos de sacarosa aparente/100 g de miel.

24.4. Otros productos edulcorantes de origen natural

A partir de los edulcorantes ya analizados o por extracción desde otros productos naturales, se obtienen sustancias que se usan industrialmente, en su mayoría, como componentes de distintos alimentos dulces. Por sus diversas propiedades organolépticas, especialmente, por su capacidad edulcorante, se consigue regular bien el sabor dulce del alimento, confiriéndole, al mismo tiempo, otras características organolépticas que pueden interesar.

24.4.1. La glucosa

La glucosa se obtiene industrialmente de la fécula de la patata o del almidón del maíz. Acidificando y calentando una solución de almidón resulta el **jarabe de fécula**, formado principalmente por glucosa y sacarosa, además de por dextrinas y otros oligosacáridos. Si se incrementa el tiempo de actuación del ácido, se descomponen más dextrinas.

La concentración del jarabe produce el **azúcar de glucosa**; mediante su purificación resulta la glucosa.

24.4.2. La fructosa

El origen de la fructosa está en diferentes tubérculos ricos en inulina, ya que la hidrólisis de ésta produce fructosa. El proceso de obtención es semejante al descrito para la glucosa.

24.4.3. El azúcar invertido

Ya se ha comentado que el azúcar invertido puede ser un producto natural por hidrólisis de la sacarosa; desde el punto de vista industrial, esta hidrólisis se consigue con las invertasas de las levaduras de panificación o enología, o bien a través de hidrólisis ácida con clorhídrico.

En cualquier caso, el producto resultante es una mezcla equimolecular de glucosa y fructosa. Se usa principalmente como edulcorante industrial, aprovechando, además, otras características físicas, como la obtención de soluciones menos viscosas que las elaboradas con sacarosa, la disminución del riesgo de crecimiento de mohos osmófilos y la consecución de soluciones muy concentradas por la elevada solubilidad de la fructosa y la dificultad de que la glucosa cristalice.

24.4.4. Jarabes

Los jarabes son soluciones de diferentes azúcares en distintos líquidos. Su producción es una aplicación importante del azúcar invertido por las características de solubilidad ya mencionadas.

Si la solución se hace con azúcar y agua se denomina **jarabe simple** o **jarabe de azúcar**. El producto terminado tendrá una graduación mínima de 62° Brix.

PARA SABER MÁS...

La escala Brix es una escala de densidades para las soluciones de azúcares que indica el contenido de azúcar en porcentaje de peso en una solución a una temperatura determinada.

Si la solución se realiza en zumos de frutas o en disgregados de frutos o tubérculos, se habla de **jarabe frutal** o **jarabe de zumo**, y se tiene que acompañar de la indicación de la especie o especies predominantes en su composición, ya sean naturales, conservadas o concentradas, existiendo un contenido mínimo de un 30% de zumo.

Los **jarabes de esencia** o **aroma** resultan de la solución de azúcares en infusiones o decocciones vegetales o de la adición al jarabe simple de esencias, aromas naturales o los elaborados con zumos vegetales si no llegan a las contraindicaciones indicadas en el caso anterior.

Los **jarabes de fantasía** o **imitación** se elaboran a partir de un jarabe simple al que se añaden agentes aromáticos artificiales y aditivos autorizados.

Finalmente, los **almíbares** son disoluciones de azúcar en agua caliente destinadas a líquido de cobertura en conservas o a confecciones de confitería y repostería.

24.5. Control microbiológico de edulcorantes naturales

Las condiciones de concentración de azúcares y la baja a_w de los edulcorantes hacen que la supervivencia y el desarrollo de gérmenes estén muy comprometidos; así, sólo se podrían desarrollar levaduras osmotolerantes, como *Saccharomyces bailii*, o ciertas especies de microaerófilos, como *Leuconostoc*.

En cualquier caso, las muestras se preparan en condiciones asépticas, obteniendo una solución madre al 1:10 en agua de triptona, previa trituración u homogeneización del producto.

Éstas son las determinaciones que se han de realizar:

- Recuento de colonias aerobias mesófilas ($31 \pm 1^\circ\text{C}$).
- Investigación y recuento de *Enterobacteriaceae* totales.
- Investigación y recuento de *Enterobacteriaceae* lactosa-positivas.
- Investigación y recuento de *Escherichia coli*.
- Investigación de *Salmonella-Shigella*.
- Investigación y recuento de mohos y levaduras.

24.6. Edulcorantes artificiales

Aunque muy extendida, la denominación edulcorante artificial es poco precisa, ya que con ella se hace referencia a una serie de sustancias con capacidad edulcorante que, en algunos casos, son efectivamente productos de síntesis, pero en otros se trata de sustancias naturales extraídas de vegetales en su mayor parte. También se les llama edulcorantes bajos en calorías, aunque esto tampoco es totalmente cierto, ya que algunos de estos compuestos no son absorbidos, mientras que otros sí lo son y sufren un proceso de metabolización transformándose en glucosa.

Cabe establecer dos grandes grupos: productos de síntesis y productos de origen natural.

24.6.1. Productos de síntesis

Actualmente, los productos de síntesis constituyen una de las áreas más dinámicas del campo de los aditivos alimentarios por diferentes razones. Una de ellas es la gran expansión que viene experimentando el mercado de los productos bajos en calorías, ya que estos edulcorantes son acalóricos; así, en este sector se utiliza cerca de un 70% del total de los edulcorantes artificiales producidos. Otro motivo es la permanente discusión sobre los riesgos potenciales que supondrían a largo plazo y que ha llevado a prohibir algunos de ellos en diferentes países, lo que estimula la búsqueda de sustancias menos propensas a suscitar dudas en el consumidor.

Para que un edulcorante natural o artificial sea utilizable por la industria alimentaria, además de ser inocuo debe cumplir otros requisitos: que el sabor dulce se perciba y desaparezca rápidamente, que este sabor sea lo más parecido posible al de la sacarosa, que no deje regustos extraños y que resista las condiciones y los tratamientos a los que se someterá el alimento en el que se va a usar, por lo general, ácido. Estas condiciones hacen que, aunque se conozcan varios cientos, sólo se utilicen de forma significativa unos cuantos edulcorantes.

En torno al uso de estos edulcorantes siempre existe polémica en lo relativo a su seguridad a largo plazo; esto se ha de enfocar desde la perspectiva del balance riesgo-beneficio: el consumidor debe decidir si asume un riesgo remoto como contrapartida de las ventajas que puede aportar su uso, como reducir las calorías ingeridas sin renunciar a ciertos alimentos o sabores, o el mantenimiento de la calidad de vida de aquellas personas que, por razones médicas, han de controlar su ingesta de azúcares.

❑ **Sacarina y derivados (H-6884, H-6886 y H-6887)**

La sacarina es un producto de síntesis descubierto en 1879 y que se emplea como edulcorante desde principios de siglo, si bien en los últimos años está siendo desplazado por otros productos.

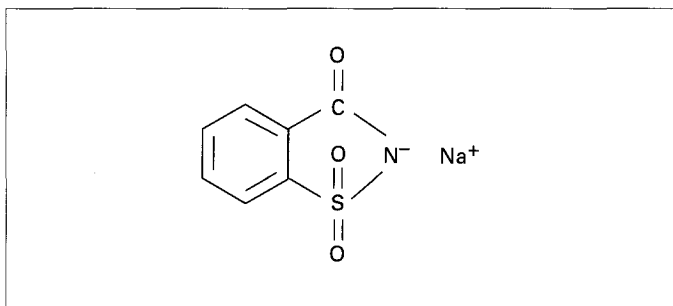


Figura 24.5. Estructura química de la sacarina.

Es entre trescientas y setecientas veces más dulce que la sacarosa; se usa, sobre todo, como sal sódica o cálcica (H-6886 y H-6887), ya que la forma ácida es muy poco soluble en agua. Tiene un regusto amargo, especialmente, a concentraciones altas, pero puede minimizarse si se mezcla con otras sustancias.

Es resistente al calentamiento y a los medios ácidos, por lo que es muy útil en diferentes procesos de elaboración de alimentos; es no calórica y se utiliza en bebidas refrescantes, en derivados lácteos edulcorados y en productos para diabéticos.

Se han generado muchas polémicas sobre su uso por la sospecha de ser inductora de cáncer de vejiga y linfosarcoma en las ratas, si bien están claras las causas

reales de esta supuesta cancerogenicidad; por eso, en muchos países en los que se prohibió se ha vuelto a autorizar, incluyendo advertencias al consumidor en los envases. La ingestión diaria admisible es de 2,5 mg/kg de peso corporal.

❑ **Ciclamato y derivados (H-6880, H-6881 y H-6882)**

También el ciclamato es un producto de síntesis de la industria química. Descubierto en 1937, se emplea como edulcorante desde 1950.

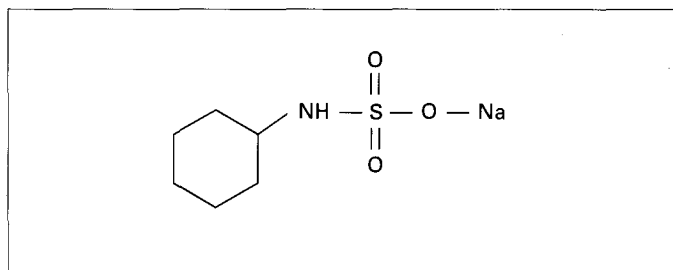


Figura 24.6. Estructura química del ciclamato.

Dependiendo de su concentración, es entre treinta y sesenta veces más dulce que la sacarosa y presenta un regusto desagradable que desaparece cuando se mezcla con la sacarina. Es muy estable y no le afecta ni la acidez ni el calentamiento. Sus sales cálcicas (H-6881) o sódicas (H-6882) son más solubles y, por tanto, más utilizadas, fundamentalmente, en bebidas carbónicas.

Este producto no se admite como edulcorante en todos los países, ya que se han publicado trabajos en los que se indica que, en animales de experimentación, dosis altas de esta sustancia actúan como cancerígeno y teratógeno. También se han señalado otros posibles efectos, como elevación de la presión sanguínea y producción de atrofia testicular, pero con dosis enormes.

Los datos acerca de su posible carcinogenicidad son conflictivos, además de que este efecto no sería atribuible a la propia sustancia, sino a un metabolito derivado de ella que no produce el metabolismo humano, sino que se origina por transformación de la flora bacteriana intestinal, cuya carcinogenicidad tampoco está aún totalmente aclarada, igual que el grado de transformación tampoco es el mismo para todos los individuos. En cualquier caso, el mercado está siendo ocupado por otros productos con mejores características. La ingestión diaria admisible de ciclamato se cifra en 11 mg/kg de peso.

❑ **Aspartamo o aspartame**

El aspartamo es el más importante de los nuevos edulcorantes artificiales. Químicamente, está formado por la unión de la fenilalanina y el ácido aspártico, unión

modificada por otra unión, la de una molécula de metanol. Aunque no existe en la naturaleza como tal, lo que sí encontramos son sus componentes, en los que se transforma durante la digestión.

Es entre cien y cuatrocientas veces más dulce que la sacarosa, dependiendo del alimento al que se añada y, aunque a igualdad de peso aporta las mismas calorías que ésta, en las concentraciones a las que se usa su aporte energético es despreciable. No produce ningún regusto especial y es relativamente resistente al medio ácido, si bien resiste mal el calentamiento fuerte.

En el organismo se transforma inmediatamente en sus dos aminoácidos constituyentes y en metanol. Durante un cierto tiempo, en algunos países ha sido obligatoria una indicación precautoria respecto a los enfermos de fenilcetonuria en el envase de los productos que lo contenían; no obstante, está comprobado que la cantidad liberada de este aminoácido no representa ningún riesgo; lo mismo ocurre con la cantidad de metanol que se pueda liberar, la cual, con un uso normal del edulcorante, es, incluso, inferior a la que se ingiere en productos naturales como los zumos de frutas. Por todo lo indicado, el Comité de Aditivos Alimentarios de la FAO/OMS considera al aspartamo como una sustancia segura, habiéndose fijado una ingestión diaria admisible de hasta 40 mg/kg de peso.

❑ **Acetosulfam o acesulfama K**

También de síntesis química, el acetosulfam es, aproximadamente, doscientas veces más dulce que el azúcar. Tiene gran estabilidad ante tratamientos tecnológicos y durante su almacenamiento. Su mezcla con el aspartamo produce un sabor dulce, casi idéntico al de la sacarosa. No se metaboliza en el organismo humano y se excreta rápidamente sin cambios químicos, por lo que no tiende a acumularse. Su ingestión diaria admisible es de 9 mg/kg de peso.

24.6.2. Productos de origen natural

Son productos de origen natural varios compuestos que cabe clasificar, según su estructura química, en tres grupos: polialcoholes, osídicos y proteicos.

❑ **Polialcoholes**

Los polialcoholes son el sorbitol (E-420i), el jarabe de sorbitol (E-420ii) y el manitol (E-421). Estos compuestos tienen diferentes aplicaciones como aditivos alimentarios; se emplean, principalmente, como estabilizantes y humectantes por su capacidad de retención de agua, con lo que es posible elaborar alimentos más jugosos; asimismo, también se usan como edulcorantes.

El sorbitol y el manitol forman parte de numerosos alimentos: el **sorbitol** se encuentra en muchas frutas,

como la ciruela o la manzana, y el **manitol** está en verduras como el apio o la endibia. No obstante, los utilizados como aditivos se obtienen modificando químicamente la glucosa y la manosa, respectivamente.

Son muy solubles –más el sorbitol que el manitol– y tienen un sabor dulce de, aproximadamente, la mitad que el azúcar. Se utilizan ampliamente en confitería, repostería, galletas, licores, chicles, caramelos, turrone y mazapanes, como humectantes en conservas vegetales y en productos cárnicos tratados por calor. En chicles y caramelos, además de que mejoran su textura, actúan como edulcorantes y dan sensación de frescura parecida a la proporcionada por la menta cuando se disuelven en la boca. El sorbitol se usa mucho en la elaboración de sucedáneos extrusionados del marisco (*surimi*).

El sorbitol se absorbe en el intestino por difusión pasiva más lentamente que otros azúcares, absorbidos por mecanismos activos. Su captación en los tejidos no requiere insulina, por lo que, en principio, es de fácil asimilación por los diabéticos. Aproximadamente un 70% de lo absorbido se transforma en energía sin pasar previamente por glucosa circulante, aunque puede transformarse en glucosa en el hígado y en otros tejidos. La dosis máxima admitida es de 25 g diarios.

Por su parte, el manitol se absorbe poco en el intestino, y el que se absorbe se elimina sin metabolizar. Como no lo metabolizan las bacterias de la boca, cuando es componente de chicles no contribuye a que aparezcan caries. La lentitud de su absorción hace que ingestas muy grandes puedan ocasionar diarreas.

En este mismo grupo se incluye el **xilitol**, de propiedades semejantes a los anteriores en cuanto a que no es carcinogénico y a que produce un efecto de frescor en la boca. Se va introduciendo progresivamente en el mercado, pero no se acepta en todos los países, pues se han producido efectos indeseables en la médula adrenal de ratas de experimentación con dosis muy altas. Otros compuestos semejantes esperan su autorización de uso en diferentes países, como el **maltitol** y el **lactitol**.

❑ **Osídicos**

Los componentes de este grupo son compuestos extraídos de vegetales. Muchos aún se encuentran en fase de estudio o de aprobación; son sustancias muy promotoras, como la **osladina**, por sus características edulcorantes y metabólicas; entre los más utilizados están los siguientes:

- **Esteviósido:** es un glucósido complejo obtenido de una planta que desde hace tiempo se utiliza como edulcorante en Paraguay. Es unas trescientas veces más dulce que el azúcar. Se está estudiando la posibilidad de su acción antiandrogénica.

ca, dada la semejanza de parte de su estructura química con la de las hormonas esteroides.

- **Glicirricina:** esta sustancia está presente en el regaliz y autorizada como edulcorante en diversos países, incluida España. Es unas cincuenta veces más dulce que el azúcar.
- **Dihidrocalconas:** la llamada neohesperidina dihidrocalcona (NHDC) se obtiene por modificación química de una sustancia que tiene la naranja amarga: *Citrus aurantium*. Entre doscientas cincuenta y mil ochocientos veces más dulce que la sacarosa, en ella persiste el sabor y regusto a regaliz. Se degrada, en parte, por la acción de la flora intestinal. Su ingestión diaria admisible es de hasta 5 mg/kg de peso.

□ **Protelcos**

En el grupo de los proteicos existen sustancias extraídas de vegetales con muchas posibilidades de conseguir productos que satisfagan las características de inocuidad de uso y capacidad edulcorante, aunque algunas de ellas aún se encuentran en estudio, como la **monelina**. Entre las que ya han sido autorizadas en algunos países destaca la **taumatina**, proteína extraída de una planta de África Occidental, que se metaboliza en el organismo como cualquier otra proteína, pero con la ventaja de que se trata de la sustancia más dulce que se conoce –unas dos mil quinientas veces más dulce que el azúcar–, aunque deja un cierto regusto a regaliz. Mezclada con el glutamato se usa como potenciador del sabor.

ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA – APRENDIZAJE

- 1** Elaboración de un rápido protocolo de análisis físico-químico para el azúcar, la miel y productos alimenticios cuya base principal sean estos productos, con desarrollo sobre una muestra del producto elegido.
- 2** Confección de esquemas de protocolo de recuento, detección e identificación de microorganismos para los alimentos tratados en esta unidad.
- 3** Aplicación del protocolo correspondiente, de los diseñados en la actividad anterior, al análisis microbiológico de una muestra de un alimento del grupo.
- 4** Diseño y realización de un estudio de campo sobre alimentos de consumo habitual en la zona en cuya composición entren los edulcorantes artificiales.