

**JOSÉ LUIS
CÓRDOVA FRUNZ
LA QUÍMICA Y LA
COCINA**

EDICIONES

Primera edición, 1990

Cuarta reimpresión, 1996

La Ciencia desde México es proyecto y propiedad del Fondo de Cultura Económica, al que pertenecen también sus derechos. Se publica con los auspicios de la Secretaría de Educación Pública y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

D. R. © 1990, FONDO DE CULTURA ECONÓMICA, S. A. DE C.V.

D.R. © 1995, FONDO DE CULTURA ECONÓMICA

Carretera Picacho-Ajusco 227; 14200 México, D.F.

ISBN 968-16-3568-X

Impreso en México

I N D I C E

- COMITÉ DE SELECCIÓN
- EDICIONES
- EPÍGRAFE
- PRÓLOGO
- I. DE COMPRAS
- II. ANTES DE LA COMIDA
- III. EN LA MESA
- IV. LA SOBREMESA
- V. LEVANTANDO EL TIRADERO
- VI. CONCLUSIONES
- BIBLIOGRAFÍA
- COLOFÓN
- CONTRAPORTADA

COMITÉ DE SELECCIÓN

Dr. Antonio Alonso

Dr. Juan Ramón de la Fuente

Dr. Jorge Flores

Dr. Leopoldo García-Colín

Dr. Tomás Garza

Dr. Gonzalo Halffer

Dr. Guillermo Haro †

Dr. Jaime Martuscelli

Dr. Héctor Nava Jaimes

Dr. Manuel Peimbert

Dr. Juan José Rivaud

Dr. Emilio Rosenblueth †

Dr. José Sarukhán

Dr. Guillermo Soberón

Coordinadora Fundadora:

Física Alejandra Jaidar †

Coordinadora:

María del Carmen Farías

E P Í G R A F E

Si muchos de nosotros diéramos más valor a la comida, la alegría y las canciones que al oro atesorado, éste sería un mundo más feliz.

J.R.R. TOLKIEN. *El Hobbit*.

P R Ó L O G O

Es difícil justificar la aparición de un libro más de química, sobre todo si se considera la gran oferta de textos de nivel preparatoria. Tal abundancia (y el interés que despierta la materia) hacen pensar que no escribir un libro de química es una obra de caridad (sobre todo con los amigos). Con todo, el autor intentará esbozar algunas de las ideas que lo motivaron a escribir lo que confía no será un libro más como los que abundan.

En primer término se halla la gran semejanza en contenidos y en tratamiento de los textos de química. En general, el enfoque es el de una disciplina concluida; una ciencia terminada, en la que ya no hay nada por descubrir y que tiene todo perfectamente explicado sin ninguna laguna conceptual. Tal imagen de ciencia, desafortunadamente, es muy común en los libros escritos para lectores de nivel medio. En otra oportunidad se discutirán y analizarán las complejas causas y consecuencias. Por lo pronto, cabe mencionar que los textos convencionales de ciencias presentan las teorías, conceptos y fórmulas sin comentar el carácter polémico que acompañó su gestación y nacimiento.

En general se cae en un conjunto de leyes, ecuaciones y definiciones que el estudiante debe memorizar la víspera del examen. Conjunto que no despierta gran interés al estudiante y del que no obtiene una idea del problema que intentan resolver los científicos con tales lucubraciones. Es muy cierto que no es esa la intención de los autores de textos convencionales pero.. ¿cómo puede mostrarse la validez y belleza de una teoría científica sin mencionar a las que se han abandonado por incompletas o erróneas?

El autor de este libro considera que dos de los puntos más descuidados en la enseñanza de ciencias son:

- 1) el espíritu juguetón de la ciencia,
- 2) el carácter estético de la ciencia.

La ciencia ha sido y seguirá siendo, para muchos científicos, un juego, en el sentido de que les interesa, les divierte, les apasiona, los obsesiona, y no tanto porque sean "excéntricos" o "chistosos" como suele presentarlos la mitografía popular. Son, más bien, gente común y corriente que ha tenido la habilidad de profundizar en sus propios pensamientos, la constancia y tenacidad para llegar a premisas a partir de conclusiones; es gente con disposición a jugarse la vida en un experimento o perder el sueño por un problema.

Proponer que el estudiante encuentre en sí mismo la posibilidad de disfrutar el descubrimiento de una teoría suena irreal. Pero sí parece alcanzable que el estudiante encuentre gusto en "descubrir" por su cuenta, o con sus compañeros, o con su maestro, que la ciencia no es tan oscura como se la presenta. Más bien, los textos, los profesores, los exámenes, la oscurecen para que parezca profunda.

Una de las materias que difícilmente llega a entusiasmar a los estudiantes de nivel medio es la química. Las razones son muy diversas: profesores improvisados, programas obsoletos, métodos de enseñanza inadecuados, falta de textos didácticos, etc. Un grave resultado de lo anterior es el descenso en la matrícula de la carrera de química y áreas afines. Más grave si se considera que la mitad de lo que enseñan los libros es obsoleto y la mitad de lo que necesitará el estudiante todavía no se descubre.

Particularizando el punto mencionado arriba de falta de textos didácticos se debe mencionar:

- 1) La abrumadora cantidad de información de los mismos.
- 2) La reducción de la esencia de los fenómenos químicos a su formulación matemática.
- 3) La ausencia de ejemplos accesibles a los estudiantes.
- 4) La concepción disciplinaria que impide otras aproximaciones a los principios y términos químicos (por ejemplo, no se discuten teorías alternativas, etimología de los términos, relación entre principios científicos e ideología dominante, etc.).

Uno de los objetivos del libro *La química y la cocina* es atacar el punto tres de la lista anterior. Terreno particularmente fértil para ilustrar los principios químicos es la cocina, pues en una bien surtida pueden hallarse más de 200 reactivos químicos, además de equipos y procedimientos semejantes a los de un laboratorio. Muchas de las reacciones químicas que ocurren en una cocina (como añadir azúcar al cocimiento de elotes para ablandarlos) tienen una explicación científica que ilustra y respalda a la inobjetable experiencia culinaria.

Ciertamente, hay muchos fenómenos gastronómicos (como el frotado de los extremos de un pepino para que no se amargue, o el bailar alrededor de los tamales para que no salgan pintos) que podrían clasificarse entre las consejas familiares o las tradiciones pintorescas de la cocina. El autor; discretamente, los menciona sin profundizar. Son un buen campo para la aplicación del método científico por parte de los lectores.

La historia de la ciencia muestra que conocimiento científico y conocimiento común están íntimamente imbricados. Piénsese en

Kepler y los sólidos perfectos o en Kekulé y el anillo bencénico. Sin embargo, la hoy obligada especialización profesional frecuentemente desalienta al *dilettantismo* (en el mejor sentido del término) de profesores y estudiantes de preparatoria.

Por otro lado, el libro pretende llevar al lector del asombro a la reflexión. Asombro de lo cotidiano e inmediato, reflexión sobre fenómenos aparentemente desconectados. (Sorprenderse de lo evidente revela que no se ha confundido comprensión con familiaridad.) *La química y la cocina* no quiere ser un libro monotemático pues el asombro y el humor no conocen especialidades ni disciplinas.

Sólo habiendo interés y entusiasmo, sólo sintiendo la necesidad del conocimiento, podrán desarrollarse actitudes científicas. No tiene ningún efecto positivo dar una colección de fórmulas tediosas y faltas de sentido entre sí y con la realidad de los estudiantes.

Para terminar es inútil esperar que los estudiantes cambien sus actitudes ante el aprendizaje si los maestros no cambiamos nuestra actitud ante la enseñanza, si no empezamos a descubrir la ciencia como algo que tiene que ver cotidianamente con nuestra vida. Como la cocina.

I . D E C O M P R A S

UNA buena parte de este libro hace referencia a las reacciones químicas que acompañan a la preparación de los alimentos. De forma que, a pesar del mal sabor de boca que produzca al lector, debemos tratar algunos aspectos de la química de comestibles y bebestibles.

Comenzaremos con los constituyentes de los alimentos.

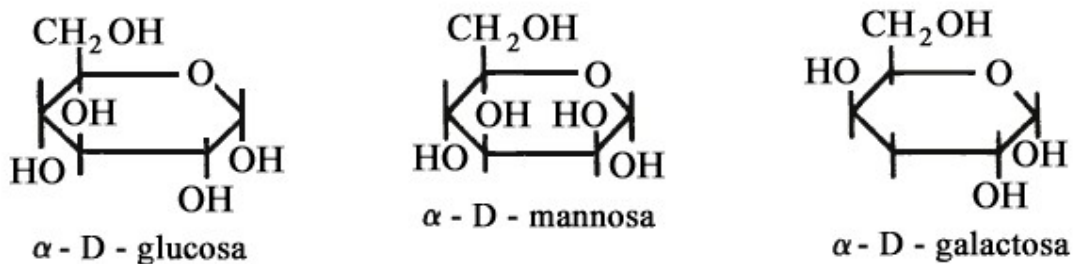
LOS COMPONENTES DE LOS ALIMENTOS

Hay tres grandes grupos: 1) carbohidratos, 2) proteínas y 3) grasas.

Además se tienen componentes minerales inorgánicos y sustancias orgánicas en proporciones muy pequeñas: vitaminas, enzimas, emulsificantes, ácidos, oxidantes y antioxidantes, pigmentos y sabores. Un ubicuo componente de los alimentos es el agua.¹

Los carbohidratos

En este grupo se encuentran los azúcares, dextrinas, almidones, celulosas, hemicelulosas, pectinas y ciertas gomas. Algunos alimentos que contienen carbohidratos son el azúcar, las frutas, el pan, el espagueti, los fideos, el arroz, el centeno, etc. etcétera.



¿Dónde están las diferencias?

Diferentes tipos de glucosa

Figura I. 1. Diferentes tipos de glucosa.

Químicamente los carbohidratos² sólo contienen carbono, hidrógeno y oxígeno. Uno de los carbohidratos más sencillos es el azúcar de seis carbonos llamado glucosa³, que no es un azúcar sino varios azúcares con estructura anular como se indica en la figura I.1. Las diferencias en la posición del oxígeno e hidrógeno en el anillo dan

lugar a diferencias en la solubilidad, dulzura, velocidad de fermentación y otras propiedades de los azúcares.

Si se eliminan moléculas de agua de estas unidades de glucosa (tomando $-OH$ de una y $-H$ de otra) se forma una nueva molécula llamada *disacárido*⁴, figura I.2; si se encadenan más unidades de glucosa se forma, obvio, un polisacárido, uno de éstos es la *amilosa*⁵, figura I.3, también conocida como almidón; igual que en el caso de la glucosa no hay un almidón sino varios tipos de almidón. Cabe mencionar que el azúcar de mesa, la sacarosa, es un disacárido.

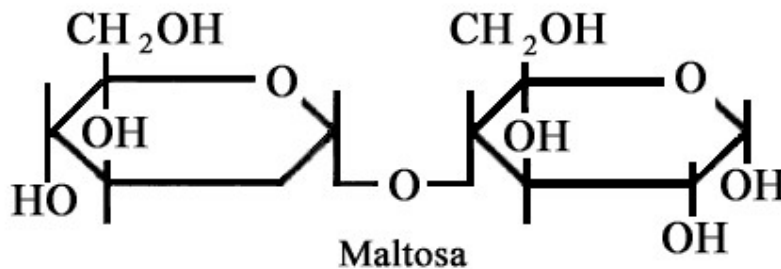


Figura I. 2. Maltosa

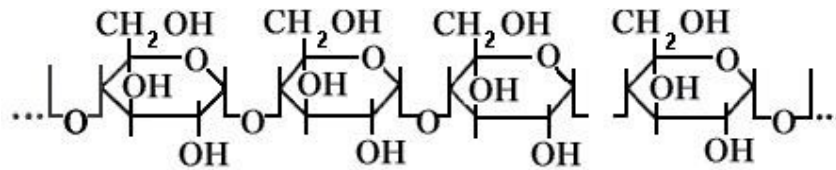


Figura I. 3. Amilosa.

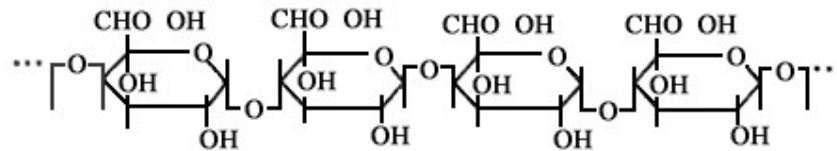


Figura I. 4. Celulosa.

Encadenando las unidades de glucosa de una manera un poco diferente se forma la *celulosa*, figura I.4, la cual es un polisacárido. En el capítulo II se habla del *nixtamal*, las *brevas* y otros alimentos que se preparan con *lejía* o *cenizas* a fin de romper las cadenas de *celulosa*.

La importancia de los azúcares en los alimentos estriba en que son constituyentes de las *dextrinas*⁶, *almidones*, *celulosas*⁷, *hemicelulosas*, *pectinas*⁸ y *gomas*. El rompimiento (o *digestión*)⁹ de

estas cadenas se logra con ácidos, enzimas o microorganismos. Y, como veremos más adelante, los azúcares intervienen en la fabricación de las bebidas alcohólicas, consuelo de la humanidad doliente.

Las plantas verdes producen los carbohidratos en la reacción de fotosíntesis, que sirven como componentes estructurales (*p.ej.* la celulosa), reservas de alimento (*p.ej.* el almidón que abunda en las papas) o componentes de los ácidos nucleicos, claves de la herencia.

En los animales se halla un polisacárido, el glicógeno, semejante al almidón; está presente en los músculos y especialmente en el hígado; sirve como reserva de carbohidratos al organismo y proporciona la energía necesaria para el movimiento muscular; cuando hay glicógeno en exceso se convierte en grasa. Saquen sus conclusiones, gorditas.

Las proteínas

Las proteínas¹⁰ están compuestas principalmente de carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno, en ocasiones con trazas de azufre, fósforo y otros elementos. Se encuentran en plantas y animales; en éstos ayudan a formar estructuras tales como cartílagos, piel, uñas, pelo y músculos.

Las proteínas forman parte de las enzimas, los anticuerpos, la sangre, la leche, la clara de huevo, etc. Son moléculas extraordinariamente complejas, la más pequeña de las conocidas tiene una masa molecular de 5 000; las más grandes tienen masas moleculares del orden de los diez millones. Ejemplo de una proteína "sencilla" es la llamada lactoglobulina (presente en la leche) que tiene una masa molecular de sólo 42 000 y una fórmula aproximada de $C_{1864}H_{3012}O_{576}N_{468}S_{21}$.

A semejanza de los carbohidratos, las proteínas están formadas de unidades más pequeñas (en este caso los llamados aminoácidos), las cuales se unen para formar cadenas más largas.

Tan sólo en las plantas se cuentan más de 100 aminoácidos identificados, sin embargo hasta la fecha sólo unos 22 han sido identificados como constituyentes de las proteínas. Los aminoácidos se emplean en la digestión para construir nuevas proteínas y tienen, como podía suponerse, un grupo ácido (llamado carboxil) $-COOH$ y un grupo amino $-N H_2$ o imino $= N H$. Ambos grupos están unidos, junto con un átomo de hidrógeno, al mismo átomo de carbono (llamado carbono **a**). La diferencia entre los aminoácidos radica en la cadena *R* de átomos unida al grupo antes descrito (Figura I.5).

La complejidad del encadenamiento de los aminoácidos es extraordinaria: se puede tener cadenas rectas, enrolladas, dobladas; en la figura I.6 se representa esquemáticamente la hemoglobina¹¹, proteína contenida en la sangre. Al parecer los encadenamientos se logran entre los carbonos a de los aminoácidos, eliminando agua. Las cadenas de proteínas pueden estar acomodadas paralelamente, como en la lana, el pelo o el tejido fibroso de la pechuga de pollo, o bien estar enredadas semejando una bola de estambre, como en la clara de huevo. Pueden desempeñar funciones muy diversas en el organismo; la miosina, por ejemplo, es una proteína contráctil presente en los músculos y también una enzima que hidroliza al *ATP*.

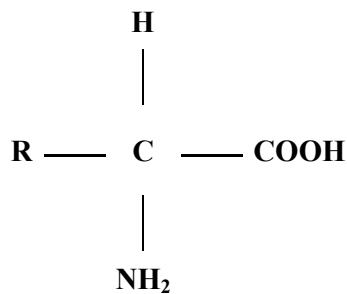


Figura I.5. Aminoácido

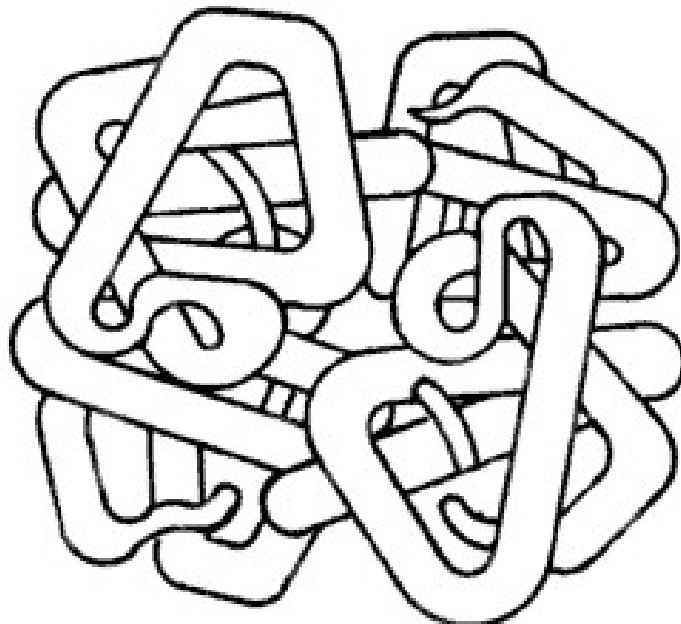


Figura I. 6. Hemoglobina.

La compleja configuración de una proteína es muy delicada; puede modificarse por agentes químicos o por medios físicos, a este cambio

se le llama "desnaturalización". Así, al añadir alcohol¹² a la clara de huevo ésta se coagula igual que al calentarla. La caseína, proteína contenida en la leche, se coagula en un medio ácido; por lo que bastan unas gotas de jugo de limón para cortar la leche, o bien esperar a que se produzca suficiente ácido en la misma leche para que se corte. Las pezuñas y huesos animales (formados principalmente por la proteína llamada colágeno)¹³ se disuelven por calentamiento con álcalis para formar la cola. La leche, además de coagularse por medio de un ácido, también lo hace por calor (flanes y natillas) y la carne, por su parte, encoge al cocerla por el colapso de la estructura del colágeno. Los fenómenos anteriores resultan de cambios en la configuración de las proteínas constituyentes.

Las soluciones de proteínas pueden formar películas y esto explica por qué la clara de huevo puede ser batida. La película formada retiene el aire, pero si uno la bate excesivamente la proteína se "desnaturaliza" y se rompe la película.

La carne, junto con muchas otras proteínas, contiene colágeno, el cual con la temperatura se transforma en otra proteína más suave, soluble en agua caliente, la gelatina¹⁴. Nuevamente, como en el caso del azúcar hay muchos tipos de gelatinas; éstas tienen masas moleculares de 100 000, en contraste con los valores de 300 000 a 700 000 del colágeno. La desnaturalización de las proteínas de la carne se logra también con un ácido (jugo de limón, vinagre, salsa de tomate) como se comprueba al "marinar" las carnes o el cebiche¹⁵ de pescado. Escabechar¹⁶ es, al menos químicamente, lo mismo que marinar: una desnaturalización ácida de proteínas que ablanda la carne y además la sazona.

Al igual que los carbohidratos las proteínas pueden descomponerse; dan lugar a peptonas, polipéptidos, aminoácidos, amoniaco, nitrógeno y unos compuestos muy olorosos como los mercaptanos¹⁷, el 3 metil-indol, también conocido como escatol¹⁸, la putrescina¹⁹ y el ácido sulfhídrico.

El lector ya sospechará que el añejamiento del queso implica una degradación proteica controlada, aunque con el *Port Salut* o el *Ementhal* uno lo dude.

Las grasas

La principal diferencia entre las grasas y las proteínas estriba en que aquéllas no están constituidas por estructuras que se repiten. No son cadenas como las celulosas o proteínas en tanto que no hay una unidad básica que se presenta sucesivamente. En general son sustancias suaves y aceitosas insolubles en agua.

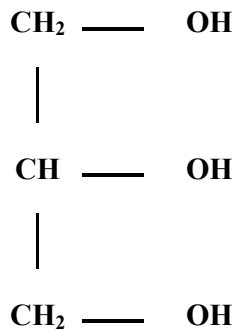


Figura I. 7. La base de las grasas, la glicerina.

La molécula típica de grasa es la de glicerina²⁰, figura I.7. La molécula básica de grasa está formada por tres ácidos grasos y una molécula de glicerina; las grasas naturales resultan de desarrollos mucho más complejos de esta estructura básica. Sin embargo tan sólo hay unos 20 diferentes ácidos grasos que pueden ligarse a la glicerina; difieren en la longitud de sus cadenas de carbono y en el número de átomos de hidrógeno de las mismas. El ácido esteárico²¹ es uno de los que tienen cadena más larga ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$). Si un ácido tiene el mayor número posible de átomos de hidrógeno se dice que está "saturado". El ácido oleico tiene cadenas de la misma longitud que el esteárico pero con dos hidrógenos menos (Figura I.8), es decir es insaturado²². De la importancia de la saturación tratamos en la sección "La margarina" de este mismo capítulo.

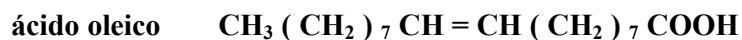


Figura I. 8. Ácidos oleico y esteárico.

Las grasas naturales no están compuestas por un solo tipo de grasa sino que son mezclas. A medida que aumenta la longitud de la cadena de las grasas (o bien su insaturación) disminuye su suavidad. Un aceite no es sino grasa líquida a temperatura ambiente. En general las grasas se oxidan al estar expuestas al ambiente, esto es, se arrancian. En este proceso el hierro y el cobre de las ollas intervienen acelerando el arrancado, como lo veremos en el capítulo III.

Las grasas forman emulsiones con el agua (*p.ej.* leche, crema) y el aire (*p.ej.* betún para pasteles). Por sus propiedades lubricantes facilitan la ingestión de los alimentos.

MÁS COMPONENTES DE LOS ALIMENTOS

Los ácidos orgánicos

Las frutas contienen ácidos naturales tales como el cítrico²³ (naranjas, limones, toronjas), el málico²⁴ (manzanas), el tartárico²⁵ (uvas) que disminuyen el ataque de las bacterias. En general un medio ácido alarga la vida de los alimentos, razón por la cual se fermentan intencionalmente el yogurt, el vinagre, el queso, etc. En el capítulo II hablamos de los ácidos y su naturaleza.

Los conservadores

Como mencionamos, las grasas son atacadas por el oxígeno del ambiente modificando su sabor. El cobre y el hierro son fuertes promotores (catalizadores) de la oxidación, ésta es una de las razones por la que se prefiere emplear recipientes de acero inoxidable o aluminio en las baterías de cocina. Un antioxidante, como el nombre lo indica, tiende a evitar la oxidación. Ejemplos de antioxidantes son las vitaminas *C* (contenida en los cítricos) y *E* (contenida en la leche, hígado de pescado, aceites vegetales), ciertos aminoácidos con azufre y la lecitina (contenida en la yema de huevo); cuando lleguemos a la sobremesa (capítulo IV) veremos algunos trucos para evitar la oxidación de las manzanas y plátanos, responsable del color pardo que aparece cuando se han pelado.

Las enzimas

Todo ser viviente emplea reacciones químicas para realizar sus funciones, muchas de las cuales son promovidas y dirigidas por las enzimas que, aunque se encuentran en muy pequeña cantidad, son indispensables para fomentar y orientar los miles de reacciones químicas que ocurren en los organismos. Por ejemplo, la digestión de los alimentos en el estómago y los intestinos depende de la actividad secuencial de enzimas como la pepsina²⁶. De estas reacciones depende que el organismo pueda oxidar los compuestos ingeridos y obtener la energía química necesaria para el movimiento muscular y la regeneración de los tejidos, reacciones también controladas por enzimas.

Muchas reacciones biológicas pueden ocurrir en el laboratorio a temperaturas y concentraciones de ácido o base adecuadas. Así, por ejemplo, las proteínas del colágeno dan lugar a la gelatina cuando se hierven con cenizas, o bien el almidón puede convertirse en glucosa (véase el interesantísimo apartado "La cerveza"). Sin embargo, todas estas reacciones ocurren en el organismo a menos de 38°C y con condiciones mucho menos severas gracias a la participación de las enzimas. Ninguna de las casi 100 000 000 000 000 de células del cuerpo humano es ajena a la intervención de las enzimas. Y lo

mismo puede decirse de los alimentos. Este tema se tratará con más detalle en el capítulo II.

Los aditivos

Los productos químicos se añaden a los alimentos con dos finalidades principales: mejorar su aspecto y prolongar su vida útil.

Para ello el químico de los alimentos cuenta con: conservadores, antioxidantes, acidulantes, neutralizadores, ajustadores iónicos, agentes afirmadores, emulsificantes y estabilizadores, humectantes, agentes de maduración, agentes de blanqueo, revestimientos, saborizantes, edulcorantes, colorantes y demás sustancias que le abren el apetito a cualquiera (aunque no lo parezca).

Desde luego no trataremos de todos ellos en este libro, aunque la cocina sí trate con ellos. Comencemos con los conservadores. En su acepción más amplia son agentes químicos que sirven para retardar, impedir o disimular alteraciones en alimentos. En rigor se trata de sustancias que impiden la proliferación de microorganismos, aunque no los destruyan.

El ácido benzoico (C_6H_5COOH) y sus sales de sodio y amonio figuran entre los agentes conservadores más usados. La acidez del medio, como se indica en el capítulo II, influye en las propiedades bactericidas y antisépticas. El papel morado con que se suelen envolver manzanas y peras se ha tratado con ácido benzoico a fin de conservarlas.

El óxido de etileno, el óxido de propileno y el bromuro de metilo son líquidos tóxicos muy volátiles a la temperatura ambiente, por lo que estos conservadores se emplean en envases permeables. El producto por conservar se envasa con su líquido, el cual esteriliza al contenido; después el óxido de etileno volátil escapa a través del envase sin dejar residuo. Esto último es muy importante ya que estas sustancias también se emplean como fumigantes.

Por otro lado, para conservar el pescado en salmuera se suele emplear cloroformo. Tiene la ventaja, a semejanza de los conservadores del párrafo anterior, de evaporarse a la temperatura ambiente sin dejar residuos.

El anhídrido sulfuroso (SO_2) se emplea mucho en las frutas y hortalizas, así como en el mosto (en la producción de vino). Es uno de los antisépticos más antiguos usados en la conservación de los alimentos.

Los alimentos que contienen grasas o aceites (mantequilla, cacahuates, galletas, etc.) suelen inutilizarse al arranciarse. En general, el sabor rancio es debido a la oxidación de los aceites, pero

también puede ser provocado por la formación de peróxidos en los enlaces dobles de las moléculas con posterior descomposición para formar aldehídos, cetonas y ácidos de menor masa molecular.

Hay dos tipos de antioxidantes: uno tiene un grupo hidroxilo (**OH**) en su fórmula (como los fenoles) y el otro posee grupos ácidos. Curiosamente hay mezclas de ácidos que producen un efecto conservador bastante mayor que sus componentes aislados; tal efecto es conocido como sinergismo²⁷. Entre los ácidos más empleados como sinergistas están el cítrico y el fosfórico. También se usan el tartárico, el oxálico, el málico, el ascórbico, etcétera.

Muchos de los ácidos anteriores, como podrá inferirse, también se emplean como (es obvio) acidulantes; así el ácido fosfórico se utiliza en la "chispa de la vida" (también conocida como "Coca-Cola"). Al mismo fin sirven algunas sales ácidas, como el fosfato monocálcico (en el polvo "Royal") y el tartrato ácido de potasio (en el crémor tártaro) usados en repostería.

Los neutralizadores se emplean para disminuir la acidez de alimentos como el queso, la crema, las salsas, etc. Ya Shakespeare menciona el uso de neutralizadores en el vino: Falstaff acusa al tabernero de haber echado cal al vino; y aún se emplea la cal como base de neutralizadores que se añaden también a la leche a fin de evitar que se cuaje, véase "Ácidos y bases en la cocina", capítulo II. El bicarbonato de sodio, infaltable en la cocina, también se emplea como neutralizador, sobre todo en la salsa de tomate para los *spaghetti*.

Los emulsificantes se emplean a fin de mantener la homogeneidad de las emulsiones. Así, por ejemplo, para mejorar la textura y la apariencia de la margarina se emplea el $C_{17}H_{35}COOCH_2CHOHCH_2OOCCH_2SO_2ONa$

monoestearicosulfoacetato sódico. Muchos de los emulsificantes son, por comodidad y brevedad, más conocidos por sus nombres comerciales: CMC²⁸, Fondin²⁹, etcétera.

Y para blanquear algunos alimentos (como harina, frutos y jugos) se emplean cloro, cloruro de nitrosilo, anhídrido sulfuroso, etc. La desventaja eventual es que el blanqueo afecta en ocasiones la maduración del producto.

A fines del siglo pasado comenzó la práctica de emplear colorantes artificiales en los alimentos. Ya en 1886 se tenía una legislación sobre el uso de colorantes obtenidos de alquitrán de hulla. Actualmente se obtienen de la misma fuente pero se han diversificado notablemente: colorantes azoicos, nitrosados, nitrados, colorantes de pirazolona, indigoides, colorantes de xanteno, quinolina, trifenilmetano, etc. Muchos de ellos se emplean

también en medicamentos (para hacerlos atractivos) y cosméticos (para hacerlas atractivas).

Hasta donde la ciencia lo ha podido comprobar los efectos de tales sustancias artificiales no son dañinos³⁰, aunque, como es sabido, las verdades científicas no son verdades absolutas. En contraparte existe la creencia, muy generalizada, de pensar que los componentes "naturales" no son perjudiciales. Casi es sacrilegio negar la "pureza" de la naturaleza. En rigor; ningún alimento (natural o no) carece de sustancias dañinas: el azafrán, la pimienta y las zanahorias contienen sustancias que inducen el cáncer así como: la col, el repollo y el palmito alteran el funcionamiento de la tiroides.

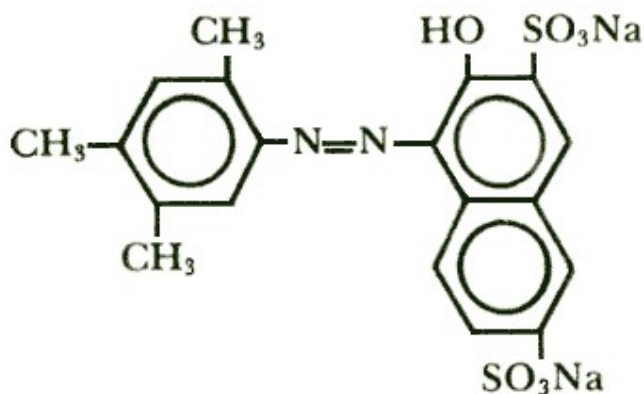
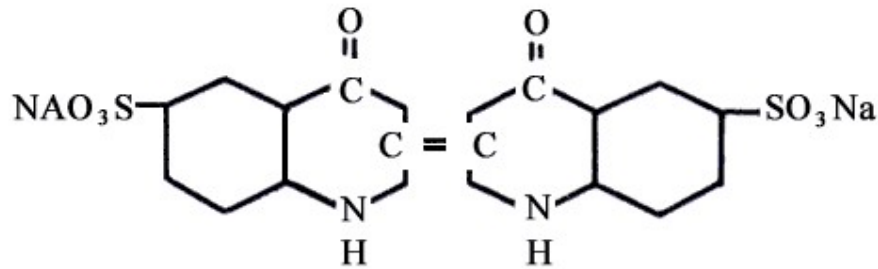


Figura I. 9. Colorante monoazoico (Rojo FD & C Núm. 1).

Prácticamente no hay alimento industrializado que no tenga algún colorante: gelatinas, margarina, salchichas, helados, refrescos, dulces, pan, fideos y espaguetis, etc., etc. Aunque no son más de 20 los colores aprobados para su consumo en alimentos, son suficientes para obtener los tonos necesarios. Así, para hacer apetitosas las salchichas, se emplea la sal disódica del ácido 1—seudocumilazo—2—nafto 3, 6 —disulfónico (Figura I.9), mientras que para los refrescos de "uva" se emplea la sal disódica del ácido 5,5'—indigotindisulfónico (Figura I.10).

Como saborizantes naturales suelen emplearse los aceites extraídos de diversas partes de las plantas. A estos componentes también se les llama aceites etéreos, esenciales o simplemente "esencias"³¹.



Colorante indigoide (Azul FD & C Núm. 2)

Figura I. 10. Colorante indigoide (Azul FD&C Núm. 2).

Son sólo cerca de 200 especies vegetales las que se explotan industrialmente para la producción de aceites esenciales. La mayor parte de éstos está compuesta por terpenos³², sesquiterpenos³³ y una pequeña cantidad de sustancias no volátiles. Un aroma no está compuesto por una sola sustancia. Por ejemplo, en el alcanfor se han identificado... 75 sustancias. Sucede lo mismo con los sabores: resultan de la mezcla de una gran cantidad de compuestos químicos. Por ejemplo, en el durazno se han identificado... 150 sustancias. Como podrá suponerse los saborizantes artificiales no llegan nunca a la complejidad de los naturales; si bien la industria del sabor artificial dispone de 3 000 compuestos diferentes (entre extractos y sintéticos) no resulta económico emplear más de 20 para imitar un sabor (o crearlo). De olores y sabores tratamos también en los capítulos II y III.

ALGUNAS FORMAS DE CONSERVAR LOS ALIMENTOS

Liofilización

La liofilización³⁴ es uno de los procesos de desecación de los alimentos empleado para prolongar su vida útil. Otras forma de desecación son: por ahumado, por presión, por aire seco, por secado al Sol y salado.

La liofilización es un secado por congelación; en este procedimiento se eliminan los líquidos (generalmente agua) de los alimentos y de otros productos solidificándolos (de -10 a -40°C) a baja presión (de 0.1 a 2 torr). Se emplea en la industria farmacéutica para preparar vacunas y antibióticos, así como para conservar piel y plasma sanguíneo. En la industria de alimentos se usa principalmente para preparar café instantáneo, leche en polvo, leche condensada, etcétera.

Los costos del proceso de liofilización son 2 a 5 veces mayores que el de los de otros métodos de deshidratación, por lo que se emplea sólo en alimentos caros y delicados: fresas, camarones, champiñones

rebanados, espárragos y, en ocasiones, chuletas y bistecs. Estos alimentos, además de colores y sabores delicados, tienen atributos de textura y apariencia que no pueden conservarse con los métodos convencionales de secado por calor. Una fresa, por ejemplo, está casi completamente compuesta por agua, si se seca por calor se deforma y pierde su textura; al reconstituir la fresa añadiendo agua, tendría más apariencia de mermelada. Lo anterior se evita deshidratando la fresa congelada de manera que no se pueda deformar.

El principio de la liofilización es que, bajo ciertas condiciones, el agua se evapora del hielo sin que éste se derrita. A 0° y 4.7 torr el agua permanece congelada y la velocidad con que las moléculas salen del hielo es mayor que la de las moléculas de agua del ambiente que se reincorporan, de esta manera el porcentaje de humedad disminuye a 3% del valor original. Puesto que el alimento permanece congelado y rígido durante la liofilización, la estructura resultante es esponjosa y seca. Uno de los medios más prácticos de aumentar la velocidad de secado es emplear energía con gran capacidad de penetración como las microondas. El producto deshidratado y poroso se encuentra a una presión muy baja y si se expone a la presión atmosférica el aire entraría rápidamente destruyendo su estructura. Para evitarlo se emplea nitrógeno gaseoso, que rompe paulatinamente el vacío y, finalmente, se envasa el producto en una atmósfera de nitrógeno.

Una forma de deshidratar las papas empleada desde tiempos precolombinos por los incas es la liofilización. La presión atmosférica es tan baja (255 torr)³⁵ a tal altura que el frío de los diablos que hay en los Andes da lugar a la liofilización.

Cuando se trata de líquidos y purés³⁶ se puede obtener productos aceptables secándolos a la presión atmosférica. Los líquidos se convierten previamente en espuma a fin de tener una mayor área de evaporación, en ocasiones se añade algún aglutinante (proteínas vegetales, gomas, monoglicéridos emulsificantes).

Salado

Desde hace muchos siglos se ha acostumbrado "salar" las carnes (bacalao, ternera, caballo, etc.) para lograr que duren más tiempo sin descomponerse.

La función del "salado" es compleja. En una primera etapa, sirve para deshidratar la carne. En efecto, el fenómeno de la ósmosis³⁷ permite extraer el agua del interior de las células con lo que se prolonga la conservación de los alimentos. Por otro lado los microorganismos no pueden sobrevivir en una solución cuya concentración salina es de 30 a 40% en peso, pues la ósmosis tiende a igualar las concentraciones de las soluciones en ambos lados de una membrana. Las bacterias y microorganismos pueden contener

80% de agua en sus células; si se colocan en una salmuera o en almíbar³⁸, cuya concentración es mayor, el agua pasa de la célula a la salmuera provocándose la muerte de los microorganismos. Desafortunadamente las levaduras y los mohos tienen mayor resistencia, con lo que frecuentemente se les encuentra en mermeladas³⁹, cecina⁴⁰, etc. Los mohos llegan a producirse en alimentos que contienen poca agua como el pan o las frutas secas.

El lector habrá notado que las carnes secas generalmente se venden en rebanadas muy delgadas. De esto tratamos en el capítulo II bajo el tema "Superficie activa".

En las canteras del siglo XIII se empleaban cuñas de madera dispuestas en la veta de la piedra, hecho lo cual se mojaban continuamente hasta que la madera, hinchándose, desgajaba la piedra. Una aplicación capitalina de la ósmosis es el jugo de naranja del puesto de la esquina. Cualquiera naranjero sabe que después de una noche de estar sumergidas en agua las naranjas dan más "jugo". Lo mismo puede notarse en ciruelas, zanahorias, etc., dejarlas una noche en agua hace que absorban tanta agua que se rompe la cáscara.



Ilustración casera de la presión osmótica

Figura I. 11. Ilustración casera de la presión osmótica.

Un bonito ejemplo de la acción de la presión osmótica se puede ver con unos mondadientes. Si se quiebran cuatro palillos por la mitad, de forma que los vértices así formados se toquen, al poner una gota de agua en el centro se hincha la madera y se forma "automáticamente" una estrella de cuatro picos (Figura I.11).

Ahumado

El ahumado de la carne como método de preservación ya se practicaba en el antiguo Egipto. Y también era conocido por los indígenas a la llegada de los conquistadores españoles. Los indios secaban y ahumaban las partes más tiernas de la carne, cortadas en tiras delgadas (véase en el capítulo II, "Superficie de contacto"), para

mejorar su sabor y preservarlas; posteriormente las colgaban para su secado.

El fin principal del ahumado de la carne, el pescado y sus derivados es la conservación del producto debido a la acción secante y bactericida del humo. En efecto, los componentes del humo: creosota⁴¹, formaldehído⁴², fenoles⁴³, ácidos acético y piroleñoso⁴⁴, etc., inhiben las bacterias y la oxidación de las grasas. Además los cambios en aspecto, color, olor y sabor son muy agradables. Algunos autores opinan que es mayor la acción preservativa de la deshidratación por el calentamiento que la debida a los conservadores químicos que contiene el humo. Con todo, es muy probable que haya un efecto combinado. Tanto el calor del tratamiento como la acción de los compuestos químicos del humo coagulan las proteínas exteriores. Debe hacerse notar que muchos de los compuestos producidos en el ahumado son reconocidos agentes cancerígenos.

Generalmente para el ahumado se emplean maderas de nogal, arce, abedul, enebro y, casi siempre, de maderas duras.

EL ENVASADO Y EMPAQUE DE LOS ALIMENTOS

Enlatado

El envasado y empaque de los alimentos desempeña otras funciones, aparte de conservarlos. Por ejemplo, facilitar su transporte, mejorar su apariencia, etc. Por otro lado "conservar" el alimento implica muchas cosas: evitar pérdidas de gases y olores; asimilación de gases y olores, protección contra la luz, impedir el paso a toxinas, microorganismos y suciedad, etcétera.

El enlatado, por su carácter hermético⁴⁵ e inerte⁴⁶, constituye un gran logro de la ingeniería. Las latas deben tener; además del engargolado⁴⁷ lateral de fondo y tapa, recubrimientos internos que mantengan la calidad de los alimentos y recubrimientos externos que hagan atractivo el producto. El engargolado lateral consta, generalmente, de cuatro capas de metal y la protección adicional de una soldadura de estaño. Hoy día se hacen envases de aluminio sin engargolado lateral o en el fondo (por ejemplo en la cerveza "Tecate").

El bote de hojalata⁴⁸ está hecho de acero recubierto por una capa delgada de estaño o, en ocasiones, por una laca no metálica. Si bien el estaño no es completamente resistente a la corrosión, la velocidad con que reacciona con los alimentos es mucho menor que la del acero. El grosor de la capa de estaño está entre 8 y 32 millonésimos de centímetro, razón por la que no conviene comprar latas golpeadas pues se pueden haber formado pequeñas fracturas en la película interior exponiendo el acero al alimento y cambiando los sabores.

También se emplean recubrimientos oleorresinosos, fenólicos, polibutadieno, etc., dependiendo del tipo de alimento.

Puede tenerse una idea de cuánto ha avanzado la tecnología de la conservación de alimentos al saber que las primeras latas, fabricadas en Inglaterra hacia 1830, no eran engargoladas y pesaban casi medio kilo ¡vacías! Las instrucciones para abrirlas decían: "Corte alrededor con un cincel y un martillo."

Obviamente los fabricantes de latas emplean diferentes tipos de acero y de recubrimientos de acuerdo con el tipo de alimento. El jugo de toronja, por ejemplo, es más corrosivo que unas botanas enlatadas o una crema de papa y una cerveza enlatada genera mayor presión interna que un jugo de durazno.

La lata no sólo debe resistir al manejo y almacenaje sino también los esfuerzos debidos al tratamiento térmico en autoclave⁴⁹ enlatado al vacío, y otros procesos. La resistencia de la lata depende del tipo de acero, grosor de la hoja, tamaño y forma de la lata (el lector habrá notado que las latas grandes tienen costillas horizontales para aumentar su rigidez).

Laminados

Los empaques flexibles, con muy raras excepciones, no son realmente herméticos; sin embargo proporcionan una barrera excelente contra los microorganismos y la suciedad, lo que para muchos alimentos es suficiente pues no todos requieren un envase hermético.

Los metales tienen propiedades muy diferentes en cuanto a permeabilidad al vapor de agua y al oxígeno, resistencia mecánica, etc., de aquí que se empleen laminados de hasta seis capas diferentes a fin de lograr la envoltura adecuada para cada producto específico. Un ejemplo es el empleado para las botanas:

- 1) Una película exterior de celofán en la que se imprimen marca, contenido, etc.,
- 2) una película de poliestireno que funciona como barrera contra la humedad y como adhesivo para la siguiente capa,
- 3) una hoja de papel para dar rigidez,
- 4) una película de caseína que sirve de adhesivo para la siguiente capa,
- 5) una película de aluminio, principal barrera para los gases,

6) finalmente, una capa interior de polietileno, que funciona como otra barrera para la humedad y que permite sellar el envase con calor.

Envases de vidrio

El vidrio es en la práctica químicamente inerte pero, con todo, no evita los problemas usuales de corrosión y reactividad pues éstos se presentan en las tapas metálicas. Las ventajas del vidrio se ven contrarrestadas por su peso y fragilidad pues se puede romper por presión interna, impacto, choque térmico, etcétera.

Hay varios tipos de recubrimientos que disminuyen la fragilidad del vidrio; generalmente están hechos con base de ceras y silicones que dan lisura al exterior del envase de vidrio; con esto los frascos y botellas resbalan fácilmente uno sobre otro en lugar de golpearse directamente durante el envasado. Además, el manejo de los envases provoca rasguños en la superficie exterior; los cuales se convierten en puntos débiles. El recubrimiento de las superficies externas después del templado del vidrio elimina esos rasguños protegiendo y mejorando la apariencia de los envases.

Envolturas de plástico

Los materiales más empleados en el empaque de alimentos son: celofán, acetato de celulosa, hidrocloreuro de caucho (pliofilm), poliamida (nylon), resina poliéster (mylar; scotchpak, videne), cloruro de polivinilideno (saran, cryovac), cloruro de vinilo, etc., etc., etc. Éstos se presentan en gran variedad de formas que se pueden diversificar aún más modificando el método de fabricación (grado de polimerización, organización espacial de polímeros⁵⁰, uso de plastificantes, método de formación: moldeado, extrusión, etc.). Y, como en todo, cada uno de ellos presenta ventajas y desventajas.

Un ejemplo es el polietileno en película con orientación biaxial que favorece el encogimiento uniforme a unos 83°C. Este plástico es particularmente útil en el empaque de pollos y carnes congelados. Para ello se aplica el vacío y se cierra la bolsa con una grapa, después se pasa por un túnel a temperatura de 80°C o se sumerge en agua caliente. El encogimiento provoca un ajuste perfecto y elimina las bolsas de humedad que provocarían el "quemado" de la piel por congelamiento. Este plástico también se emplea para fijar verduras y frutas frágiles en una charolita de espuma de plástico y para envolver regalos de bodas, en cuyo caso se emplea el chorro caliente de una secadora de pelo para encogerlo.

Películas comestibles

A veces conviene proteger un alimento con un recubrimiento comestible. Tal es el caso de las salchichas, el chorizo, etcétera.

Las pasas que acompañan a los cereales industrializados los humedecerían, razón por la que se recubren con almidón. De manera semejante las nueces se cubren con derivados de monoglicéridos para protegerlas del oxígeno que las arrancia.

Hay sustancias alimenticias, como la amilosa, la zeína⁵¹ y la caseína, que en solución se pueden moldear en forma de películas comestibles. Con ellas es posible hacer paquetitos con productos para horneado. Al agregar agua, la película se disuelve liberando los ingredientes.

Otro caso en que se emplean películas comestibles es el de los helados de nuez, pistache, etc. La grasa de estas semillas provoca arenosidad (cristaliza la lactosa) al absorber agua del helado y romper el equilibrio de la emulsión. Véase en el capítulo III, "Nieves y helados".

DE REFRESCOS Y CERVEZAS

Los refrescos

Los refrescos son, en general, bebidas endulzadas, saborizadas, aciduladas, coloreadas, carbonatadas y, a veces, conservadas mediante un aditivo químico.

El origen de los refrescos gaseosos se remonta a los antiguos griegos que apreciaban las aguas minerales por sus propiedades medicinales y refrescantes. En 1767, Joseph Priestley encontró una manera de carbonatar el agua por medios artificiales sin imaginar los capitales efectos de su descubrimiento. En su método obtenía el bióxido de carbono CO_2 haciendo reaccionar una sal sódica (generalmente bicarbonato de sodio) con un ácido, razón por la que aún se les llama "sodas" a los refrescos gaseosos.

En 1860 ya había en Estados Unidos 123 fábricas de "sodas" de diferentes sabores: piña, cereza, naranja, manzana, fresa, zarzamora, pera, etc., etcétera.

Un saborizante artificial puede contener más de 24 compuestos químicos diferentes (extractos o sintéticos). Los sabores de cola son todavía más complejos y sus formulaciones son un secreto celosamente guardado. En ocasiones los fabricantes incluyen ingredientes que hacen más difícil el análisis químico por parte de los competidores. Los sabores de cola contienen cafeína, un estimulante suave.

Cuando se emplean extractos aceitosos de fruta se debe añadir un emulsificante a fin de impedir que los aceites se separen en la bebida.

Los colorantes más empleados en los refrescos son las anilinas⁵² sintéticas, aprobadas por la Secretaría de Salud. Los colorantes naturales de la fruta no son tan estables ni tan intensos como los sintéticos, por lo que casi no se emplean, véase "El color en los alimentos" en el capítulo III.

El CO₂ en solución da carácter ácido a la bebida pero, en ocasiones, se añaden otros ácidos: fosfórico, cítrico, tartárico y málico. Excepto el primero (empleado en los refrescos de cola) todos los demás son ácidos presentes en las frutas. El ácido mejora el sabor y ayuda a preservar al refresco del ataque microbiano. Para tal efecto se añade también un conservador (comúnmente benzoato de sodio) al 0.04% aproximadamente.

Generalmente el CO₂ se disuelve en la bebida en la proporción de 1.5 a 4 volúmenes de gas (a condiciones estándar de temperatura y presión) por cada volumen de líquido. Puesto que la solubilidad del gas disminuye al aumentar la temperatura, las botellas de los refrescos a veces llegan a estallar. La agitación y los golpes también afectan a la solubilidad del CO₂ con las mismas explosivas consecuencias.

Hay una observación interesante al destapar un refresco gaseoso. Al destaparlo comienza a burbujear pues disminuye la presión sobre el líquido y se rompe el equilibrio que mantenía al gas disuelto. Sin embargo al poco rato de destapado se suspende el burbujeo... hasta que se vierte el refresco a un vaso. Lo anterior es debido a que el líquido en la botella desprende CO₂ que se acumula en el cuello de la botella, el cual nuevamente equilibra la presión de vapor del gas de la solución. Cuando se pone en un vaso se produce el burbujeo porque no hay suficiente CO₂ en el ambiente como para neutralizar la tendencia a separarse de la solución y, además, porque el vaso está a mayor temperatura que el refresco con lo que disminuye la solubilidad del gas.

Hay ocasiones en que al destapar un refresco muy frío éste se congela dentro del envase. Este caso lo trataremos en el capítulo III donde hablamos de 'La Coca- Cola y la termodinámica'.

Terminemos estas observaciones con la siguiente: el bebedor de un refresco gasificado (o mejor de cerveza) notará que las burbujas aumentan de tamaño al irse acercando a la superficie; confirmará así que el volumen de un gas aumenta al disminuir la presión que soporta.

¡La cerveza!

Como es universalmente sabido, cualquier solución de azúcares puede ser atacada por microorganismos y, con cierto cuidado, llevar a una bebida ligeramente alcohólica: la cerveza. El hombre hizo este

feliz descubrimiento siempre que cultivó granos, si bien no todas las cervezas se obtienen de granos. Existen evidencias arqueológicas de que la fabricación de cerveza⁵³ era ya un arte formal hace 6 000 años en el valle del Nilo. Según la leyenda, Osiris, el dios egipcio de la agricultura, enseñó a los hombres a fabricar cerveza. Los pueblos de Oriente, sin necesidad de esta intervención, aprendieron a fabricarla a partir del arroz. El Nuevo Mundo no podía permanecer ajeno a este frenesí cervecero; en 1502 Colón fue agasajado con "una especie de vino hecho de maíz, parecido a la cerveza inglesa".

Prácticamente cualquier material que contenga almidón puede hacerse fermentar con levadura. Los orígenes y la química de la fabricación de la cerveza están muy relacionados con la fabricación del pan.

La universalidad de la cerveza se nota en su difusión y variedad. Las hay obtenidas de diferentes fuentes: el *bousa* africano del mijo; el *khadi* africano de miel y bayas, el *kviass* ruso del centeno; el *samshu* chino, el *suk* coreano y el *sake* japonés del arroz y el *pulque* mexicano del maguey.

La cerveza —obtenida de malta de cebada y sazonada con las esencias amargas de la flor femenina del lúpulo⁵⁴— ha sido una bebida popular desde la antigüedad en el norte de Europa. En los monasterios medievales empleaban los símbolos XX y XXX para certificar la calidad de la cerveza, la cual fue uno de los primeros satisfactores en ser industrializado (y gravado con impuestos). En el siglo XVII ya eran famosos los centros cerveceros de Oxford, Burton-on-Trent y Munich. Con el tiempo aumentó la producción de cerveza y su consumo como alimento y fuente de frescura y solaz.

Si bien la fabricación de cerveza siempre ha sido apreciada desde el punto de vista estético, la comprensión de todo lo que este arte realmente implica es relativamente reciente. Hoy día la bioquímica y la microbiología nos permiten atisbar que el maestro cervecero ha estado manejando, por ensayo y error, los más sutiles procesos de la vida. Luis Pasteur descubrió que la levadura produce la anhelada fermentación a alcohol; sin embargo, también hay bacterias que producen ácido láctico, ácido acético y otros productos finales indeseados. Este descubrimiento dio fundamento al estudio científico de la fabricación de cerveza y originó la bioquímica y la microbiología. Esta última ha sido útil para determinar qué microorganismos son propicios a la biotecnología de la cerveza y en qué condiciones se pueden reproducir.

La cebada fue uno de los cereales más importantes en las antiguas civilizaciones aunque posteriormente la desplazó el trigo en el horneado del pan. La semilla de la cebada tiene una gran masa de tejido que constituye las reservas alimenticias para la germinación

del embrión. Estas reservas son, principalmente, polisacáridos, es decir, moléculas hechas de unidades de azúcares como glucosa y maltosa.

La germinación (¿clara u oscura?)

Si se añade levadura a una suspensión de granos de cebada en agua no ocurre fermentación. La levadura no puede convertir los polisacáridos directamente en alcohol y bióxido de carbono. Sólo actúa en los azúcares simples obtenidos por la ruptura de los polisacáridos en medio acuoso (hidrólisis)⁵⁵. Si bien lo anterior se puede lograr con un ácido débil, el maestro cervecero, en su genial intuición, emplea un procedimiento mucho más sutil. En la germinación se producen dentro del grano unas enzimas que rompen los polisacáridos en sus componentes. Las más importantes son las amilasas. Las proteínas contenidas en el grano también se rompen en sus componentes: péptidos y aminoácidos. Las fábricas de cerveza de luenga y añeja tradición emplean este elegante y prefabricado sistema enzimático de la Madre Natura para fermentar la cebada.

De aquí que el primer paso para fabricar cerveza sea producir la malta⁵⁶. Para ello se empapa el grano y después se coloca en tambores giratorios con un cariñoso cuidado de temperatura, humedad y ventilación para lograr una germinación uniforme en cosa de 60 horas. Alcanzada que fue, un suave calentamiento detiene la germinación sin dañar las enzimas. Un calentamiento excesivo produce un grano más oscuro, empleado para elaborar la cerveza oscura. De hecho, en este paso no se intenta hidrolizar los polisacáridos del grano sino permitir la elaboración de las enzimas necesarias.

La maceración (¿ligera o de andamio?)

La fabricación de cerveza, en rigor comienza con el macerado o machacado de la malta en agua caliente a fin de facilitar el rompimiento de los polisacáridos, véase el capítulo II "Cortar y picar o superficie de contacto". Puesto que la capacidad enzimática supera al contenido de almidón de la cebada, se añaden otras sustancias con almidón, por ejemplo maíz y arroz, a fin de aprovechar el exceso de enzimas; este añadido no contribuye mucho al gusto y aroma de la cerveza pero sí a la producción de alcohol. Las enzimas comienzan a romper los polisacáridos y a producir péptidos, azúcares, aminoácidos, etc., los cuales se disuelven en el agua dando lugar al "mosto"⁵⁷, el caldo que fermentará más tarde.

Los artífices cerveceros, en momentos de divina inspiración, descubrieron empíricamente la importancia de la temperatura en el tipo y calidad de la cerveza. Como veremos a continuación es una de las variables más importantes.

Para fabricar la vivificante bebida generalmente se comienza mezclando la malta con agua a 40°C y se deja en reposo 30 minutos. En otro recipiente se prepara una infusión del cereal machacado con agua y se lleva a una temperatura cercana a la de ebullición. Cuando el cereal alcanza una textura gelatinosa (la cual favorece la extracción de almidón y proteínas y la acción enzimática), se añade a la malta obteniéndose una mezcla que se calienta por etapas hasta alcanzar 77°C. Después de mantener la mezcla por media hora a esta temperatura se eleva a 80°C a fin de destruir las enzimas, con lo cual se controla el grado de fermentación.

Actualmente podemos entender la importancia de la temperatura durante el macerado. En el intervalo de reposo de la malta a 40°C las enzimas que descomponen a las proteínas tienen sus condiciones ideales para la producción de péptidos y aminoácidos. Si bien éstos no contribuyen directamente a la producción de alcohol son alimento para los microorganismos que constituyen la levadura y dan a la cerveza su "cuerpo" y espuma.

Cuando la pasta de las dos mezclas (de malta y de grano) se calienta por etapas, se logra que las amilasas (enzimas que descomponen al almidón) entren en acción. El almidón, como se sabe, no es un polisacárido simple, está constituido por una mezcla de dos polímeros de la glucosa: amilosa (hecha de cadenas rectas de glucosa) y amilopectina (hecha de cadenas ramificadas). Hay además dos tipos de amilasas: la **a** —amilasa y la **b**—amilasa; esta última descompone a la amilasa de cadenas rectas produciendo una maltosa disacárida (formada por dos unidades de glucosa). Teóricamente esta descomposición puede producirse totalmente, pero está limitada en la práctica por la presencia de los productos de la reacción. Por otro lado, la **b**—amilasa no puede descomponer a la molécula ramificada de amilopectina pues su acción se detiene en los puntos donde la cadena se ramifica. La **a**-amilasa suple esta limitación: ataca a los puntos de ramificación produciendo cadenas rectas que son, a su vez, descompuestas por la **b**—amilasa. La enzima prefiere temperaturas de 60°C mientras que la de 65°C a 77°C. Así que el calentamiento por etapas permite controlar la acción de las enzimas **a** y **b** y, por lo mismo, la cantidad de productos obtenidos.

La temperatura alta favorece la producción de dextrinas (unidades parcialmente ramificadas) que influyen en la espuma y el "cuerpo" de la deliciosa bebida, pero disminuye la producción de azúcares fermentables (y en consecuencia de alcohol); en otras palabras, la temperatura alta da lugar a una cerveza "ligera". La temperatura baja, por el contrario, produce cervezas "fuertes".

A continuación se cuele la mezcla a fin de obtener un caldo transparente; en este paso el mismo hollejo del grano sirve como filtro. El mosto claro se hace hervir durante 30 a 60 minutos para

destruir cualquier enzima remanente, esterilizarlo y concentrarlo un poco. Se añade, a intervalos regulares (en cantidades que dependen del tipo de cerveza), la flor seca del lúpulo⁵⁸. Como mencionaremos más adelante, el lúpulo tiene una función preservativa y, seguramente, con tal intención se comenzó a añadir. Con todo, el lúpulo da un sabor característico inevitablemente asociado a la cerveza. La cerveza inglesa es más amarga y aromática que la alemana por llevar más lúpulo.

La ebullición del caldo claro con el lúpulo le extrae muchas sustancias: humulona⁵⁹, cohumulona, adhumulona, lupulona⁶⁰, taninos⁶¹, etc. Las tres primeras contribuyen al sabor y aroma de la cerveza; los taninos, aunque no influyen en el sabor; son muy importantes pues se combinan con las proteínas del mosto formando sedimentos que de otra manera enturbiarían la cerveza del feliz bebedor. El lúpulo contiene también sustancias antisépticas que evitan el ataque microbiano.

Después de la ebullición se eliminan los restos del lúpulo y se enfría a 10°C con lo cual se producen más depósitos de taninos—proteínas eliminados posteriormente por filtración.

La fermentación

(Lager, Bohemia, Corona, Victoria, Superior, etc.)

Hay dos tipos principales de fermentación denominadas superior e inferior por el lugar donde termina depositándose la levadura⁶². Las cervezas inglesas (*ale, porter, stout*, contienen aproximadamente 11% de alcohol en volumen) emplean la superior y las alemanas, menos fuertes, más carbonatadas, más claras, menos aromáticas y con menor contenido alcohólico (como las típicas de Munich, Pilsen, Dortmund, con 3.5% de alcohol) la inferior. Cada tipo de fermentación influye en el sabor; aroma, color; cantidad de gas carbónico, de alcohol, etcétera.

Se necesitan casi 4 g de levadura por litro de cerveza, independientemente del tipo de fermentación. Ésta dura de seis a nueve días, en los cuales los microorganismos no sólo se multiplican casi tres veces sino que tienen tiempo, además, de transformar los azúcares del mosto a alcohol y bióxido de carbono; éste se recoge para, posteriormente, añadirlo a la divina bebida.

Son más de doce las reacciones enzimáticas que producen la fermentación de los azúcares a alcohol, todas exotérmicas⁶³, por lo que el tanque debe refrigerarse para mantener la temperatura óptima de 12°C para las cervezas *lager*⁶⁴ alemanas y de 18°C para las *ales* inglesas. Anteriormente el enfriamiento se lograba en cuevas o sótanos. Básicamente la fermentación sigue el esquema siguiente:



Glucosa

alcohol

bióxido de
carbono

La fermentación requiere unos 9 días, produce un contenido alcohólico en el mosto de un 4.6% en volumen, baja el *pH* a 4.0 aproximadamente y produce CO₂.

La maduración

(la burbujeante frescura)

Al final de la fermentación la levadura se separa para volverla a emplear⁶⁵. Después de haber filtrado la mayor parte de la levadura y sustancias en suspensión, se almacena a cerca de 0°C por periodos que van de semanas a meses a fin de mejorar sabor y aroma. En la maduración ocurre una gran cantidad de reacciones químicas que permanecen sin explicación, tal vez se producen pequeñas cantidades de alcoholes y ésteres no identificados, o de otros compuestos. Durante el almacenamiento se añade CO₂ para dar "la burbujeante frescura" y eliminar el oxígeno disuelto que acortaría la vida de la cerveza; en este paso se logran asentar más partículas del complejo taninos—proteínas.

Después de la maduración se filtra con tierras diatomáceas para eliminar los restos de levadura y las sustancias en suspensión. Se inyecta entonces más bióxido de carbono. Cuando el producto está embotellado o enlatado se pasteuriza a 60°C por 15 minutos para matar a los malditos microorganismos que alterarían la calidad de la inefable bebida. Es de toda justicia mencionar que la pasteurización NO fue desarrollada por el humanitario sabio francés para el tratamiento de la leche sino del vino y la cerveza allá por 1862. Esto no la esteriliza pero sí prolonga su vida. La llamada cerveza de barril no se pasteuriza por lo cual debe mantenerse refrigerada. Debido a lo anterior tiene un sabor diferente; según algunos superior al de la cerveza embotellada o enlatada. Hoy día llegan a llenarse cosa de 300 botellas por minuto con las nuevas unidades embotelladoras. Puesto que la luz ultravioleta de la radiación solar produce reacciones fotoquímicas que dan lugar a ácido sulfhídrico y mercaptanos (véase en el capítulo III, "Ajos y cebollas") suelen emplearse botellas color ámbar.

Hace poco tiempo se desarrolló una técnica de pasteurización en frío a fin de no alterar el sabor de la tonificante bebida. Emplea unos filtros constituidos por membranas microporosas, capaces de retener la mayoría de las bacterias y microorganismos, conservando prácticamente intacto el sabor de la cerveza por lo que se anuncia como "cerveza de barril embotellada".

La turbidez

(la dorada transparencia)

Uno de los principales problemas que hay para los fabricantes de cerveza resulta del hábito de beberla en vasos transparentes. Durante siglos su calidad se basaba en el sabor y el aroma pues no era costumbre beberla en vaso de vidrio sino en tarros de cerámica, madera, cobre, etc. Además, la cerveza se somete a condiciones muy diversas de transporte, temperatura, luz, etc., debiendo conservar su "dorada transparencia" a la hora de verterla al vaso. Las propiedades alimenticias de la cerveza lo son también para los microorganismos que pueden sobrevivir a la pasteurización y a los antisépticos añadidos. Por fortuna, la acidez y el alcohol de la cerveza son inhibidores de los microorganismos patógenos.

Los sedimentos más difíciles de controlar son los complejos tanino—proteínas. La velocidad de la reacción es muy lenta, así que la precipitación continúa durante el almacenaje ante la impotencia de científicos y parroquianos. El sublime grado de perfeccionamiento que lograron los antiguos fabricantes de cerveza puede notarse en que, terminando el siglo XX, el progreso científico ha mejorado las técnicas de fabricación pero no ha creado nuevos tipos de cerveza. Con todo, no hay duda de que 6 000 años de arte cervecero ya han comenzado a recibir beneficios de la todavía titubeante ciencia cervecera.

ALGUNOS ALIMENTOS INDUSTRIALIZADOS

Margarina

La margarina⁶⁶ es una sustancia grasa de consistencia blanda obtenida artificialmente a partir del sebo fresco de buey por refrigeración lenta, procedimiento inventado en 1870 por Hipólito Mège-Mouriez. En ocasiones se le añaden aceites como el de sésamo, para ablandarla, además de leche, sales, emulsificantes, saborizantes y colorantes.

Mège-Mouriez hizo un estudio extenso acerca del contenido de grasa de la leche y concluyó que podría obtener mantequilla artificial mezclando grasa con leche, agua y otras sustancias. Mantuvo sebo de buey en agua a 45°C durante varias horas con pepsina⁶⁷ obtenida del estómago de un cerdo o una vaca; al final de la digestión se separaba

la grasa del tejido en forma de nata. Se enfriaba y prensaba para separar la porción blanda la cual, a su vez, se mezclaba con una pequeña cantidad de sal y algo de caseína⁶⁸. El material obtenido se enfriaba y llegaba a tener la consistencia de la mantequilla. Este difícil procedimiento partía de varias ideas erróneas, una de ellas era la digestión peptídica, que poco después fue abandonada.

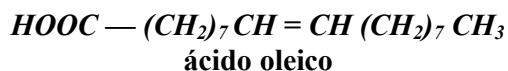
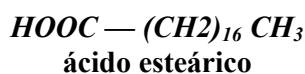
Con todo, la experiencia de Mège sirvió de base para el procedimiento más sencillo generalizado a fines del siglo pasado: agitación de la grasa fundida con leche y sal, solidificación con agua fría y amasado mecánico hasta lograr la consistencia plástica.

En los primeros años de este siglo se comenzó a emplear la yema de huevo como emulsificante (véase "Soluciones, suspensiones...", en el capítulo III) la cual fue reemplazada por la lecitina vegetal.

Antes de 1910 se usaban mucho el sebo de buey y la manteca de cerdo pero no tardaron en ser sustituidos por grasas vegetales como coco, palma, cacahuete y aceites de girasol, soya, maíz, etc. Sin embargo las grasas vegetales son, en general, más suaves que las animales por lo que requieren un endurecimiento logrado por la hidrogenación (véase "Las grasas", capítulo I).

Los ácidos grasos de cadena corta producen grasas más blandas con puntos de fusión más bajos que las que dan los ácidos grasos de cadena larga.

Los ácidos grasos pueden tener puntos de insaturación dentro de sus moléculas, esto es, faltan átomos de hidrógeno en dichos puntos, los cuales sirven como enlaces dobles en las fórmulas de los ácidos grasos. Los siguientes ácidos grasos tienen 18 átomos de carbono, pero tienen diferente grado de insaturación:



El primer ácido no tiene insaturación, al segundo le faltan dos átomos de hidrógeno y al tercero cuatro átomos de hidrógeno. Cuanto mayor es el grado de insaturación de una grasa más blanda será la grasa y más bajo su punto de fusión. Los puntos de insaturación son susceptibles de ataque por el oxígeno, lo que hace que la grasa se arrancie. Es claro que los aceites son grasas líquidas a temperatura ambiente.

Por medios químicos puede añadirse hidrógeno a un aceite, saturar sus ácidos grasos, y así convertirlo en una grasa de mayor temperatura de fusión.

La margarina a base de grasa animal sigue siendo común en Europa. En Estados Unidos se hace a partir de aceites hidrogenados y desodorizados de vegetales y pescado.

Harinas

Los almidones importantes en los alimentos son principalmente de origen vegetal. Aunque no se disuelven fácilmente en agua fría se pueden dispersar en agua caliente formando geles, es decir, líquidos dispersos en sólidos. Los almidones están presentes en semillas como arroz, trigo, etc. y en tubérculos como papa, jícama, rábano, etcétera.

Cuando se calientan los gránulos de almidón en agua se gelatinizan aumentando la viscosidad de la suspensión y formando una pasta. De aquí que se empleen harinas para espesar salsas y caldos.

Los almidones se descomponen por la enzima amilasa presente en la saliva, produciendo azúcares. Si se mastica un pedazo de pan blanco durante un buen tiempo sabrá dulce como resultado de la descomposición en azúcares del almidón.

La más importante de las proteínas de la harina de trigo es el gluten⁶⁹. Cuando se moja da lugar a una masa elástica que puede formar hojas o películas y retener el gas producido en el horneado. Si se le expone al calor el gluten coagula formando una estructura semirrígida y esponjosa.

El gluten de la harina de trigo se combina con el almidón que con el agua se gelatiniza, así que ambos intervienen en la textura final del pan horneado. Veremos más detalles acerca del horneado, en el capítulo III ("Pasteles") donde se trata sobre la función del "Royal" y de la levadura.

Pastas

Si bien al pensar en las pastas uno suele pensar en Italia: *spaghetti, lasagna, ravioli, tortellini, vermicelli, farfalloni, dita lisci, fusilli, ricciolini, lancette, macarroni, capelli d'angeli*, etc., debemos reconocer que son un invento chino. Marco Polo, al regresar de sus viajes, llevó a Italia la pasta y algunas de sus recetas. Como puede imaginarse, uno de los principales problemas de ese tiempo, y de siempre, era el almacenamiento de los alimentos. Lo anterior explica parte del éxito de la pasta: si se conservaba seca, podía mantenerse durante meses sin perder calidad ni buen aspecto.

La aceptación italiana por la pasta la muestra Boccaccio quien, con su fina sensibilidad de poeta, ya había descrito en el *Decamerón*, en 1353, lo siguiente:

En una región llamada Bengodi acompañan el vino con salsas...
sirven una montaña de queso parmesano rallado, los hombres
trabajan todo el día para hacer spaghetti y ravioli; los cuecen en
salsa de pollo y los enrollan, quien más arrebatara más come...

El componente clave de las pastas es el gluten, el cual impide que se disuelva la pasta al ponerla en agua caliente, pues evita que se bata, como veremos en el capítulo III en la sección. "La termodinámica y el espagueti".

La pasta es un alimento con base de almidón hecho de semolina⁷⁰, producto granular obtenido del endosperma⁷¹ de un trigo llamado *durum* que contiene gran proporción de gluten. Se moldea en cintas, tubos, hilos, y muchas otras formas a fin de lograr propiedades como la retención de calor; la absorción de agua, de salsas, etcétera.

En el proceso comercial la semolina se mezcla con agua tibia, se amasa y extruye a través de placas perforadas para dar la forma deseada. Posteriormente la masa pasa a un moldeado y secado especial que le da la forma final. Las pastas pueden ser coloreadas con yema de huevo, jugos de espinaca, betabel, etc., a fin de hacerlas más atractivas al comensal.

El secado es la etapa más crítica en la producción de pastas. La finalidad del secado es que la pasta endurezca lo suficiente para mantener su forma y pueda almacenarse sin deterioro. Los resultados de una velocidad de secado inadecuada son la formación de grietas (secado rápido); o de moho, pegado de la pasta y deformación (secado lento). Las pastas secas pueden mantenerse en buen estado de tres a seis meses.

Salchichas

Las salchichas⁷² constituyen una de las formas más antiguas de carne procesada. No se conoce ni el lugar ni la época en que se desarrollaron pero ya Homero en la *Odisea* hace mención a la salchicha como uno de los alimentos favoritos de los griegos.

Los romanos las acostumbraban en sus bacanales, saturnales, festines, convites, banquetes y demás reuniones modestas y mesuradas.

Epicuro, como buen epicureísta, conocía varios tipos de salchichas: con cerdo y especias, curadas con vino, ahumadas, con almendras, etcétera.

Durante la Edad Media adquirieron fama las salchichas de Frankfurt, Bolonia, Gothenburg, etc., Que conservan aún los nombres de sus lugares de origen. Y, en Estados Unidos, las salchichas forman parte de la cultura nacional en su forma de *hot dog*.

La carne molida necesaria para la fabricación de las salchichas se mezcla con sal, especias⁷³, sales de curado⁷⁴, grasa y hielo para lograr una emulsión. Ésta contiene partículas finas de grasa recubiertas con proteínas disueltas de la carne. Al calentarla durante el ahumado, la proteína coagula y atrapa las partículas de grasa.

Algunas salchichas se mantienen en refrigeración durante largo tiempo para lograr una fermentación semejante a la del queso o la cerveza. Lograda que fue se ahúman y secan.

Las composiciones de las salchichas varían notablemente; pueden emplearse: res, cerdo, carnero, pescado, tortuga, cabra, ballena, burro, camello, etc., y mezclas de leche, cereal, papas y harina de soya.

El chorizo⁷⁵ es, en principio, una salchicha con componentes poco usados en las convencionales: ajo, orégano, pimentón, etcétera.

Aunque en el pasado se usaron exclusivamente tripas de animales para envolver las salchichas, actualmente predominan los materiales celulósicos y de colágeno. Generalmente estas envolturas están tratadas químicamente con el fin de proteger el relleno de carne.

I I . A N T E S D E L A C O M I D A

EN ESTE capítulo veremos algunas de las operaciones imprescindibles para la elaboración doméstica de los alimentos y su relación con algunas variables fisicoquímicas. Así trataremos la influencia del tamaño de los trozos de zanahoria en la preparación de las sopas, el encendido de los cerillos y su composición, el funcionamiento del horno, etcétera.

CORTAR Y PICAR O SUPERFICIE DE CONTACTO

Un procedimiento muy común al preparar los alimentos es el trozado de los mismos. Sea que se vayan a cocinar zanahorias, filetes, etc., es casi inevitable cortarlos.

En general la velocidad de una reacción aumenta cuando aumenta la superficie de contacto (o superficie activa) entre ambos reactantes. Lo anterior explica que sea "más violenta" la reacción de la "Sal de uvas Picot" que la del "AlkaSeltzer".

La traducción del párrafo previo, en términos culinarios, es: se cuecen más rápidamente los alimentos cortados en trozos pequeños.

Es notable cómo aumenta la superficie activa de una zanahoria cuando se corta sucesivamente. Si consideramos un cubo de arista x su volumen es x^3 y su área total es $6x^2$. Al partir en mitades al cubo el volumen total es el mismo pero el área total es $6x^2 + 2x^2$ por las dos nuevas caras obtenidas. Si se parte el cubo original en 8 cubos iguales el área total será $8(6(x/2)^2) = 12x^2$ si cada uno de estos cubitos se vuelve a partir en 8 tendremos un área total de $8(8(6(x/4)^2)) = 24x^2$. Así cada vez que se parte en dos la arista de un cubito el área total se duplica.

En otras palabras, mientras más molido esté el café más cargado queda, aunque sea el mismo número de cucharadas. Los químicos conocen como *lixiviación*¹ al proceso de extracción por disolventes, esto es, a la preparación de café express, como veremos en el capítulo IV.

Análogamente para obtener un color intenso al preparar la sopa de betabel conviene cortarlo en trozos muy pequeños.

El bicarbonato de sodio casero (mal llamado "carbonato" por las amas de casa) tiene una gran superficie de contacto por lo que es un eficaz eliminador de olores, sean de alimentos en el refrigerador o de

tabaco en los ceniceros, véase el capítulo II "Donde se trata acerca de los olores...".

Por otro lado, en los gases las partículas son del tamaño de las moléculas, por lo que hay una enorme superficie activa, de aquí que resulta sumamente fácil encender la estufa. Cosa muy distinta cuando se trata de hacer carnitas al carbón; en este caso los trozos grandes de carbón presentan poca superficie activa y conviene trozarlo en pedazos pequeños, poner pedazos de periódico por abajo y encenderlo. Rociar con gasolina el carbón resulta poco efectivo pues la temperatura más alta se tiene cerca del extremo superior de la flama, no en la base. Del mismo modo, si se desea enfriar rápidamente las cervezas conviene tener el hielo en trozos pequeños. Hay más detalles para resolver esta emergencia en el capítulo III, "El enfriamiento de las chelas".

Una forma tradicional de eliminar el olor a quemado de arroz, frijoles, etc., es poner un paño húmedo sobre la olla. Como es sabido, el olor lo producen sustancias volátiles, generalmente gases muy solubles a baja temperatura. La función del paño húmedo es no sólo proveer el agua para que se disuelvan sino también, una gran superficie de contacto. Con ello las abuelas nos dan la prueba de que "más sabe el diablo por viejo.. .".

La carne seca (cecina) y el bacalao seco se fabrican en rebanadas de poco espesor a fin de tener una gran superficie de contacto con el aire; de esta manera se asegura que el agua de la carne se evaporará rápidamente sin dar tiempo a que los microorganismos la descompongan. Ciertamente también se les añade sal; de esto ya hablamos en el capítulo 1. Un último ejemplo acerca de la importancia de, la superficie activa: si se añade ablandador a los bisteces conviene que éstos sean delgados.

LOS CERILLOS

Es bien sabido que para encender una vela lo primero que se necesita es la vela. Y para encender la estufa, lo segundo es un cerillo² o un fósforo³

Pero qué contiene un cerillo? ¿Por qué se mantiene la reacción una vez iniciada?

Antes veamos algo sobre el origen de los cerillos.

Los intentos de producir cerillos comenzaron en 1680 con Robert Boyle, poco después del descubrimiento del fósforo⁴ por el alquimista Hennig Brand. Con todo, el cerillo, tal como lo conocemos, fue inventado en 1834. Un ayudante de Boyle, Godfrey Haukewitz, empleaba astillas de madera con cabeza de azufre, la cual, con ayuda del fósforo y frotamiento se encendía. Sin embargo

tales cerillos eran malolientes, peligrosos, caros y, por si no bastara lo anterior; venenosos.

Al comenzar el siglo *XIX* el método usual de encender un fuego era usar un pedernal y un eslabón⁵ martillo para encender una mecha. La idea de emplear trocitos de madera con azufre reapareció en 1800 y al poco tiempo ya se mezclaban clorato de potasio y azúcar al azufre para mejorar su combustión. En 1830 ya había una versión doméstica de los cerillos, los llamados "cerillos prometeicos" estaban hechos de un rollito de papel, el cual tenía en un extremo la mezcla con un pequeño tubo hermético que contenía un poco de ácido sulfúrico. Rompiendo el tubito con un par de tenacillas o ¡con los dientes! el ácido reaccionaba con la mezcla encendiendo el papel.

También por esas fechas aparecieron los primeros cerillos de fricción, conocidos con la marca "Lucifer"; la cabeza estaba formada por sulfuro de antimonio y cloruro de potasio aglutinados con goma y agua; tenían en la caja una advertencia para que no los usaran "las personas de pulmones delicados". Se encendían frotándolos entre dos hojas de papel de lija.

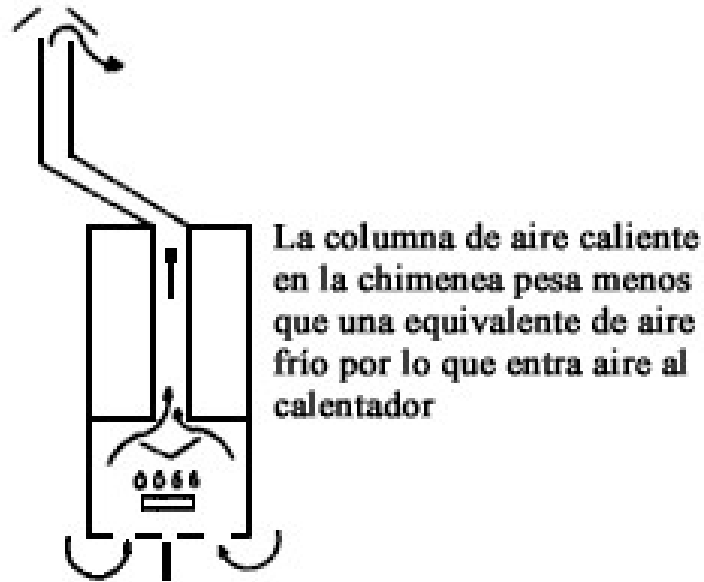
Los cerillos de seguridad, fabricados con el menos peligroso fósforo rojo (el cual no presenta combustión espontánea ni es tóxico), se comenzaron a usar en Suecia en 1852. En éstos, los ingredientes necesarios para la combustión se hallan separados, unos en la cabeza y otros en una superficie especial para frotarlos. Sin embargo, se seguían fabricando cerillos con fósforo blanco debido a su gran resistencia a la humedad. Cuando se descubrieron sus efectos tóxicos en los obreros de las fábricas se prohibió la fabricación de cerillos con fósforo blanco en la Conferencia de Berna de 1905.

Los cerillos actuales tienen en la cabeza sulfuro de antimonio y diversos agentes oxidantes como clorato de potasio y azufre o carbón; y en la superficie de frotamiento, fósforo rojo, vidrio molido, y aglutinante.

Para que ocurra una reacción química se necesita cierta energía mínima para su inicio, llamada "energía de activación". Al encender la estufa esta energía es suministrada por el cerillo. En las reacciones de combustión, como la del gas doméstico, se libera suficiente energía calorífica⁶ como para sostener la reacción y, además, calentar la sopa.

El encendido de un fósforo implica muchas reacciones sucesivas. Aunque el mecanismo no está del todo comprendido es, en principio, el siguiente: la energía mecánica debida al frotado del cerillo es mayor que la energía de activación para la reacción del fósforo rojo (contenido en la tira café oscuro de la cajetilla); ésta reacción libera suficiente calor como para iniciar la combustión del azufre (en la

cabeza del cerillo); y ésta libera suficiente calor como para iniciar la combustión de la madera (o papel encerado) del cerillo.



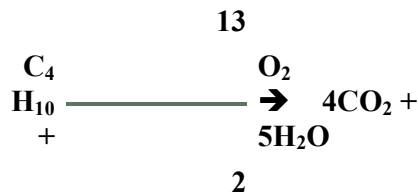
Chimenea de calentador doméstico

Figura II. 1. Chimenea de calentador doméstico.

EL HORNO

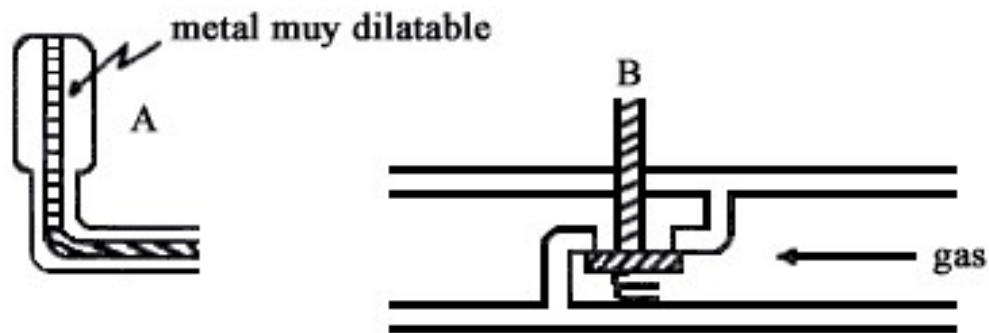
Al parecer, los antiguos egipcios ya empleaban hornos para la fabricación de pan hace cosa de 6 000 años. De entonces a la fecha el diseño básico no ha cambiado. Hay, sin embargo, adelantos. Una ventana de vidrio doble permite ver el interior sin tener que abrir la puerta lo que (bajaría la temperatura del horno), una chimenea especialmente diseñada permite aprovechar mejor el combustible y hay, también, un dispositivo para controlar la temperatura. A continuación algunas observaciones acerca de este utensilio:

Al encender el horno podrá notarse que el vidrio de éste primero se empaña y luego se seca. La combustión del gas doméstico produce H_2O que se condensa en la superficie fría del vidrio (y del metal, pero es más fácilmente visible en el vidrio)... hasta que éste se calienta por la misma combustión.



La función de la chimenea en un calentador de gas, como el horno, no es únicamente dar salida a los gases de la combustión. Puesto que la densidad del aire es menor que la de los gases calientes, se produce una diferencia de presión entre dos columnas, figura II.1, la cual asegura el suministro indispensable del aire a la cámara de combustión.

Desde luego el alto de la chimenea tiene que ver con la eficiencia del calentador: un chimenea larga da un gran "tiro" con lo que se asegura una combustión completa por tener exceso de oxígeno. Sin embargo un gran tiro hace que se pierda mucho calor por la chimenea en vez de transmitirlo al material que se desea calentar.



Al calentarse el metal A se expande y abre la válvula B

Controlador de temperaturas

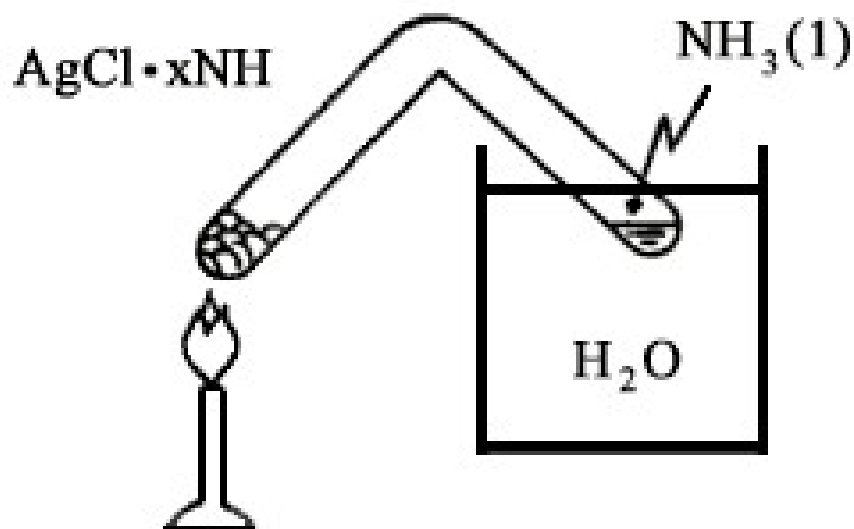
Figura II. 2. Controlador de temperatura.

Para controlar la temperatura del horno se emplea el mal llamado "termopar" que es, realmente, un bimetálico. Se trata de un tubo de cobre que contiene una varilla con un extremo altamente dilatado, este extremo se halla cerca de la flama sea del horno, sea del calentador de agua, figura II.2, según la temperatura es el desplazamiento del extremo que llega a una válvula, así se controla el suministro de gas.

EL REFRI

En 1824 Faraday encontró que el $AgCl$ absorbe a temperatura ambiente al NH_3 . Dispuso un aparato como el mostrado en la figura II.3 de forma que al calentar la sal de cloruro de plata amoniacal se liberaba NH_3 que se condensaba en el otro extremo del tubo. Al apagar la flama encontró que el NH_3 líquido comenzaba a hervir ¡enfriando el tubo!

Cuando se deja escapar el gas de un encendedor de bolsillo (sin encenderlo) puede notarse que el gas sale frío. Se tiene en este caso una expansión Joule—Thomson. El lector sospechará acertadamente que tal es la base del funcionamiento de un refrigerador. Pero no todos los gases se comportan de la misma manera. El helio, por ejemplo, se enfría cuando se comprime y se calienta cuando se expande. Hay una temperatura, característica de cada gas, en la cual no ocurre cambio de temperatura con la expansión y se le llama "temperatura de inversión"; el lector perspicaz podrá hallar el valor aproximado de la temperatura de inversión para el He y el N_2 a partir de la tabla II.1. El coeficiente Joule—Thomson ($m\ J\ T$) indica la variación en grados Kelvin de la temperatura del gas debida a una variación de 1 atmósfera en su presión.



Cuando se apaga el mechero el $NH_3(1)$ enfriando el H_2O

Refrigerador de Faraday

Figura II. 3. Refrigerador de Faraday.

Tabla II. 1. Temperatura de inversión, $m J T$ en K/at.

t°	$m J T H E 1$ at	$m J T N_2 1$ at
-	-	
100	0.058	0.649
0	-	
	0.062	0.266
100	-	
	0.064	0.129
200	-	
	0.064	0.056

Es claro que mientras mayor sea el coeficiente $m J T$ del gas usado en el refrigerador mayor será su eficiencia. Comercialmente se usan los "freones"⁷ para tal fin. Éstos tienen un alto $m J T$ y una baja temperatura crítica⁸, de forma que no se llegan a licuar a la temperatura de operación.

La primera patente norteamericana para la fabricación de un refrigerador fue presentada en 1834 por Jacob Perkins. Por otro lado un impresor escocés, James Harrison, empleaba éter para limpiar los tipos de su imprenta, según era costumbre. Notó entonces la capacidad del éter de enfriar al evaporarse. Tanto el refrigerador de Perkins como el de Harrison empleaban la evaporación de líquidos muy volátiles para enfriar; éstos posteriormente se comprimían para licuarlos y volverlos a usar.

La ventaja de la refrigeración, y de la congelación en particular; es que inhibe el desarrollo de bacterias y de otros microorganismos contenidos en los alimentos; sin embargo, éstos recuperan su actividad al regresar a la temperatura ambiente.

Pero no todo son ventajas, al congelarse el agua aumenta su volumen, lo que produce un cambio en la textura de los alimentos congelados, desnaturaliza las proteínas y rompe las emulsiones, como ocurre al congelar la leche, que se forman gotas de aceite que se hallaban emulsionadas. Por lo mencionado conviene hacer la congelación lo más rápidamente posible a fin de que los cristales de hielo formados sean microscópicos y no rompan la estructura de los alimentos. Para ello el congelador debe estar a muy baja temperatura

(aproximadamente -18°C). Si al descongelar la carne se forma un líquido sanguinolento es señal de que los cristales de hielo formado rompieron la estructura celular.

La mayoría de las bacterias, levaduras y mohos crecen mejor entre 16 y 38°C . A una temperatura menor de 10°C el crecimiento es mucho más lento. De aquí que, como mencionamos, los alimentos refrigerados o congelados se conserven más tiempo debido a la disminución de la actividad microbiana, con ello se evita la descomposición de los alimentos que puede provocar intoxicaciones, amén de mal sabor. Debe anotarse que algunos alimentos, debido a la presencia de componentes disueltos, se congelan a cerca de -10°C . Por lo anterior la temperatura del congelador se mantiene cerca de -18°C , mientras que la del refrigerador está entre 4.5 y 7°C .

Debe subrayarse que ni la refrigeración ni la congelación esterilizan los alimentos; en cuanto los alimentos se sacan del refrigerador los organismos sobrevivientes reinician su crecimiento y, dividiéndose, se multiplican.

Tabla II. 2. Duración promedio de algunos alimentos.

<i>Alimento</i>	0°C	<i>Duración en días</i> 22°C	38°C
Carnes rojas	6 a 10	1	1
Pescado	2 a 7	1	1
Aves	5 a 18	1	1
Carne seca	1 000 o más	350 o más	100 o más
Frutas	2 a 180	1 a 20	1 a 7
Frutas secas	1 000 o más	350 o más	100 o más
Hortalizas	3 a 20	1 a 7	1 a 3
Raíces	90 a 300	7 a 50	2 a 20
Semillas secas	1 000 o más	350 o más	100 o más

Una gran ventaja de la refrigeración es la de no modificar el sabor; la textura ni el valor nutritivo de los alimentos (cosa que no ocurre siempre con la deshidratación o el enlatado); sin embargo el grado en que evita el deterioro de los alimentos es muy reducido, tabla II.2. Los valores indicados son meramente indicativos. Los cerdos alimentados con cacahuates y soya (grasas no saturadas) dan carne y manteca más blandas que los alimentados con cereales, además la carne de estos últimos se conserva mejor en el frío. Si los animales

están descansados antes de su sacrificio su carne se conserva mejor pues no han consumido sus reservas de glucógeno (almidón animal), el cual se convierte en ácido láctico con poder conservador.

Una desventaja del refrigerador doméstico es la facilidad con que se intercambian los sabores y olores. Así, por ejemplo, la mantequilla y la leche absorben el olor del pescado y la fruta; los huevos el de la cebolla.

El enfriamiento disminuye la velocidad de algunas reacciones químicas y enzimáticas, no sólo la velocidad de crecimiento de los microorganismos, de aquí que se le emplee para controlar el envejecimiento de los quesos.

Por otro lado el enfriamiento facilita el pelado y deshuese de los duraznos y el rebanado de la carne y del pan, precipita las ceras de los aceites comestibles y conserva el CO_2 de los refrescos y cervezas al aumentar la solubilidad del gas con la baja temperatura.

LA TEMPERATURA EN LA COCINA

Y ya que hablamos de temperatura conviene distinguir y precisar los siguientes términos: temperatura, calor; conductividad térmica y otros relacionados.

La ambigüedad cotidiana del término calor se puede ver en expresiones como: "este suéter es muy calentito", "¡qué calor hace en el Metro!", etc. Lo anterior se relaciona, desde luego, con la *sensación* de temperatura. Cosa muy diferente del *concepto* de temperatura empleado por los científicos. La *sensación* de temperatura se puede comprender en términos de la ley cero de la termodinámica⁹. Ésta es, como todas, una generalización de la experiencia: "dos cuerpos que estén en equilibrio termodinámico con un tercero están en equilibrio termodinámico entre sí." Otra generalización es que la energía calorífica se transmite de los cuerpos de mayor temperatura a los de menor; así como los objetos caen de los lugares más altos a los más bajos. Ahora bien, puesto que el cuerpo humano tiene una temperatura de 37°C continuamente está en desequilibrio termodinámico con el ambiente (suponiendo unos 20°C en el medio). De aquí que la *sensación* de temperatura resulta del sentido de flujo de calor en el sistema cuerpo- ambiente.

El organismo humano tiene un pérdida continua de calor del orden de 15 kilocalorías/hora, tabla II.3. Es interesante mencionar que, como señala la tabla, una persona sentada y *pensando* no consume más energía que un foco de 20 watts.

Es precisamente este flujo de calor el que nos dice si "hace calor" o no. Si el cuerpo pierde calor a baja velocidad "sentimos calor"; y al contrario, si se disipa calor a gran velocidad "sentimos frío".

De hecho un suéter "calientito" no produce calor. En todo caso es un buen aislante térmico y, en rigor científico, es un suéter "con un bajo coeficiente de conductividad térmica".

Tabla II. 3. Requerimientos energéticos.

Sentado	15 kcal/hora	17 wats
De pie relajado	20	21
Escribiendo	20	21
Caminando	200 a 350	210 a 400
Corriendo	800 a 1 000	930 a 1 160
Bailando	200 a 400	210 a 460
Gimnasia	200 a 500	210 a 460
Tenis	400 a 500	460 a 600
Natación	300 a 900	350 a 1 050
Escalamiento	700 a 900	800 a 1 050

Puesto que el flujo de calor depende de una diferencia de temperaturas... si en el Metro la temperatura es alta, el flujo de calor del cuerpo humano al ambiente es menor y, obviamente, "sentimos calor". La función de la ropa (aparte de la social y erótica) es controlar la pérdida de calor del organismo por las corrientes de convección. Véase en el capítulo III, "La convección en el atole".

Ahora bien, la sensación de calor depende de muchos factores. Basta mencionar que al soplar con la boca abierta sobre una mano se siente calor; sin embargo, al soplar con la boca casi cerrada se siente frío. En la sensación de temperatura influyen la humedad ambiental, la humedad del organismo, la presencia de corrientes de aire y, por supuesto, la temperatura (la de los científicos, se entiende).

Una de las formas en que el cuerpo controla su temperatura es la transpiración. Debido al alto calor latente de evaporación¹⁰ del agua (10.5 kcal/mol a 25°C), al pasar a fase vapor; el sudor "toma calor" del organismo y así disminuye su temperatura. Obviamente se requiere que el porcentaje de humedad en el ambiente sea bajo para que haya evaporación... lo que explica que "se sienta más calor" en los lugares húmedos (el bello puerto jaibo, *p. ej.*)¹¹ que en los lugares secos (Monterrey). Anotemos marginalmente que los perros casi siempre tienen la lengua de fuera porque no sudan; para controlar su temperatura exhalan el calor... por la lengua y las orejas.

La capacidad que tienen los materiales para conducir la energía calorífica¹² determina que una sustancia sea más "fría" que otra. Así

el hierro es más "frío" que la madera porque el cuerpo humano pierde fácilmente calor en contacto con el metal; en otros términos: el metal conduce más rápido el calor que le cede el cuerpo humano produciendo una sensación diferente que la madera.

LA OLLA DE PRESIÓN

Una gráfica, llamada diagrama de fases del H_2O , nos permite entender la ventaja de bajar la flama cuando ya están hirviendo los frijoles de "l'olla".

A continuación una breve explicación del diagrama de fases. La figura II.4 muestra con líneas continuas las temperaturas y presiones de equilibrio de las diferentes fases del agua: líquido, sólido y vapor. Así, a una presión de 1 at la temperatura de equilibrio para las fases vapor y líquido es 100°C . Como ilustración de lo complejo que puede ser el hielo, en la figura II.5 se muestra su diagrama de fases a una presión que no es, obviamente, muy frecuente.

A presión constante, la temperatura máxima de equilibrio entre el vapor y el líquido es la temperatura de ebullición del H_2O . Nótese, que la curva de equilibrio LG (líquido—gas) se interrumpe a 374°C ; ésta es la temperatura crítica del agua; la presión correspondiente se llama, obviamente, "presión crítica".

Por lo dicho, la máxima temperatura a la que se puede hervir los frijoles es 93°C en el D.F. Si se "sube" la flama de la estufa lo único que se logra es evaporar el agua más rápidamente y... que haya que poner más agua (previamente calentada, según establece la mexicana tradición culinaria). Los frijoles de ninguna manera se cuecen más rápido por subir la flama pues esto no aumenta la temperatura del agua en ebullición. La única manera de reducir el tiempo de cocimiento es emplear una marmita de Papin, digestor u olla de presión.

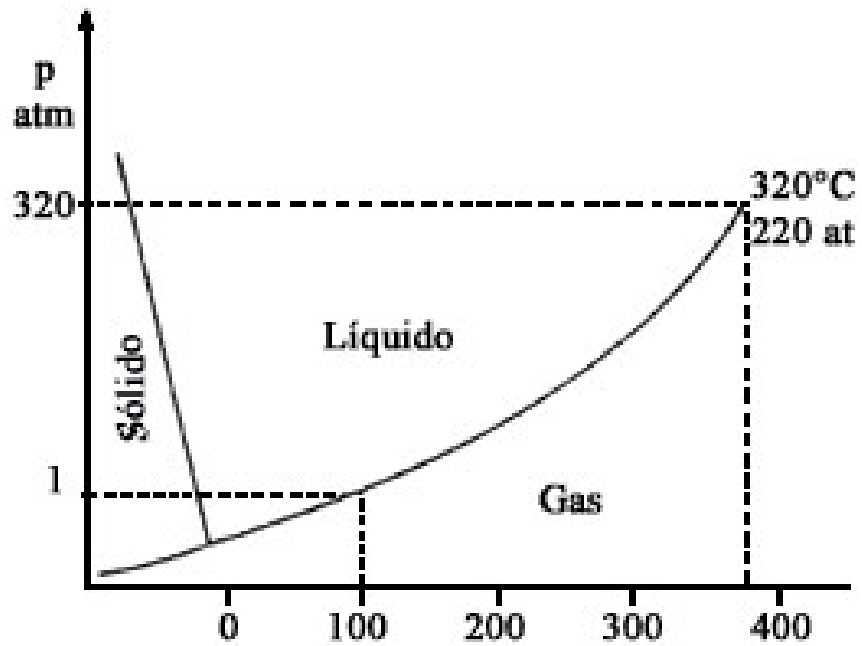


Diagrama de fases del H_2O

Figura II. 4. Diagrama de fases del H_2O .

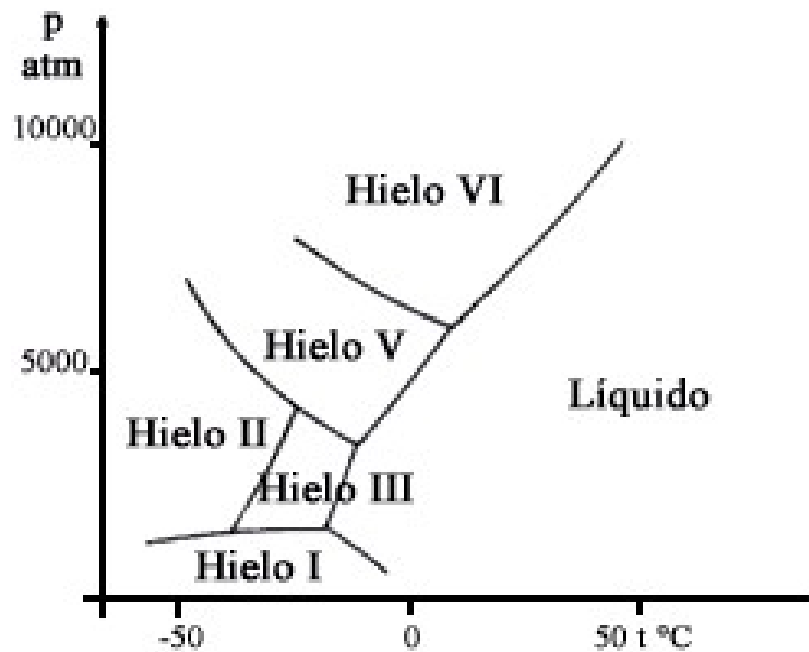


Diagrama de fases de hielo a altas presiones

Figura II. 5. Diagrama de fases del hielo a altas presiones.

En este punto es oportuno mencionar el origen de este implemento y su funcionamiento.

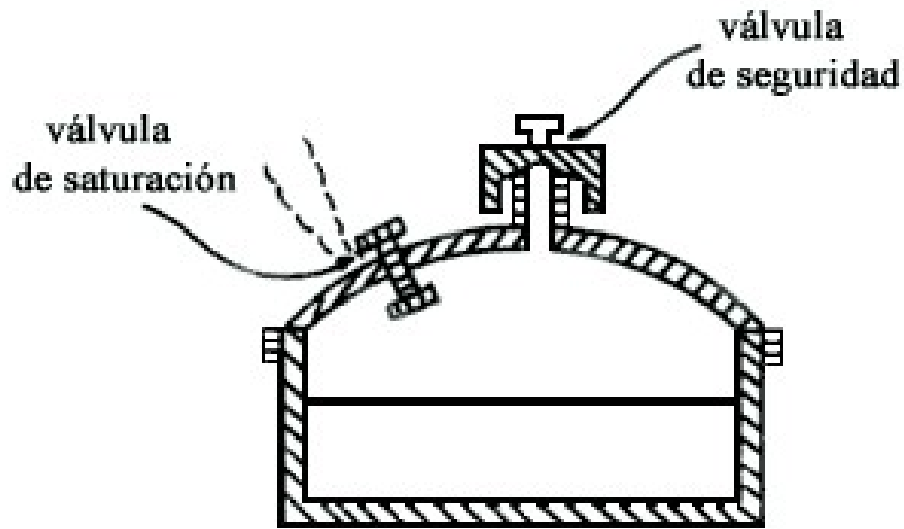
Denise Papin fue ayudante de Robert Boyle y ambos se movían en el ambiente de la *Royal Society*. En 1679 presentó un "digestor de vapor" que era un recipiente con una tapa hermética de forma que se podían cocinar alimentos a una temperatura mayor que la usual. Puesto que la tapa hermética permitía una presión interior mayor que la atmosférica, la temperatura de ebullición del agua era mayor que la ordinaria, véase la figura II.6. El "digestor de vapor" contaba, por lo que pudiera ofrecerse, con una válvula de seguridad, también diseñada por Papin. Esta contribución fue completada un año más tarde con un recetario (elaborado por el mismo Papin) para cocinar conejo, pichón, carnero, pescado, frijol, cereza, etc. Los autoclaves son, en principio, marmitas de Papin, empleadas para fines tan diversos como la obtención de caucho sintético, hidrogenación de aceites insaturados (véase en el capítulo I, "Margarina"), fabricación de colorantes, margarinas, fármacos y plásticos, para la esterilización de instrumental quirúrgico, etcétera.

Actualmente las ollas de presión cuentan con varios dispositivos que aumentan su eficiencia y seguridad. Una olla de presión típica, figura II.6, tiene una válvula de seguridad en el centro de la tapa, una válvula pequeña de saturación, y una rosca de seguridad.

Cuando comienza la cocción queda aire encerrado en la olla, el cual conviene eliminar pues, mientras mayor sea el porcentaje de humedad, mayor será la dificultad para conseguir la evaporación (y por consiguiente mayor será la temperatura de ebullición)¹³. La valvulita permite la salida del aire y se cierra al aumentar lo suficiente la presión interna. Si la presión dentro de la olla es muy grande se bota la válvula central. En caso de no ocurrir lo anterior la rosca de la tapa se deforma y salta la tapa, pero la olla no explota con fractura.

De esta manera el fabricante garantiza lo más posible la seguridad del usuario o, menos frecuentemente, de la usuaria.

La presión interna que se llega a generar en la olla es de 1.40 kg cm^2 , lo que implica una temperatura de ebullición del agua de casi 130°C . No parece mucho, pero basta para aumentar la velocidad de las reacciones de cocimiento casi diez veces.



Olla de presión

Figura II. 6. Olla de presión.

Y ya que hablamos de presión, es decir; de:

$$P = \frac{F}{A}$$

fuerza aplicada al área unitaria, se entiende por qué hay que afilar cuchillos, tijeras, navajas, etc. En tanto sea menor el área en que se aplica una fuerza dada, mayor será el cociente F/A , esto es, la presión.

De los efectos de la presión en el azúcar tratamos en el capítulo IV, en "Triboluminiscencia".

LAS ENZIMAS

En 1897 Eduard Büchner; químico alemán, hizo un extracto de levadura que, para su sorpresa, al ponerlo en jugo de uva produjo fermentación¹⁴. Por primera vez en la historia la glucosa se transformó en alcohol y bióxido de carbono sin usar microorganismos. El extracto que obtuvo Büchner lo llamó "enzima" que significa "en el jugo".

Las enzimas controlan innumerables reacciones del organismo. Una rebanada de chocolate contiene 400 kilocalorías, suficientes para elevar la temperatura del cuerpo humano a 43°C, lo que provocaría la muerte. Sin embargo, las enzimas del cuerpo controlan una cadena de reacciones que dosifica notablemente el poder energético del chocolate almacenándolo para el momento que se requiera.

El mecanismo por el que actúan las enzimas se puede ilustrar con una cerradura y su llave. Para abrir la puerta de la reacción se necesita una llave (enzima). La presencia de una llave semejante puede impedir la acción de la enzima, por lo que se le llama "inhibidor". Algunos agentes químicos empleados para conservación de alimentos actúan como llaves equivocadas que bloquean la cerradura, de esta manera impiden que la enzima correcta provoque las reacciones de descomposición.

La mayoría de las enzimas se desnaturalizan fácilmente por el calor. 70 u 80°C durante cinco minutos bastan para impedir la actividad de las enzimas, como puede verse en "La carne", capítulo III, donde hablamos de los ablandadores. De aquí que se conserven mejor los alimentos cocinados que los crudos. Por ejemplo, si continúa la actividad enzimática se tiene un cambio de color en la clorofila o en los carotenos, o una modificación en el sabor de las grasas (rancidez) o un cambio en el valor nutritivo de las proteínas y vitaminas, o una modificación de la textura de los alimentos.

Además, el calentamiento es un método conveniente para destruir los microorganismos de los alimentos. De aquí que, con el mismo procedimiento, se logran dos objetivos: la preservación microbiológica y la estabilización enzimática de los alimentos.

Se dan casos de enzimas que, después del calentamiento, se regeneran. La inactivación térmica se debe a la pérdida de la estructura de los sitios activos como resultado de la desnaturalización, esto es, a que la llave pierde su forma. La regeneración se debería, entonces, a un proceso de reorganización de la molécula de proteína que conduce a la restauración de los sitios activos. La estabilidad de los alimentos frente a la acción enzimática depende de la temperatura, del *pH*, del estado físico de las enzimas (Si está adsorbida en partículas sólidas) y del tiempo de almacenamiento.

En los alimentos, igual que en todos los sistemas biológicos, el agua es uno de los componentes más importantes. Como disolvente, el agua sirve para poner en contacto las diferentes moléculas que interaccionan. Más aún, la reactividad de muchas sustancias depende del grado de disociación iónica y de la configuración molecular; es decir; del grado de hidratación. El agua misma es frecuentemente uno de los reactivos o de los productos de la reacción.

La influencia del agua en la velocidad de las reacciones enzimáticas de los alimentos se ha conocido empíricamente desde hace muchos años, de aquí que el secado, ahumado y salado de los alimentos sean formas antiguas de conservación de los mismos, véase capítulo I, "Algunas formas de conservar los alimentos".

El contenido de agua en los alimentos varía desde más de 90% en algunas hortalizas, como el tomate, hasta un bajo porcentaje en granos y alimentos deshidratados.

La influencia del agua en la reactividad de los alimentos depende del estado en que se hallan las moléculas de agua. En los alimentos el agua se halla fuertemente adsorbida en la superficie de las proteínas, carbohidratos, etc., en sus sitios polares, *p.ej.* los grupos $-OH$ de los carbohidratos. El papel del agua en las reacciones enzimáticas es semejante al de un lubricante en la analogía llave-cerradura. En gran medida el papel del agua es el de disolvente, permitiendo la difusión del sustrato hacia la enzima.

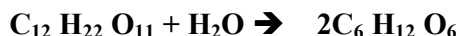
La papaína es una enzima de origen vegetal que hidroliza al colágeno de la carne. En términos culinarios, "ablanda la carne". También una enzima de la piña (bromelaina, capítulo III) tiene tal propiedad, por lo que se emplea en la preparación de algunas carnes (tacos al pastor; jamón Virginia, alambres, etc.).

Las enzimas intervienen en una gran cantidad de procesos para la elaboración de alimentos y bebidas. La fermentación alcohólica, por ejemplo, es producida por levaduras, hongos microscópicos unicelulares que liberan unas sustancias, precisamente las enzimas, causantes de las fermentaciones.

En general las levaduras requieren materia orgánica para alimentarse y se desarrollan muy bien en líquidos azucarados, obteniendo de ellos la energía almacenada en los glúcidos.

A continuación veremos con algún detalle el papel de la levadura de pan (o de cerveza) en la elaboración de estos satisfactores de la humanidad.

La levadura de pan libera dos enzimas, una de las cuales, la "invertasa" o "sacarasa", convierte la sacarosa en glucosa:



La glucosa, a su vez, se convierte en etanol y bióxido de carbono por la acción de otra enzima: la "zimasa":



Esta fermentación alcohólica tiene diversas aplicaciones en el campo de la alimentación. En unos casos se aprovecha el CO_2 (para que

esponje el pan) y en otros el etanol (cerveza, vino, etc.). En este caso la reacción no requiere oxígeno, lo que químicos y biólogos llaman proceso anaerobio¹⁵

Las bacterias útiles en la alimentación son las llamadas saprófitas¹⁶ que producen sustancias útiles para el medio en que viven o bien descomponen la materia orgánica pasándola a material mineral.

Las principales fermentaciones bacterianas son:

1) Fermentación acética:

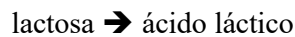


Alcohol etílico ácido acético

Una implacable reacción de desastrosas consecuencias, como lo puede atestiguar cualquiera que haya sufrido los terribles efectos de la "cruda".

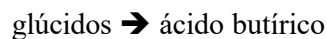
Esta fermentación requiere oxígeno y la producen bacterias del tipo *acetobacter*. La fermentación acética es responsable de la fabricación del vinagre¹⁷ a partir del vino.

2) Fermentación láctica:



La produce el *lactobacillus*. Tiene lugar en la fabricación del yogur; kéfir, quesos con mohos, col fermentada, etcétera.

3) Fermentación butírica:



requiere oxígeno y es producida por el *clostridium butiricum* y el *bacillus amylobacter*. Es la fermentación que tiene lugar al enranciarse la mantequilla; también se emplea para la obtención de fécula de papa.

4) Fermentación pútrida: Consiste en la desintegración de las proteínas en aminoácidos a partir de los restos vegetales o animales; en el proceso se liberan gases como el amoníaco, bióxido de carbono, hidrógeno, metano y otros de olor fétido como sulfuro de hidrógeno, nidol, escatol, etc. Se producen también las "ptomaínas"¹⁸, sustancias muy tóxicas.

Con la descomposición, los alimentos no sólo toman un mal aspecto, mal olor y mal sabor sino que pueden enfermar al que los ingiere.

Cocinar los alimentos es una forma de retrasar la descomposición y una forma de disimular el sabor, debido a ésa son las especias. No es

raro que la pimienta, el chile, etc., se hayan comenzado a usar en regiones calurosas donde los alimentos se descomponen más fácilmente, además de que son las regiones donde se producen.

Sin embargo no todas las descomposiciones son desagradables. Piénsese, por ejemplo, en el vino, la cerveza, el queso, el pan, el yogurt, etc. Por otro lado estos alimentos tienen una vida útil mayor que los alimentos de los que se obtienen, lo cual explica que hayan sido importantes vituallas de las primeras civilizaciones. Otras reacciones enzimáticas útiles son las que intervienen en el curtido de pieles.

Ya señalamos que la baja temperatura ayuda a conservar los productos vegetales, como las frutas; pero "nada con exceso, todo con medida", así que conviene mantenerlos a temperatura baja sin llegar a la congelación pues se puede perder la textura. En las frutas la oxidación de los hidratos de carbono es un proceso continuo que se acompaña de generación de calor y bióxido de carbono y, por consiguiente, se calientan durante el almacenamiento llevando a un círculo vicioso: cuanto más sube la temperatura más rápidamente actúan las enzimas y mayor es el calentamiento. Por eso conviene refrigerarlas.

ÁCIDOS Y BASES

Una de las clasificaciones más útiles en la química es la de ácidos¹⁹ y bases (también llamadas "álcalis"²⁰). Como mencionaremos más adelante el color de muchos vegetales depende de la acidez o basicidad de la solución, esto es, del pH ²¹ y, en consecuencia, el aspecto de frutas, verduras y ensaladas tiene que ver con los ácidos y las bases.

Algo de historia

En la antigua Roma era bien sabido que la fermentación de los jugos vegetales podía llegar más allá del vino produciendo vinagre. Químicamente esto implica la oxidación del alcohol transformándose en ácido acético. Aparte de su uso culinario, el vinagre era importante por ser el ácido más fuerte de la antigüedad.

Si bien en el siglo *IX* eran pocos los ácidos conocidos (vinagre, jugos de frutas) ya se habían desarrollado los métodos y equipos de laboratorio necesarios para la producción de muchos más. Los alquimistas alejandrinos conocían los procesos de destilación pero es poco probable que tuvieran aparatos lo suficientemente avanzados como para conseguir componentes volátiles puros antes del siglo *XVII*. El descubrimiento de los ácidos minerales (es decir; derivados de materiales inorgánicos) comenzó en Europa en el siglo *XIII*. Probablemente el primero fue el ácido nítrico, obtenido mediante la destilación de salitre (nitrato de sodio y potasio) y vitriolo (sulfato de

cobre) o alumbre (sulfato de aluminio y magnesio). Seguramente fue más difícil de descubrir el ácido sulfúrico, pues requiere mayores temperaturas y equipo más resistente a la corrosión. Y más difícil aún el ácido clorhídrico, pues los vapores no pueden condensarse sino que deben ser disueltos en agua.

Si bien la química comenzó su desarrollo con el curtido de pieles, la elaboración de alimentos, etc., esto es, con el origen mismo del hombre, la elaboración precisa de los conceptos químicos fundamentales comenzó en el siglo XVII. Sólo entonces se definieron elementos, compuestos, ácidos, bases, sales, etc. Robert Boyle (1627-1691) dio una descripción precisa de los ácidos al decir que tales sustancias podían enrojecer al "tornasol"²². Existían, además, otras formas de reconocer a los ácidos: su sabor peculiar; el ataque a los metales y a la piedra caliza, el cambio de color de algunos vegetales. (*p. ej.* líquenes)²³ y, aunque sea redundante, los ácidos se caracterizaban por su sabor ácido. Las sustancias que cambiaban de color en medio ácido o básico se llamaron "indicadores", uno de los más empleados fue el tornasol.

No es de sorprender que las primeras clasificaciones de las sustancias se hayan hecho empleando los recursos más disponibles por los investigadores: sus sentidos, esto es, la vista, el tacto, el gusto. Hoy día esto puede parecer poco preciso y subjetivo, sin embargo el entrenamiento logra mejorar notablemente tales sentidos. Por ejemplo, el olfato; la mayoría de la gente puede distinguir algunos cientos de olores pero un químico hábil logra identificar casi 3 000. En cuanto al color, el ojo humano llega a distinguir hasta 700 matices distintos de forma que, sin entrenamiento, pueden distinguirse unos 4 000 colores distintos.

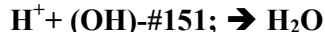
Fue Robert Boyle, en 1661, quien buscó características más allá de lo inmediato: análisis a la flama, análisis de los rastros metálicos en la célebre "piedra de toque", análisis de manchas, de humos, de precipitados, acción de disolventes, peso específico, etc.; los álcalis los identificaba por su tacto aceitoso (luego veremos por qué tal carácter aceitoso) y su capacidad para neutralizar a los ácidos formando sustancias cristalinas de sabor salado. Los ácidos, en cambio, por la efervescencia que producían con los metales, y ambos, ácidos y bases, porque anulaban sus características al combinarse para dar lugar a una sustancia de gusto salado. Probablemente ya era común en ese tiempo quitar la acidez al vino pasado con cal: una reacción de neutralización.

Estas observaciones permitieron la clasificación de muchas sustancias en ácidos y bases lo cual llevó a relacionar una gran cantidad de observaciones experimentales. Así muchas sustancias pudieron catalogarse como ácidos (níttrico, sulfúrico, carbónico, etc.),

como bases (sosa, potasa, cal, amoníaco, etc.) y como sales (sal de mesa, salitre, bórax, alúmina, etc.).

El primer intento de dar una explicación teórica del comportamiento de los ácidos fue hecho por Antoine-Laurent Lavoisier a fines del siglo XVIII, quien afirmaba que todos los ácidos contenían oxígeno²⁴. Sin embargo el elemento clave para el comportamiento ácido no está en el oxígeno sino en el hidrógeno, como propuso Humphry Davy en 1815. Con todo, no basta que exista hidrógeno en una sustancia, se requiere que éste sea sustituible por un metal (como sugirió Justus von Liebig en 1838). Esta definición de ácido fue un poco más duradera que las anteriores, aproximadamente 50 años, pero no dio ninguna explicación acerca del comportamiento de las bases, éstas simplemente se definían como sustancias que neutralizaban a los ácidos.

El tema adquirió una nueva perspectiva con los trabajos de Wilhelm Ostwald y Svante A. Arrhenius en la década de 1880. A grandes rasgos la teoría de Arrhenius propone que los ácidos son sustancias que en solución acuosa producen iones H^+ y las bases, a su vez, producen iones $(OH)^-$ de forma que la neutralización de ácidos y bases se explica en términos de la reacción:



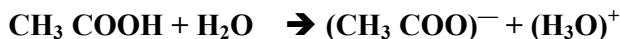
La teoría de Arrhenius tuvo una vigencia de 35 años pues no tardaron en presentarse inconsistencias. Por ejemplo, hay sustancias que producen el vire al color básico de indicadores pero no producen iones $(OH)^-$ sino $(CH_3O)^-$; si el disolvente es metanol (CH_3OH), o bien forman iones $(NH_2)^-$ si el disolvente es amoníaco líquido (NH_3). También la definición de "ácido" como sustancia que produce iones H^+ tiene excepciones. La más importante es que en solución acuosa no existe el H^+ como tal sino asociado, al menos, con una molécula de disolvente como $(H_3O)^+$ en agua ($(H_9O_4)^+$ según algunos), como $(CH_3OH_2)^+$ en metanol y como $(NH_4)^+$ en amoníaco líquido. Aún más, en disolventes como benceno o cloroformo, donde se dan las reacciones y propiedades típicas de ácidos y bases... ¡no se ha detectado la existencia de iones!

Otro escollo a la teoría de Arrhenius lo constituyen las sustancias que no tienen $(OH)^-$ en su composición y se comportan como bases. Tales son la mayoría de los alcaloides²⁵. Son ejemplos de alcaloides: nicotina, efedrina, mezcalina, morfina, heroína, etc. Cabe aclarar que algunos alcaloides (como la morfina) sí tienen grupos $(OH)^-$.

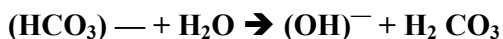
Además, según la teoría de Arrhenius, un ácido produce iones H^+ sólo si hay una base que los reciba. Por ejemplo, el ácido acético:



produce el ion H^+ (asociado a H_2O como H_3O^+) sólo si hay H_2O que se comporte como una base:



Análogamente, una base sólo produce iones $(\text{OH})^-$ si hay un ácido presente, así el ion bicarbonato $(\text{HCO}_3)^-$ producido por la disolución de una sal (por ejemplo: bicarbonato de sodio) recibe un H^+ del agua (que en este caso se comporta como ácido):



Hoy día existen otras teorías (como la de Lewis) con mayor poder explicativo, sin embargo están fuera de los objetivos de este párrafo. Y volviendo al tema, resumiremos con lo siguiente: la definición de ácido y de base depende del disolvente involucrado y, por ser el más común el agua, suelen emplearse los conceptos de ácido y base con ese referente. Esto significa que un pH menor de 7 indica acidez, uno mayor de 7, alcalinidad y un $pH = 7$ corresponde a neutralidad.

Ácidos y bases en la cocina

Pero... veamos cómo podemos reconocer ácidos y bases en el laboratorio cotidiano llamado cocina.

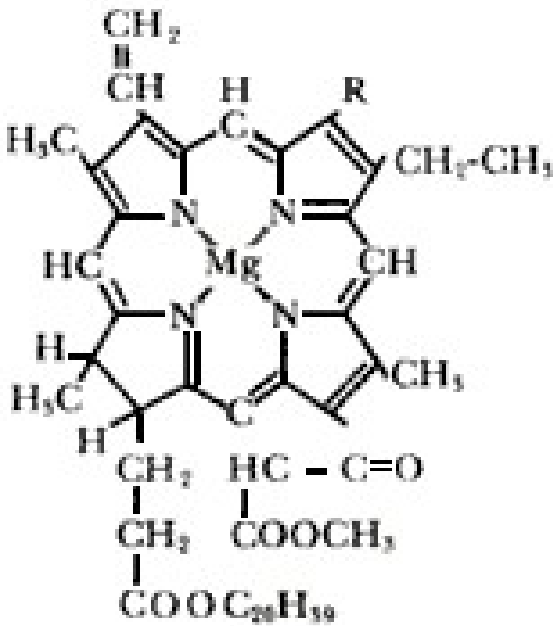
A decir verdad hay una gran abundancia de sustancias, además de las ya mencionadas (extracto de violetas, tornasol, etc.), que pueden emplearse como indicadores. Por ejemplo el repollo morado, por su contenido de antocianinas (véase "El color en los alimentos", capítulo III), puede usarse como indicador ácido—base.

Para obtener el pigmento se necesita dejar el repollo rallado en una taza con agua y agitarlo ocasionalmente. Cuando el agua tome un fuerte color rojo se vierte con cuidado de forma que se elimine lo más posible los sólidos.

Se puede averiguar el color del indicador para el ácido con jugo de limón, y el color para el medio básico con bicarbonato de sodio (mal llamado por muchas amas de casa *carbonato*)²⁶.

Examine, por ejemplo, las siguientes sustancias:

- 1) Agua resultante del cocimiento de vegetales, chícharos, frijoles, cebollas, espárragos, etcétera.
- 2) Líquidos que acompañan a los vegetales y frutas enlatadas.
- 3) Crémor tártaro.
- 4) Refrescos gaseosos, Coca—Cola, Tehuacán, etcétera.



Molécula de clorofila

Figura II. 7. Moléculas de clorofila.

- 5) Jugos de frutas.
- 6) Tomate.
- 7) Yoghurt, queso, etcétera.
- 8) Leche refrigerada.
- 9) Leche a punto de "cortarse".

Como mencionamos, las bases se caracterizaban por ser aceitosas al tacto y poder cambiar a azul el color del liquen llamado "tornasol"; también se caracterizaban por su sabor "amargo".

Boyle encontró que muchas sustancias orgánicas cambiaban de color con ácidos y bases. El alcatraz y el jazmín, por ejemplo, se ponen amarillos con vapores ácidos. Las rosas cambian a púrpura con el amoniaco y, en general, los vegetales verdes cambian a color pardo en medio ácido.

Por lo anterior la sabiduría de las abuelas elaboró una receta consistente en poner un poco de bicarbonato o tequesquite²⁷ en el agua empleada para cocer los vegetales y mantener su color verde. Con el cocimiento se libera el ácido contenido en las células del

vegetal y cambia el color de la clorofila. Pero al haber bicarbonato el ácido producido se neutraliza y se conserva el color de los vegetales.

La molécula de clorofila tiene un átomo de magnesio, figura II.7, el cual es eliminado por los ácidos destruyendo la estructura de la clorofila y dando lugar a nuevas moléculas; si el vegetal contiene carotenos (casi inertes al calor y a los ácidos) se revela un color pardo que disminuye el atractivo de las legumbres. Esto explica por qué el aderezo de ensaladas (el cual contiene vinagre) se ponga justo cuando está por servirse, de esta suerte se retrasa el "marchitado" de los vegetales verdes.

Volviendo a la receta de las abuelas, al poner exceso de bicarbonato en el agua de cocido de vegetales se tiene el riesgo de ablandar la textura de éstos y hacerlos poco apetitosos pues, como ya señalamos, las sustancias con características básicas reblandecen o disuelven los tejidos orgánicos. Esta propiedad explica que se usen cenizas o cal para hacer el nixtamal²⁸. Hay otras ventajas en el empleo de álcalis para el nixtamal. Las proteínas del maíz son de bajo valor nutritivo pero mejoran su calidad con la nixtamalización pues se libera la niacina²⁹ al hidrolizarse los enlaces que la mantienen unida a otros constituyentes.

Otra forma de mantener el color verde brillante de los vegetales es cocerlos en olla de cobre o de aluminio, se evita así que se pongan cafés debido a la formación de Cu(OH)_2 (o Al(OH)_3) que neutraliza al ácido responsable de la pérdida del *Mg* de la clorofila.

Otra forma de conservar el verde de las verduras es cocerlas rápidamente. Basta hervir una gran cantidad de agua y vaciar en ella las legumbres. Con esto disminuye el tiempo de cocimiento y la cantidad de ácido liberado. Otra aplicación culinaria de los ácidos es la disminución del olor a pescado o pollo. Lo tratamos en el capítulo siguiente.

Los conceptos de acidez y basicidad surgieron de nociones y experiencias cotidianas, así como la mayoría de los conceptos de la ciencia surgieron de las prácticas de artesanos y artistas.

Sin embargo, hoy día difícilmente podemos afirmar que el concepto científico de ácido o base forma parte de la experiencia común. Esto parece ser muy "común" en la química moderna: el "sentido común" lo es solamente en el sentido de que debe ser "común" para el que tiene una preparación especial y está consagrado a un campo específico. Sólo él puede mirar sus problemas y las soluciones como algo "común". Tan "común" como puede ser a un(a) cocinero(a) su tarea.

Ahora bien, durante mucho tiempo se consideró que la "acidez" o "basicidad" de una sustancia era una característica intrínseca (como

podría serlo su masa molecular o su estructura molecular). En la actualidad es más aceptado pensar en la "acidez" o "basicidad" como una forma de comportarse de las sustancias en determinadas situaciones. El ejemplo más notable es el H_2O . Tiene las características de un ácido y de una base.

Según la teoría de Arrhenius un ácido se caracteriza por producir iones H^+ ; esto es, desde luego, simplificado pero permite explicar muchos fenómenos. Pocos científicos sostienen que realmente hay iones H^+ involucrados, proponen, más bien, la intervención de iones complejos del tipo $(\text{H}_3\text{O})^+$.

Al encontrarse sustancias como el cloruro de aluminio, el trióxido de azufre y el trifluoruro de boro que, sin producir H^+ en solución, reaccionan con bases y producen sales (y muchas otras características de los ácidos) fue necesario revisar el concepto de Arrhenius para los ácidos.

Desde luego, esto ha tenido su precio: la ciencia se ha alejado de las representaciones sensibles que fácilmente nos permiten "imaginar" a un "protón" cambiando de "amante". Ante tal situación recordemos que la validez de los conceptos científicos no está ni en su evidencia ni en la posibilidad de representarlos con analogías sino en la posibilidad de definir los conceptos sin ambigüedad ni contradicción a partir de efectos mensurables permitiendo explicar fenómenos. Como ha dicho Einstein, el científico se presenta ante los filósofos como un tipo oportunista y sin escrúpulos:

...un científico parece *realista* en cuanto busca describir el mundo independientemente de su acto de percepción; *idealista*, en cuanto considera los conceptos y teorías como libres invenciones del espíritu humano (y que no se derivan lógicamente de los datos empíricos); *positivista*, en cuanto considera sus conceptos y teorías justificados solamente porque proporcionan una representación lógica de las relaciones entre las experiencias sensibles. Incluso puede parecer *platónico* o *pitagórico* porque considera la simplicidad lógica como el instrumento indispensable y efectivo de su investigación.

La importancia de ácidos y bases no es teórica exclusivamente. Ambos desempeñan un importante papel en la cocina y en la industria química, sea como reactantes o como catalizadores. Casi no hay proceso biológico, en la célula o en el organismo como un todo, que sea indiferente a la acidez o alcalinidad del medio. La sangre, por ejemplo, es ligeramente alcalina y sólo en un pequeño intervalo de pH ($7.35 < \text{pH} < 7.45$) se mantiene la óptima regulación de las reacciones químicas del organismo. Se pueden citar muchos otros ejemplos: la acidez o alcalinidad de un terreno influye en los cultivos, la lluvia ácida en el deterioro de monumentos, lagos y

bosques, etc. etc. Y en los alimentos, tema que nos ocupa y preocupa, el *pH* interviene en la conservación de los alimentos y su sabor. Véase el capítulo III donde hablamos de la sazón.

COCER, HORNEAR, FREÍR, ROSTIZAR, ETC.

Son muy diversas las razones por las que se cocinan los alimentos. Entre ellas podemos enumerar:

- 1) Se prolonga la vida del alimento pues se interrumpen reacciones enzimáticas y microbianas.
- 2) Se mejora el sabor de los alimentos.
- 3) Se mejora la textura, así como el color y el olor.
- 4) Se disfruta en la comida de unos lazos culturales más fuertes que el mismo idioma³⁰.

Los procedimientos para lograr el cocimiento de los alimentos son muy variados; aunque básicamente son: freír; cocer en agua, cocer al vapor y hornear; son tantas y tan ricas las variantes de cada uno de ellos que no se puede hacer una descripción completa. Por otro lado, muchos platillos implican más de un procedimiento; para la "lasagna"³¹, por ejemplo, primero se cuece la pasta en agua y luego se hornea³².

Rostizar, dorar, tostar, freír, sofreír, saltar, capear, acitronar, guisar, escalfar, rebozar; mechar, adobar, manir, trincar, aderezar, gratinar, hervir; etc., etc., etc., son apenas unas muestras de la fertilidad de la imaginación cuando se trata del placer cotidiano de la comida. Remitimos al lector (o simpática lectora) a las recetas de su respetabilísima abuela quien, sin duda, puede abundar en el tema.

Por nuestra parte sólo podemos indicar algunas características fisicoquímicas de los procedimientos de cocinado más comunes: cocer al vapor; cocer con agua, hornear y freír.

Cocer al vapor

En 1770, José Antonio Alzate, astrónomo, físico, historiador; geógrafo, arqueólogo y naturalista mexicano, presentó ante la Academia de Ciencias de París una memoria donde explicó la forma en que los indios mexicanos preparan... los tamales. A tal fin colocaban en el fondo de una olla de barro un poco de agua y encima de ella el *tapextle*³³ de tejamanil³⁴ y sobre ese emparillado colocaban los alimentos: tamales³⁵, chayotes³⁶, elotes³⁷, etcétera.

Los tamales son un ejemplo de cocimiento al vapor rodeado de consejas y consejos. Uno de los de la abuela es no hacer tamales cuando la mujer está "esperando", pues los tamales se ponen prietos.

Otro es poner unas monedas en el recipiente con agua. Ciertamente, este último sí tiene fundamento: el sonido de las monedas, resultado de las corrientes convectivas del agua hirviendo indica la existencia de líquido en el recipiente y, en consecuencia, una temperatura constante (la del vapor) en los tamales; en terminándose el agua, dejan de sonar las monedas y no tardan en quemarse los tamales. En el cocimiento al vapor se tiene una temperatura constante, como puede entenderse con el diagrama de fases del agua, véase "La olla de presión", capítulo II; aunque no es un método muy rápido, tiene la ventaja de que es casi imposible sobrecocer los alimentos.

Aunque ya no se acostumbran las tortillas del comal, los que tengan buena memoria recordarán que se forma una película delgada en la cara superior de la tortilla, antes de voltearla. Esta capa resulta de cocerla al vapor primero y, después, de ponerla sobre el comal para que se ase.

Cocer con agua

El cocimiento con agua es uno de los procedimientos más empleados en la cocina. Casi todas las sopas, consomés, caldos, etc. se preparan con los mismos fundamentos fisicoquímicos: la alta conductividad térmica del agua, las corrientes de convección, la constancia de la temperatura de ebullición.

Ya señalamos en otra parte de este capítulo la importancia de la temperatura para la destrucción de microorganismos e iniciar el rompimiento de las moléculas que atacarán las enzimas durante la digestión. El cocimiento con agua es común en la cocina por varias razones: rapidez, economía, facilidad y sazón. En efecto, la velocidad se debe a la producción de corrientes de convección en el agua que, agitando continuamente los alimentos, aseguran uniformidad de cocinado. El costo del agua respecto al aceite, el tiempo empleado, la versatilidad del cocimiento con agua para preparar diferentes tipos de alimentos lo hace, con mucho, el método más económico. Además, la alta (y constante) temperatura de ebullición del agua hace que el tiempo no sea una variable crítica en el cocinado (hay mayor flexibilidad en el tiempo de cocido que en el de asado). Véase, en este mismo capítulo: "Olla de vapor". El agua es un disolvente eficaz de la mayoría de las especias y sales para sazonar; lo que explica en términos gastronómicos que el cocimiento con agua sea un método muy empleado.

A continuación mencionaremos algunos fenómenos asociados con la preparación de los huevos cocidos.

Es común, que al cocer huevos se rompa el cascarón debido a la dilatación del gas contenido en la cámara de aire. Una manera de evitar que se agriete el cascarón es hacer un pequeño orificio en la parte ancha, esto facilita la salida del gas y, por otro lado, hace que el

huevo cocido sea perfectamente curvo sin esa parte plana típica, figura II. 8.

Desde hace tiempo nuestras abuelas saben que para cocer huevos conviene poner un poco de sal en el agua. Si bien ese poco de sal aumenta la temperatura de ebullición del agua (véase el capítulo III) la principal razón de la sal es que funciona como catalizador para coagular la albúmina que sale del cascarón, figura II.9. Con ello se evita que se formen las poco apetitosas tiras de clara coagulada en donde se cuecen los blanquillos.

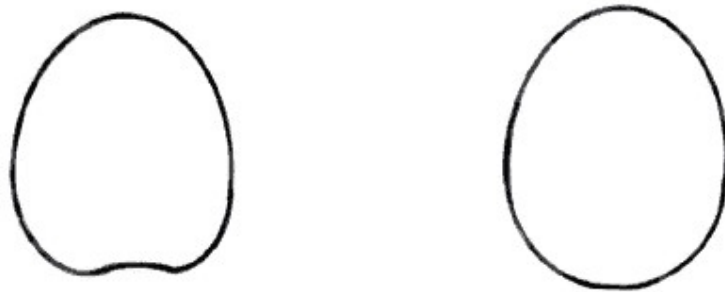


Figura II. 8. ¿Cuál fue cocido después de perforar el cascarón?

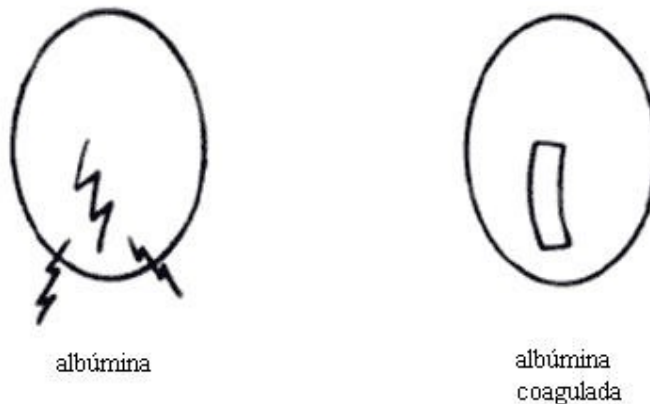


Figura II. 9. Acción de sal en la albúmina.

La clara de huevo está constituida de aproximadamente 88% agua y 11% proteína. La molécula de proteína semeja una bola de estambre enrollado y se mantiene así por unos enlaces muy débiles. Cuando aumenta la temperatura los enlaces ya no pueden mantener la forma de la bola y la molécula se desenrolla dejando expuestos los puntos de enlace; al encontrar otras moléculas en las mismas condiciones se forma una red tridimensional. Como los enlaces químicos tienen base eléctrica, al poner sal (sólido iónico) en agua se producen partículas eléctricas que sirven para unir las moléculas en sus puntos

de enlace. Así, si el cascarón del huevo se rompe al hervirlo, la sal sirve para coagular la albúmina en la fisura misma taponando la grieta.

Por otro lado es interesante anotar la capacidad de la clara de huevo para formar un estuco muy resistente cuando se combina con yeso. En efecto, durante la época colonial se preparaba un estucado con los materiales citados para hacer el decorado barroco de las iglesias. Como es sabido, el barroco se caracteriza por sus volutas, hornacinas, imágenes, etc. Entre tantas madres de ese tiempo no faltó alguna religiosa que aprovechara las yemas de los huevos en... repostería; lo cual explica que Puebla, Morelia, etc., famosas por su arte religioso colonial, también lo sean por su rompopo, yemitas y borrachitos, hechos, naturalmente, con yema de huevo.

Hornear

El horneado es parecido al cocimiento al vapor en cuanto que emplea gases a alta temperatura para transferir el calor. Y la diferencia entre el horneado y el rostizado³⁸ radica en que éste emplea sólo el aire caliente y el calor que se refleja en las superficies del rostizador. Los pollos así preparados se colocan fuera de la trayectoria de los gases de combustión; en el horneado los gases de combustión influyen en el sazón de los alimentos más que en el rostizado.

Curiosamente, aunque la temperatura del horno sea de casi 400°C, 300 grados más que la de ebullición del agua, el tiempo de horneado es mayor que el de cocido. La razón es que la conductividad térmica del aire es mucho menor que la del agua, para el aire es 31.8 cal/(hora m grado) y para el agua es 540 cal/(hora m grado) a 300°C.

Por otro lado, las corrientes de convección del agua durante el cocimiento son mayores que en el horneado, pues el horno se mantiene cerrado (en la olla de frijoles siempre hay una zona expuesta a la temperatura ambiente, lo que propicia la convección). Lo anterior también explica que hornear sea más lento que cocer.

Ya mencionamos en el capítulo II un hecho curioso: al encender el horno ¡se humedece el vidrio de su puerta!

Por otro lado, la fabricación de barbacoa en hoyos es una combinación de horneado, rostizado y ahumado. Con ello se obtiene un producto totalmente sazonado y tierno.

Freír

La temperatura de ebullición del aceite casero es, aproximadamente, 280°C razón por la que freír³⁹ permite preparar los alimentos más rápidamente que cocer con agua o vapor. La alta temperatura del aceite produce reacciones de caramelización y de Maillard en las

proteínas (véase en capítulo III, "La carne") que hacen muy apetitosos los alimentos fritos; además el aceite remanente los lubrica facilitando la deglución.

Sin embargo hay bemoles en el concierto de las frituras. La inmiscibilidad del agua y el aceite hace que éste brinque (casi todos los alimentos tienen agua). Si el aceite está muy caliente, el agua de los alimentos se evapora rápidamente produciendo salpicaduras. Las freidoras eléctricas tienen un calentamiento más uniforme y una superficie expuesta mucho menor que las sartenes por lo que son más seguras en cuanto a las salpicaduras.

Una forma de disminuir las salpicaduras de aceite cuando se trata de pescados, berenjenas, etc. (alimentos con gran porcentaje de agua), es empanizarlos o enharinarlos. El agua de la superficie de los alimentos queda incorporada a los radicales OH de los polisacáridos; de esta manera se evita su rápida evaporación y, por consiguiente, las salpicaduras. El enharinado tiene una ventaja extra: disminuye el tiempo de freído; puesto que el agua requiere de una gran cantidad de calor para evaporarse, al estar enlazada a los polisacáridos ya no se evapora y no se desperdicia el calor del aceite.

También en la preparación de chicharrones hay riesgo de salpicaduras; para evitarlas la tradición pide emplear cazuelas de cobre (la alta conductividad térmica del cobre asegura un calentamiento uniforme).

III . EN LA MESA

LA GRAN variedad de gustos y preferencias por determinados alimentos puede analizarse en términos de cuatro características básicas que hacen apetecible la manducatoria: textura, color; olor; sabor.

En este capítulo trataremos desde el punto de vista fisicoquímico lo que cotidianamente se trata desde el punto de vista gastronómico.

Por ejemplo, la textura de los alimentos (cremoso, batido, tostado, dorado, esponjoso, etc.) se reduce en términos fisicoquímicos a... dispersiones, De éstas trataremos a continuación. Y del color; olor y sabor.

PARA ABRIR EL APETITO

Soluciones, suspensiones, emulsiones, coloides, etc.

Las soluciones, las suspensiones, las emulsiones y los coloides son mezclas con dos fases, esto es, pueden estar constituidas por dos de los tres más abundantes estados de la materia: líquido, sólido, gaseoso. La principal diferencia en estas mezclas es el tamaño de las partículas de la fase dispersa, conocida como *soluto*¹.

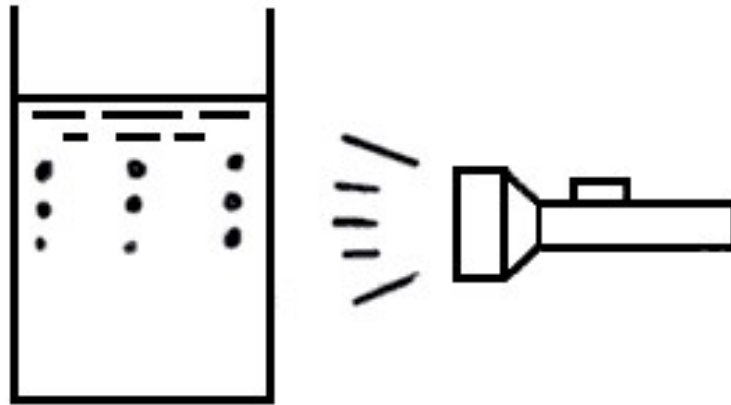
En una solución las partículas son aproximadamente del tamaño de las moléculas del soluto, es decir de **0.1 a 1×10^{-7} cm**, casi diez veces el tamaño de un átomo de hidrógeno.

En una suspensión las partículas son suficientemente grandes como para ser retenidas en un filtro, **.6 a 2×10^{-4} cm**.

En una emulsión las partículas se mantienen dispersas por la presencia de una tercera sustancia llamada emulsificante. El tamaño de las partículas de una emulsión es semejante al de un coloide aunque en ocasiones es mayor. En estos casos las partículas tienen un diámetro de **10^{-7} a 10^{-4} cm**. De estas últimas dispersiones hablaremos al final de este apartado. El sutil lector (o lectora) habrá notado con razón que no hay una frontera precisa entre solución, suspensión y coloide.

En la última clase de mezclas de dos fases: los coloides² las partículas son mayores que las moléculas pero menores que las de una suspensión, de manera que se tiene una mezcla homogénea. A simple vista no se puede distinguir las soluciones de los coloides³. Sin embargo, las partículas en un coloide son suficientemente grandes como para dispersar la luz de la misma forma en que se

dispersa en un cuarto con polvo en suspensión. Si se hace pasar el haz de luz de una lámpara de mano a través de una cerveza, figura III.1, puede notarse la dispersión de luz que produce un coloide. Haga la misma prueba con: jugo de naranja, café, consomé, vinagre, clara de huevo, sidra, miel, agua con sal, agua con azúcar; etcétera.



Un refresco de cola, ¿es coloide?

Figura III. 1. Un refresco de cola, ¿es coloide?

Cuando la luz viaja a través de un medio en el que hay partículas, parte de su energía se dispersa en todas direcciones (efecto Tyndall)⁴. Este fenómeno también se da en las plumas de ciertas aves, sus colores iridiscentes se deben a burbujas de aire de tamaño coloidal suspendidas en el medio transparente sólido. Tales burbujas dispersan la luz azul pero dejan pasar la luz roja la cual llega al cuerpo del ave y como resultado las plumas se ven azules. Muchos de los colores que vemos son resultado de la dispersión de la luz por partículas coloidales, colores que dependen del tamaño de las partículas, de su orientación y de su textura.

Volviendo a las dispersiones, las de partículas mayores a 2×10^{-4} cm se consideran simplemente mezclas.

Según el medio dispersor y el tipo de coloide disperso se tienen nueve tipos de dispersiones, tabla III. 1.

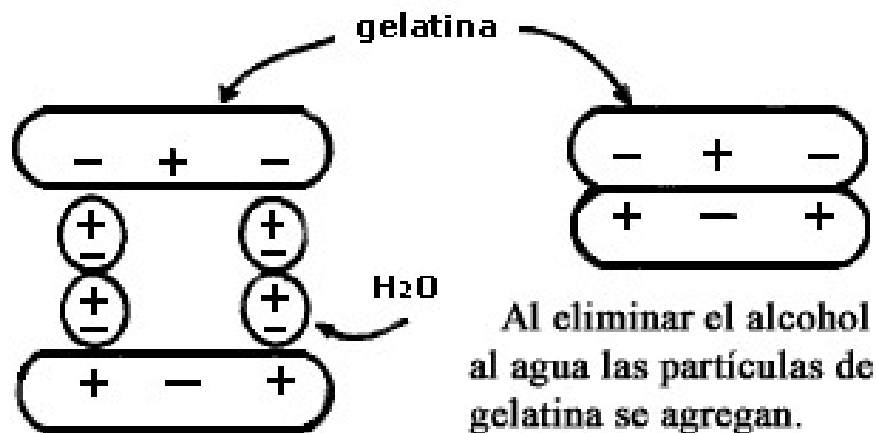
Tabla III. 1 Diferentes tipos de dispersiones.

<i>Fase dispersa</i>	<i>Medio dispersor</i>	<i>Nombre</i>	<i>Ejemplos</i>
Sólido	Gas	Aerosol	Humos
Sólido	Líquido	Sol o suspensoide	Atole, puré, cerveza, etc.
Sólido	Sólido	---	Vidrios coloreados
Líquido	Gas	Aerosol	Nieblas, nubes
Líquido	Líquido	Emulsión	Aderezos, mayonesa, mantequilla
Líquido	Sólido	Gel	Gelatinas, ópalos
Gas	Gas	---	Olores
Gas	Líquido	Espuma	Crema batida, merengue
Gas	Sólido	---	Pan, helados, piedra pómez

Uno de los coloides más representativo que se encuentra en la cocina es la gelatina⁵, una proteína con muchos grupos polares, tales como $-C = O$ (carbonilo) y $=N - H$ (imino), dispuestos a formar enlaces de hidrógeno con el agua que, como es sabido, está formada por moléculas muy polares. Cuando la gelatina está dispersa en agua caliente forma lo que se llama *sol*. Al enfriarse forma un *gel*, un líquido disperso en un sólido, en este caso las partículas coloidales de gelatina están en contacto entre sí formando una red tridimensional, la cual engloba al líquido, como en albercas microscópicas.

La gelatina, como buen coloide que es, se precipita fácilmente cuando se le añade un líquido que disuelve al medio dispersor. Así, al añadir alcohol a una gelatina que no ha cuajado se provoca la coagulación (resultado de eliminar el agua a las partículas coloidales), figura III. 2.

Hay un fenómeno común en los geles, denominado *sinéresis*⁶, consiste en la formación de un líquido constituido por las mismas moléculas coloidales muy diluidas. Este fenómeno se presenta cuando se enfrían gelatinas y postres semejantes: el gel se contrae y expulsa agua. La contracción se debe a un rearrreglo de las moléculas del coloide que adquiere una estructura más estable.



Cuajado de gelatina con alcohol

Figura III. 2. Cuajado de gelatina con alcohol

Otro coloide cotidiano es la leche. Si ésta se diluye más de lo que el fabricante ya ha hecho puede notarse la dispersión de luz característica de los coloides. Las moléculas de caseína⁷, una proteína de la leche, se mantienen dispersas por tener carga negativa. Obviamente la leche se "corta" cuando se aglomeran las partículas de caseína. Esto ocurre por la producción de ácido láctico debida a la fermentación de los azúcares de la leche. El ácido (que tiene carga positiva) se une a las moléculas de caseína neutralizándolas, al no repelerse éstas se forman los grumos característicos de la leche *cortada*. Éste es un fenómeno semejante al coagulado de la gelatina por alcohol mencionado en el párrafo anterior; pero con un origen diferente. En el primer caso se elimina al medio dispersor; en el segundo se anula la repulsión entre partículas.

Ya hemos dicho que hay muchas clases de sustancias que no se disuelven en agua y, dependiendo del tamaño de las partículas mezcladas en el líquido, dan lugar a suspensiones o coloides; en particular; si la mezcla de una sustancia en un líquido se separa cuando se deja reposar se llama suspensión.

Suspensiones muy comunes en la cocina son: puré, cremas de espárragos, alcachofa, betabel, etc. etc. Y en el botiquín la suspensión infaltable es la leche de magnesia (hidróxido de magnesio).

Casi todos los aderezos⁸ para ensaladas están constituidos por dos líquidos inmiscibles: vinagre y aceite. Desde luego llevan especias, ajo, sal, etc. El punto es que hay que agitar el aderezo para usarlo. Y

mientras mayor el tiempo de agitación, mayor el tiempo que tardan en separarse los dos líquidos, pues con la agitación violenta se producen partículas muy pequeñas. Este procedimiento se emplea para fabricar la leche homogeneizada: se hace pasar el lácteo por una fina malla que rompe las pequeñas partículas de grasa a fin de lograr una mayor estabilidad en la dispersión... que se pierde con la congelación, véase en el capítulo II, "El refrigerador".

Ahora bien, cuando el aderezo para ensalada se deja de agitar, las gotitas de aceite comienzan a crecer hasta que forman una capa separada. La adición de una tercera sustancia impide, en ocasiones, que las gotitas de aceite se separen. El resultado es una mezcla estable llamada *emulsión* y la tercera sustancia es, obvio, el *agente emulsificante*, *emulsivo* o, simplemente, *emulsificante*⁹. Unos ejemplos de emulsificantes son el jabón, el detergente y la mayonesa.

La mayonesa o salsa mahonesa¹⁰ (hecha con yema de huevo, aceite, sal y jugo de limón) es una suspensión estabilizada por la lecitina contenida en la yema de huevo. La clave para hacer la mayonesa es verter las gotas de aceite muy lentamente sobre el vinagre, la yema y la mostaza (bien batidos) de forma que la yema de huevo pueda cubrir las gotas de aceite que se están añadiendo impidiendo que se junten. En la mayonesa casera debe cuidarse la velocidad de añadido del aceite a la mezcla vinagre—yema de huevo. La velocidad de adición debe ser menor a la capacidad de dispersión del aceite en la emulsión.

Como indicamos, la mayonesa se mantiene estable por la yema de huevo cuyo ingrediente activo es la lecitina. Hay muchas lecitinas¹¹ estructuralmente iguales a las grasas pero con un extremo polar, esto es, cargado eléctricamente, figura III. 3; el otro extremo no tiene carga eléctrica (es no polar).

El extremo polar es atraído por el agua (es hidrofílico) y el extremo no polar es atraído por la grasa (hidrofóbico), figura III.4. El resultado es que el emulsificante disuelve la mitad de sí mismo en el agua y la otra mitad en el aceite. Los extremos no polares de las moléculas de lecitina se orientan dentro de las gotitas de grasa y los extremos polares entran a la fase acuosa. Estas gotitas se repelen y mantienen estabilizada la emulsión. En la mayonesa se tiene una emulsión de aceite en un medio acuoso. La mantequilla es, por el contrario, emulsión de agua en un medio aceitoso.

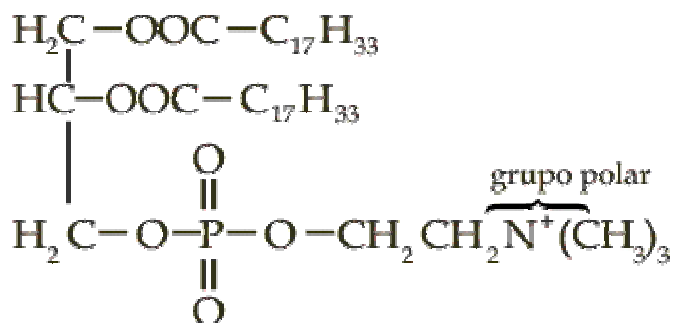


Figura III. 3. Leticina típica.

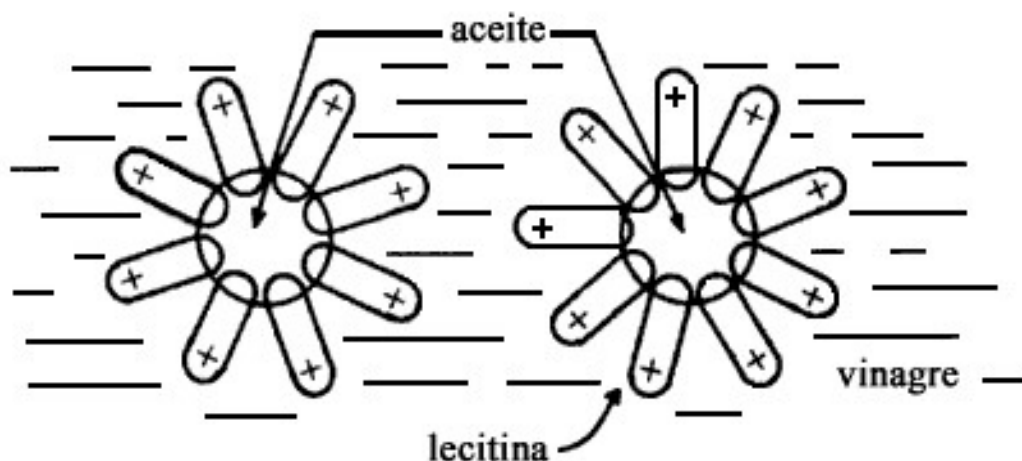


Figura III. 4. La mayonesa es una emulsión. La lecitina, el emulsificante.

En el capítulo V se trata de otros emulsificantes: los jabones y los detergentes.

DONDE SE TRATA ACERCA DE LOS OLORES EN ALGUNOS ALIMENTOS, DE SU ORIGEN Y DE DIVERSAS E INGENIOSAS FORMAS PARA REDUCIRLOS

Ajos y cebollas

Ajos, cebollas, brócolis, coliflor, col etc., no sólo se caracterizan por ser muy olorosos sino también porque tienen el mismo mecanismo de producción de olores. Se trata, en general, de dos sustancias separadas por la membrana celular, la cual al romperse (sea por corte, macerado, cocimiento, etc.) permite que reaccionen produciendo las sustancias odoríferas. En la coliflor; por ejemplo, la sinigrina¹² y la mirosinasa¹³ se encuentran separadas, pero al juntarlas la mirosinasa descompone a la sinigrina en aceite de mostaza¹⁴ que a su vez da lugar a ácido sulfhídrico (el mismo de los huevos cocidos o peor; podridos).

La mejor manera de limitar los olores de brócolis, coliflor; etc., es cocinar con una gran cantidad de agua para reducir el tiempo de cocción y, obvio, emplear tapadera. Aunque, paradójicamente, puede tenerse menor olor a col en la cocina si no se pone la tapadera; los ácidos volátiles, responsables de la producción del ácido sulfhídrico, se eliminan rápidamente del agua cuando no se pone la tapadera.

El ajo, como mencionamos anteriormente, posee dos compuestos: la aliina¹⁵ y la alinasa¹⁶. La reacción, como mencionamos, está impedida por la membrana celular que separa ambos compuestos. Sólo cuando rompemos la membrana, al cortarlo, triturarlo, macerarlo, etc., se produce el característico olor a ajo debido a la nueva sustancia, llamada alicina¹⁷, un tiol o mercaptano, véase nota 17 del capítulo I. Entre paréntesis, el azufre también se encuentra en las cebollas, los huevos, los puerros y el gas de cocina. En general los tioles son compuestos muy olorosos, un olfato sin entrenamiento especial puede captar a una sola de estas partículas en 3 millones de partículas de aire.

La aliina está presente en el ajo en muy baja concentración, sólo 0.24% y es una molécula inodora; sólo cuando se pone en contacto con la enzima alinasa se produce la alicina. Esta sustancia es la que más contribuye al olor característico del ajo, pero también intervienen el disulfuro de dipropilo ($C_6H_{12}S_2$), el disulfuro de dialilo ($C_6H_{10}S_2$), trisulfuro y tetrasulfuro de dialilo, etc. Todas estas moléculas contienen átomos de azufre.

Con las cebollas ocurre algo semejante que con los ajos: sólo al triturarlas, macerarlas, cortarlas, etc., se produce el olor típico y, en este caso, el lagrimeo consecuente. Nuevamente hay dos reactantes separados por la membrana celular. La cebolla contiene también un compuesto muy semejante a la aliina, sólo que sus átomos están acomodados de diferente manera¹⁸, la alinasa de la cebolla la convierte en una sustancia lacrimógena, el C_3H_6SO (que, a decir verdad, son más de 50 estructuras químicas diferentes, con sus respectivos nombres). En este caso la nueva molécula es muy reactiva y muy soluble en agua, de aquí que se disuelva en la película acuosa que cubre los ojos irritándolos y produciendo el lagrimeo. La misma solubilidad es el remedio para evitar el llanto cebollino: cortar las cebollas bajo el chorro de agua. Hay muchos remedios tradicionales al llanto que provoca la cebolla: sostener un pedazo de cebolla en la cabeza (efectivo, pues se mantienen los ojos alejados de los gases); sostener un cerillo usado entre los dientes (efectivo, el carbón absorbe los gases); enfriar las cebollas antes de cortarlas (efectivo, disminuye la volatilidad de las sustancias lacrimógenas), etcétera.

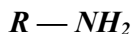
Tanto en el caso de las cebollas como en el de los ajos la alinasa actúa sobre otras sustancias. La aliina del ajo tiene un autoenlace

débil en su estructura el cual, al contacto con la alinasa, se rompe quedando expuesto a la acción del agua que parte a la molécula de aliina y la separa de la alinasa. La alinasa queda entonces dispuesta a recibir nuevas moléculas de aliina y repetir la secuencia.

Es obvio que se puede controlar la intensidad del sabor a ajo o cebolla controlando la cantidad de membranas destruidas, es decir; el tamaño de la picadura de ajo y cebolla. También se puede controlar con la temperatura de cocimiento puesto que el calor destruye las paredes celulares. Y también con el tiempo de cocimiento, ya que las moléculas con azufre (responsables del sabor y olor a ajo o cebolla) se evaporan fácilmente de los alimentos. Por otro lado, los compuestos azufrados entran al torrente sanguíneo y salen con el aliento y el sudor. De aquí que el olor de las personas, efectivamente, depende de su dieta y no sólo de su higiene.

El olor del pescado

El olor del pescado es debido a las laminas que resultan de la descomposición de las proteínas de la carne.



fórmula general de las aminas

En la fórmula, *R* indica a los grupos *alquil*¹⁹ unos compuestos de carbono e hidrógeno que se ajustan a la fórmula general C_nH_{2n+1}

La forma tradicional de disminuir el olor a pescado es rociar jugo de limón. El grupo amino ($-NH_2$) presente en los compuestos volátiles del pescado tiene la capacidad de asimilar iones hidrógeno (H^+), con lo cual la molécula queda cargada eléctricamente:



Ahora bien, puesto que los ácidos tienen una gran abundancia de iones hidrógeno (capítulo II), el jugo de limón suministra los iones H^+ que cargan eléctricamente a las aminas odoríferas y suministra también el agua en que quedarán disueltas²⁰. Con lo anterior las partículas odoríferas quedan disueltas en el agua del jugo de limón sin llegar a las membranas de la nariz del comensal.

El olor de los huevos cocidos

El característico olor de los huevos cocidos lo causa, ya lo hemos dicho, el ácido sulfhídrico (H_2S) producido por la descomposición de las proteínas. La temperatura del cocimiento hace que la albúmina²¹ (principal componente de la clara, después que el agua) genere este gas que, afortunadamente, es muy soluble en agua²². Ahora bien, los gases son más solubles a baja temperatura por lo que conviene poner el huevo recién cocido bajo el chorro de agua fría por unos segundos.

Lo anterior tiene una ventaja más: se evita la formación de una desagradable capa verdosa sobre la yema de huevo. Ésta, como es sabido²³ y lipovitelinina, que contienen hierro; éste descompone al ácido sulfhídrico formando un sulfuro verdoso que cubre a la yema.

EL COLOR EN LOS ALIMENTOS

En los alimentos hay cuatro tipos fundamentales de colorantes:

1) Los carotenoides²⁴ constituyen un grupo de pigmentos amarillos, rojos y naranjas distribuidos en casi todos los organismos vivos. Generalmente los carotenoides son insolubles en agua pero se disuelven fácilmente en grasas y en alcohol. Dan el color naranja a las, obvio, naranjas, zanahorias, maíz, duraznos, tomates, etc. También se hallan en la yema de huevo, la piel de pollo, mariscos, etc. En este último caso los carotenoides se hallan unidos a una proteína. Como habrá sospechado el antojadizo lector este complejo caroteno-proteína²⁵ se rompe con la temperatura (generalmente los mariscos²⁶ pasan por agua hirviendo antes de llegar a la boca del comensal), lo que da lugar al color rojo naranja de los carotenoides de los camarones. El mismo resultado se obtiene con alcohol.

Aunque los carotenoides están presentes en casi todos los vegetales y en las hojas verdes de los árboles permanecen ocultos por la clorofila. Sólo en otoño, cuando disminuye la clorofila, aparecen los carotenos: amarillos, naranjas, rojos, dando la coloración típica de las hojas.

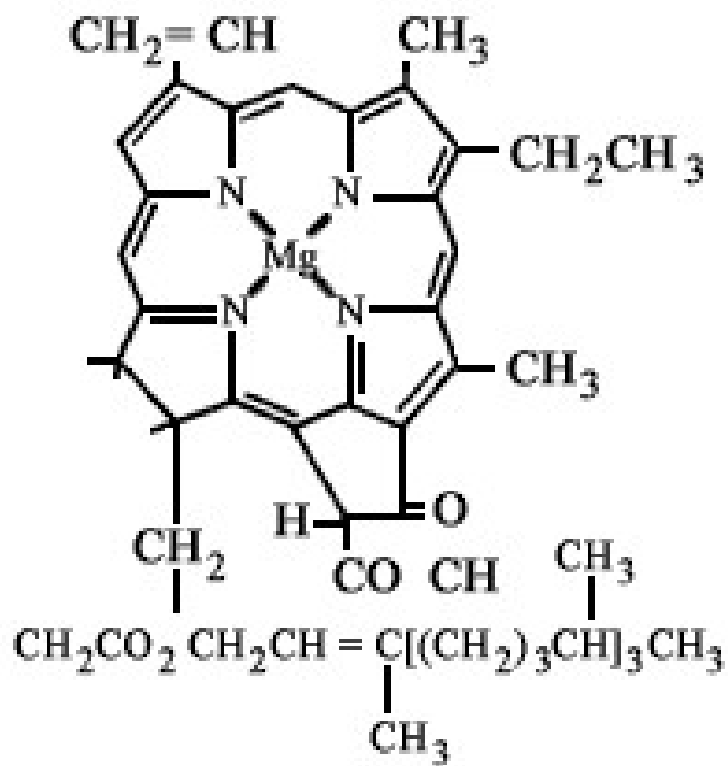


Figura III. 5. Clorofila a.

2) En general, todos los vegetales verdes contienen clorofila²⁷. Son los más abundantes en nuestra dieta: espárragos, alcachofas, lechugas, calabazas, perejil, berros, acelgas, espinacas, chícharos, cilantro, etc., etcétera.

La clorofila forma parte de una clase de compuestos llamados *porfirinas*²⁸. Éstas están formadas por una estructura anillada combinada con un metal y una proteína. La hemoglobina es la porfirina más importante del reino animal mientras que la clorofila lo es del vegetal. En la figura III.5 se presenta la estructura simplificada de la porfirina llamada clorofila a.

En algunos frutos como cítricos, plátanos y tomates puede haber un color verdoso indeseable debido, obviamente, a la clorofila. Para destruirla se emplea etileno. Este compuesto también se emplea para blanquear el apio, melón, peras, piñas, etcétera.

3) Las antocianinas²⁹ producen los colores azules y rojos de cebolla morada, repollo morado, fresas, betabel, etc. Como los pigmentos del siguiente apartado, las antoxantinas, casi no se presentan en animales. En particular las antocianinas cambian notablemente de color cuando varía el *pH*. Los cocineros saben que para conservar el color de los betabeles

les conviene un pH ácido y, por lo mismo, les añaden jugo de limón o vinagre.

Una propiedad interesante de las antocianinas es el cambio de color que presentan cuando se tratan con ácidos a álcalis. La exposición de los pétalos de una flor roja a los vapores del amoníaco (o Ajax con "amonia") los vuelve azul verdoso; una flor azul se pone roja al sumergirla en vinagre.

En las frutas enlatadas las antocianinas llegan a corroer el envase formando sales de estaño y hierro disminuyendo la calidad del producto.

4) Las antoxantinas³⁰ dan lugar al color cremoso de cebollas, espárragos, coliflor, arroz, etc., que en pH alcalino se vuelve amarillento (de aquí que las amas de casa, para cocer el arroz blanco, le pongan unas gotas de limón).

Los tres últimos tipos de pigmentos vegetales cambian de color cuando se someten a cocimiento. El caso de la clorofila se tratará más adelante al hablar de los aderezos en "Las ensaladas".

Los carotenos, en cambio, son casi insensibles al calor y la acidez. Por eso al cocinar vegetales verdes, cuando se ha descompuesto la clorofila, se manifiestan los carotenos: amarillos, rojos, anaranjados. En consecuencia, para conservar verdes las verduras conviene cocinarlas rápidamente. Para ello conviene calentar primero el agua y añadir después las verduras; mientras más agua se haya calentado más rápido será el cocimiento.

EL SABOR DE LOS ALIMENTOS

Nuestros sentidos del gusto y del olfato figuran entre los más asombrosos laboratorios químicos. En una fracción de segundo pueden identificar la estructura química y la concentración de una gran cantidad de compuestos independientemente de las sustancias con que se encuentren mezclados.

Cualquier persona que haya estado acatarrada sabe que la percepción del sabor depende del olfato, siendo muy difícil precisar en qué medida interviene éste en aquél. Sin lugar a dudas el olfato es mucho más preciso y sensible que el gusto, además de que actúa a distancia, pues detecta sustancias volátiles. El olfato puede distinguir casi 10.000 olores diferentes.

Así como hay personas que tienen ceguera a algunos colores, las hay que tienen "ceguera" a algunos sabores y olores, como pueden ser las capsicinas de los chiles (de éstas se trata más adelante).

En el siglo pasado Hendrik C. Zwaardemaker ideó un sistema para clasificar los olores en términos de nueve fundamentales:

- 1) Etéreo: frutas, resinas, éter.
- 2) Aromático: alcanfor, clavo, limón.
- 3) Fragante: violeta, vainilla.
- 4) Ambrosiano: ámbar; almizcle.
- 5) Aliáceo: cloro, ácido sulfhídrico.
- 6) Empireumático: café tostado, benceno, creosota.
- 7) Caprílico: queso, grasas rancias.
- 8) Repulsivo: chinche, hierba mora, belladona, beleño.
- 9) Fétido: carroña, heces.

Sin duda muchos olores pueden clasificarse dentro de estos nueve tipos, pero hay muchos otros que escapan de esta división.

Las células olfatorias, como es sabido, llegan a su umbral de sensibilidad a partir de cierta concentración y duración, lo anterior significa que dejan de detectar cierto olor. Tal fatiga puede considerarse específica para cada olor (pues estimula a los mismos receptores), de manera que un examen de fatiga puede comprobar si un olor es esencialmente el mismo que otro. Los experimentos han mostrado que el alcanfor y el clavo producen el mismo tipo de fatiga, esto es, si el olfato ya no llega a reconocer al alcanfor tampoco reconoce al clavo (ambos están en el mismo grupo de aromáticos de Zwaardemaker).

Hace casi 40 años Ernest C. Crocker y Lloyd F. Henderson propusieron reducir los olores a sólo cuatro tipos fundamentales, correspondientes a los cuatro tipos de células olfatorias. Según este sistema todos los olores están compuestos de los siguientes:

- 1) Fragante o dulce.
- 2) Ácido o amargo.
- 3) Empireumático o quemado.
- 4) Caprino.

Cualquier olor se describe por una fórmula numérica que da la idea de intensidad (de 1 a 8) para cada componente. El olor de una rosa será 6-4-2-3, indicando que es más fuerte en fragancia que en olores empireumático y caprino y que tiene un mediano olor ácido. Con este sistema la vainilla tiene la descripción 7-1-2-2 y el alcohol etílico 5-4-1-4. Con todo, intentar describir el universo de los olores en términos de cuatro tipos básicos es realmente una

sobresimplificación. Basta mencionar que en el olor del café se han identificado... ¡800 compuestos volátiles!

Hasta donde se sabe los compuestos que tienen olores semejantes tienen átomos agrupados en estructuras semejantes. Así los compuestos que tienen olor a alcanfor poseen pequeños grupos de átomos amontonados junto a un átomo de carbono. Incluso pueden ser grupos de átomos muy diferentes: metil, halógeno, nitro, etc. Sin embargo, en ocasiones la naturaleza del grupo sí interviene en el olor; por ejemplo, si en un compuesto con olor a menta se reemplaza un grupo metil ($-CH_3$) por un hidrógeno ($-H$) se obtiene olor a alcanfor. Por otro lado, sólo una parte de la molécula tiene importancia en su comportamiento olfatorio.

En cuanto al sentido del gusto se acepta que hay sabores fundamentales: amargo, salado, dulce y ácido. Sin embargo, hay más de 10 000 compuestos químicos que intervienen en el sabor y olor de los alimentos. Tan sólo en el sabor de chocolate se han identificado 47 compuestos de los que ninguno tiene sabor a chocolate. Éste resulta de la mezcla en proporciones justas de los constituyentes. Y algo parecido ocurre con el pan, la leche, el café, ¡la cerveza!, etcétera.

El aparato gustatorio está colocado principalmente en la superficie superior de la lengua, en la parte posterior de la bóveda del paladar; la epiglotis y el inicio de la garganta. El sabor amargo se identifica en la parte posterior de la lengua, mientras que lo dulce y lo salado se reconoce en la punta y los lados de la lengua. A diferencia del olfato el gusto sólo identifica las sustancias disueltas en agua a concentraciones 3 000 veces mayor que la necesaria para el olfato.

También en este sentido se han hecho intentos por relacionar el sabor con características químicas. El gusto ácido está efectivamente relacionado con la acidez de la solución, es decir, la concentración de iones H^+ . El sabor salado proviene de... las sales de algunos metales. Hay excepciones, el cloruro de sodio (sal de cocina) es, por supuesto, salado, mientras que el cloruro de cesio es amargo y durante un tiempo se empleó una sal orgánica de plomo como ¡endulzante!

Para las sustancias dulces es muy difícil encontrar algo en común aparte del sabor. Entre éstas se hallan, la sacarina, la dulcina y el cloruro de berilio, compuestos con muy diferente composición y estructura química. Y lo mismo ocurre con las sustancias amargas con un punto sorprendente: una pequeña modificación en la estructura de una sustancia amarga la transforma en dulce, así se puede obtener dulcina al sustituir un átomo de azufre por uno de oxígeno en la *p*-etoxifeniltiocarbamida. Esta sustancia es

particularmente reveladora de la "ceguera" al sabor; para tres de cada diez gentes no es amarga sino insípida.

Durante mucho tiempo las investigaciones acerca de los olores y sabores se limitaban a las sustancias, actualmente se estudia el mecanismo receptor de las células. Hay una teoría enzimática según la cual las sustancias reaccionan por una catálisis enzimática, véanse en los capítulos I y II, "Las enzimas".

Puesto que las enzimas son sensibles a concentraciones muy bajas y a una gran variedad de agentes, se puede explicar la sensibilidad del olfato y la diversidad tan grande de sustancias odoríferas. Asimismo la reversibilidad de los efectos inhibitorios en las enzimas explica la recuperación del efecto de fatiga olfativa.

Los refinamientos en estos sentidos son señal inequívoca del nivel cultural de la sociedad, como aseguran los franceses.

LA SAZÓN

Según algunos entusiastas, la gastronomía debe figurar entre las bellas artes³¹. Lo que sí es indiscutible es que una buena comida causa impresión sobre más de un sentido en más de un sentido. La vista, el olfato, el gusto, el tacto, son los más directamente involucrados. Para alimentos como apio y zanahoria, alguien añadiría el oído, lo mismo que con los melones y sandías, pues suele conocerse el estado de estas frutas por el sonido que producen al golpearlas. Así que lo que denominamos "sabor" de un alimento es resultado de tres sensaciones: tacto, olfato y gusto.

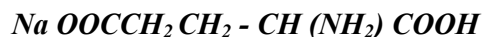
El aspecto visual de un alimento es el primer paso para predecir el grado de satisfacción que se obtendrá al comerlo. Las decisiones para comprar alimentos se basan en el aspecto, en el color, textura y consistencia. Las sensaciones del tacto al comer son respuestas a la textura, consistencia y temperatura, la cual influye grandemente en el sabor y el aroma. El gusto es un sentido que responde a los componentes químicos de los alimentos por las papilas gustativas, localizadas principalmente en la lengua. Generalmente se aceptan cuatro sabores básicos: dulce (azúcar), agrio (vinagre), salado (sal) y amargo (cafeína). La capacidad de reconocer sabores es resultado de muchos factores: genéticos, fisiológicos, salud, hábitos, etc. Así, por ejemplo, la capacidad de sentir el picor intenso de la feniltiocarbamida (PTC)³² o de las capsicinas.

El aroma de un alimento no sólo llega a través de las fosas nasales, en la masticación y deglución llega por la región posterior del paladar al tejido olfatorio.

No hay duda de que el arte culinario pretende combinar sabor con nutrición. Y para lo primero se emplean aditivos como sal, azúcar, especias, etcétera.

Curiosamente los principales componentes de los alimentos (proteínas, hidratos de carbono, grasas, etc.) tienen relativamente poco sabor. El azúcar es el único ingrediente que tiene importancia por su sabor. En gran medida son las "impurezas" (sustancias en muy bajo porcentaje) las que suministran el sabor a los víveres. Algunos comestibles toman buen sabor con su desarrollo natural, por ejemplo, frutas, nueces y verduras. Otros lo obtienen de la química de la cocina: la acción de la temperatura produce cambios químicos en carne, pescado, huevos, mariscos, café, etc., y la adición de saborizantes.

Los saborizantes de origen natural pertenecen a diversas familias químicas: alcoholes, cetonas, aminas, ácidos, ésteres, aldehídos, lactonas, hidrocarburos sulfurosos, etc. Sorprenderá saber que se emplean en porcentajes muy bajos, menos de un 0,001%, al preparar los alimentos. Hay ciertas sustancias que mejoran considerablemente el sabor de los alimentos, son los llamados *potenciadores* por tecnólogos de alimentos y *sazonadores* por los diletantes culinarios. Entre ellos están la sal y el *glutamato*, presente en muchos *sazonadores* comerciales. El glutamato monosódico (MSG) tiene la fórmula



y consiste en cristales blancos solubles. Es particularmente eficaz para los productos de carne.

Por su efecto potenciador se emplea la sal en repostería: sirve para acentuar el sabor dulce (con menor gasto de azúcar). Con todo, también es cierto que añadir sal reduce el sabor ácido de la fruta verde y un sabor empalagoso puede reducirse agregando una pequeña cantidad de sal.

Para la sazón de las comidas también se emplean las especias que tienen, además, fama de ser preservadores. Sin embargo las especias no constituyen un conservador químico, aunque sí contienen sustancias antibacterianas. Con todo, las bajas cantidades en que se emplean las especias para sazonar hacen muy discutible su papel antibacteriano. Los terpenos³³ que se obtienen de la nuez moscada, canela, mejorana, tomillo, laurel, pimientos³⁴, cítricos, clavo, menta y cilantro tienen, efectivamente, propiedades antimicrobianas. Los aceites de las especias tienen algunas propiedades inhibitorias para bacterias y hongos, así ocurre con: la alcaravea, el cardamomo, el cilantro, el comino, el hinojo, la cebadilla, el ajonjolí, el anís, el apio, el eneldo y la mostaza.

El ajo y la cebolla también poseen propiedades antimicrobianas debido a los compuestos de tiosulfonato que contienen; estas características se conservan incluso en el ajo deshidratado.

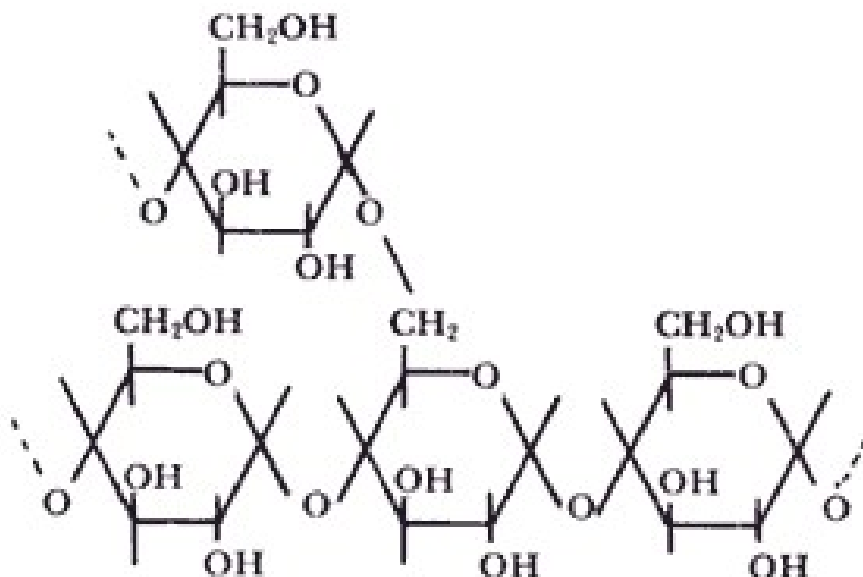
Las hierbas y especias se usan desde tiempo inmemorial para sazonar alimentos. Generalmente las hierbas se clasifican como tales por tener tallos blandos cuyos brotes se emplean frescos o secos. Las hierbas tienen un bajo contenido de aceites volátiles, es decir, que se evaporan. Las especias incluyen cortezas (canela), raíces (jengibre), botones de flor (clavo), semillas (pimienta) y frutas (cardamomo). Tienen un gran contenido de aceites volátiles, por lo que son muy aromáticas. En ciertas especias como los chiles los componentes no volátiles son más importantes para sazonar.

Los chiles empleados en las salsas son las variedades de *Capsicum annum* y *Capsicum frutescens*, que dan sus características propias de sabor y picor. El ingrediente activo pertenece a una extensa familia de compuestos conocida como *cápsicos*³⁵. La sensación de dolor debida a los picantes es estimulada por muchas especias: pimientos negra y blanca, chiles, mostaza, clavo, canela, etc. y también por ciertas verduras como rábano, cebolla, ajo, jengibre, etcétera.

Aunque la capsicina no tiene sabor ni olor característicos, una parte en cien mil de agua provoca ardor persistente en la lengua. Como suele ocurrir en química orgánica la capsicina no se refiere a una sustancia sino, al menos, a cinco tipos de compuestos.

LA CARNE

La composición de la carne es, en general, 73% de agua, 18% de proteína, 4% de sustancias no proteínicas solubles y 3% de grasa. Estas proteínas son importantes no sólo desde el punto de vista de la nutrición sino también de las propiedades gastronómicas de la carne: textura, color, sabor, olor; etc. A la fecha se han identificado cerca de 50 componentes proteínicos, muchos de los cuales son enzimas que, estando vivo el animal, intervenían en la acción muscular. El colágeno (véase "Las proteínas" en el capítulo 1) y la grasa intramuscular tienen gran influencia en la suavidad de la carne.



Estructura simplificada del glicógeno

Figura III. 6. Estructura simplificada del glicógeno.

La carne es popular por su carácter nutritivo y por su atractivo: aroma, sabor; etc. El cocimiento, por lo general, aumenta tal atractivo mejorando el sabor; la blandura y la digestibilidad. Básicamente hay tres formas de preparación: calor seco (rostizado³⁶ y asado), calor húmedo (cocido, estofado³⁷) y calor con aceite (salteado³⁸, freído). Otros métodos son: el ahumado, el uso de las microondas y la barbacoa³⁹. Cada procedimiento tiene su resultado específico en el producto final. Así, por ejemplo, el asado y el freído caramelizan la superficie mejorando el color, la textura y el sabor. Puede paecer extraño hablar de *caramelización* de la carne pero, recordemos, uno de sus componentes es el glicógeno, figura III.6, esto es, un almidón, esto es, un polisacárido, esto es... ¡un azúcar! Compare la fórmula del glicógeno con la de la maltosa (disacárido), figura I.2.

Casi siempre se usan para estos métodos los cortes más tiernos porque el calor seco tiende a cortar las fibras musculares endureciendo el producto. El horneado, con cierto grado de humedad resultante de la combustión (véase "El horno", capítulo II) da una carne más suave que el asado pues el calor húmedo hidroliza parcialmente el tejido colagenoso. El color y el sabor producidos por calor húmedo no son tan apetecibles como en el asado, razón por la cual la carne horneada lleva muchos condimentos; a la carne asada, en cambio, le basta un poco de sal, cebollitas y cerveza.

El color de la carne preparada influye notablemente en el apetito. "Término medio" indica el punto de oxidación de la oxihemoglobina

(55 a 62°C); "bien cocida" corresponde a formación de pigmentos hemo (65°C) que dan el color gris café. A mayor temperatura la caramelización (véase "Freír", capítulo II) produce un color café oscuro muy atractivo.

Los principales pigmentos de la carne son proteínas conjugadas: hemoglobina (procedente de la sangre que queda en los tejidos) y, en mayor grado, mioglobina (componente del tejido muscular). La mioglobina, a semejanza de la hemoglobina, tiene una fuerte afinidad por el oxígeno y, en su presencia, se combina con el oxígeno molecular para formar oximioglobina. La reacción es reversible e implica "oxigenación" más que oxidación, ya que el hierro de la fracción hémica de la molécula está en estado ferroso en ambos compuestos. El pigmento de la superficie de la carne, debido a la exposición al oxígeno es oximioglobina. El pigmento no oxigenado sólo se da dentro de la carne. La oximioglobina es de color rojo brillante (como habrá supuesto el bien bañado lector), la mioglobina rojo púrpura.

Si la oximioglobina se oxida forma un pigmento pardo, la metamioglobina. Lo anterior ocurre en la carne vieja o durante el cocimiento de la carne fresca. Como mencionamos, la reacción de oxidación es reversible. Algunos carniceros lo saben y ponen azúcar en la carne molida para recuperar el color rojo de la mioglobina.

Cuando se calienta cualquiera de estos pigmentos se coagulan las proteínas y la hematina se vuelve parda, el típico color de la carne fresca cocida. Cuando las carnes curadas (jamón, tocino, cecina, etc.) se cuecen conservan su color rojo. Las carnes curadas generalmente llevan nitrato de sodio, el cual les da un color rosado estable por la producción de mioglobina nítrica. Si bien este pigmento se descompone con el calor, el producto es, nuevamente, de color rojo claro o rosado (hemocromógeno nítrico).

Hay varios factores que influyen en la suavidad de la carne. Desde los antecedentes genéticos del animal, su salud y alimentación hasta, después de sacrificado, el tiempo de almacenamiento, la temperatura, la adición de suavizantes y la forma de preparación.

Entre una raza y otra existe una gran variedad de suavidades, lo mismo que entre un animal y otro e, incluso, dentro de un mismo músculo. Por lo anterior; la habilidad del carnicero es importante para lograr la suavidad de un "corte".

Las enzimas ya existentes en la misma carne pueden emplearse, bajo condiciones controladas, para suavizarla o endurecerla. Si se añejan los cortes buenos se logra mejor sabor y mayor suavidad. Para ello la carne se almacena de 10 a 40 días a 1°C a fin de que las enzimas naturales lleven a cabo su proceso de suavizamiento.

Para ablandar la carne se emplean diferentes enzimas proteolíticas: papaína⁴⁰, ficina⁴¹ y bromelaína⁴². En cualquier caso se trata de disminuir la longitud de las fibras y su anudamiento.

LAS ENSALADAS

Como mencionamos en el capítulo II ("Ácidos y bases en la cocina"), al hablar del color de los alimentos, la molécula de clorofila tiene un átomo de magnesio que es eliminado por los ácidos; así desaparece el característico color verde de la clorofila y aparece el parduzco debido a los carotenos. Puesto que la base universal de los aderezos es el vinagre, es decir una buena parte de ácido acético, añadirlo a las ensaladas les mejora el sabor pero perjudica su color. La solución doméstica al inevitable pardeamiento de las ensaladas aliñadas es poner el aderezo justo antes de consumirlas.

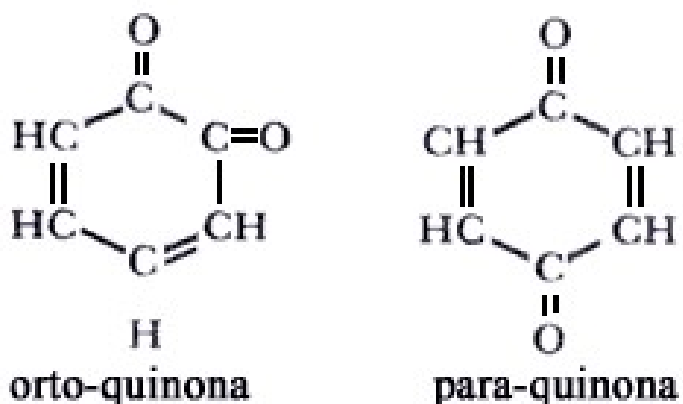
En general, los aderezos son emulsiones en las que se ha dispersado el aceite en agua⁴³. Como emulsificante se emplea la yema de huevo, que de suyo es ya una emulsión muy estable, lo que permite la dispersión del aceite vegetal en el vinagre. En los aderezos de ensaladas el aceite está expuesto a muchos factores que lo enrancian: el tiempo, la temperatura, la luz, el aire, la superficie expuesta, la humedad, el material orgánico nitrogenado y algunos metales. Puesto que el aceite se halla disperso, la superficie activa es muy grande (véase "Soluciones, suspensiones, emulsiones...", en este mismo capítulo) y cada vez que se agita para dispersar los demás componentes se incorpora aire a la emulsión. En condiciones atmosféricas normales la oxidación de los aceites (enranciado) pasa por un periodo de *inducción*: el aceite absorbe oxígeno muy lentamente a una velocidad casi constante. En este periodo el cambio de sabor es apenas perceptible. En la segunda etapa el oxígeno forma hidroperóxidos o peróxidos al romper los enlaces dobles de los ácidos grasos no saturados. Esta reacción tiene una velocidad alta que aumenta rápidamente según una curva logarítmica hasta llegar a un máximo. Las mayonesas y aderezos hechos con aceite de soya permanecen en buenas condiciones durante mucho tiempo; pero los aceites de maíz y algodón son superiores.

En los aderezos también se emplean sustancias endulzantes: azúcar de caña, dextrosa, jarabe de maíz, glucosa, miel, etc. Además se añaden especias: mostaza, pimienta, pimentón, cebolla, ajo, jengibre, clavo, etc., etc., etcétera.

Para aumentar la viscosidad del aderezo se emplean almidones. En el capítulo I mencionamos que éstos son carbohidratos altamente polimerizados. En el caso de que sea lineal, como la amilosa, los grupos hidroxilos tienen fuerte afinidad hacia los mismos radicales de las demás moléculas y se forman geles al calentar la suspensión

de almidón (si la concentración es suficientemente alta). Hay otros almidones que son polímeros ramificados, como la amilopectina, éstos producen pastas elásticas que no gelatinizan ya que las ramificaciones impiden una orientación uniforme. En la industria de alimentos se emplean ambos tipos de almidones: lineales y ramificados y se modifican sus propiedades haciendo reaccionar sus grupos hidroxilo con diferentes sustancias. De esta forma se reduce a cohesión (semejante a la del caucho) de los almidones ricos en amilopectina y se logra la viscosidad deseada en el aderezo.

Hay otros vegetales empleados en las ensaladas, como el aguacate, que se oscurecen sin necesidad del aderezo. De ellos tratamos en el siguiente párrafo. Véase también "Soluciones, suspensiones, emulsiones..." al inicio de este capítulo III.



¿Dónde está la diferencia?

Figura III. 7. Orto y para-quinona.

La enzima responsable del color café que aparece sobre las superficies cortadas de ciertas frutas es la fenolasa⁴⁴. A decir verdad, "fenolasa" es un término genérico como azúcar; almidón, gelatina, etc., y se emplea para nombrar a las enzimas que catalizan la oxidación de sustancias mono y ortodifenólicas; tienen un peso molecular de 128 000.

La aparición del color café sobre las frutas y verduras se debe a reacciones de las *o*-quinonas⁴⁵, figura III.7 que comprenden la oxidación catalizada en forma no enzimática y la polimerización de los productos de oxidación. Donde sí interviene la fenolasa es en la formación de las *o*-quinonas. Las *o*-quinonas son precursoras del color café, ellas mismas poseen poco color, sin embargo dan lugar a

hidroxiquinonas que se polimerizan y oxidan fácilmente dando, ellas sí, el color café de las frutas. Esta última reacción de oxidación es rápida y no es enzimática.

La fenolasa está ampliamente distribuida en plantas y animales. Entre los productos vegetales que contienen la enzima están: la calabaza, los cítricos, los plátanos, las ciruelas, los duraznos, las peras, las manzanas, los aguacates, los camotes, las papas, los mangos, las berenjenas, los melones, el trigo, las espinacas, los jitomates, las aceitunas, etcétera.

La fenolasa es estable a valores de *pH* cercanos a 7, es decir, valores neutros. Como la mayoría de las proteínas, la fenolasa puede desnaturalizarse por medio del calor. En productos como las verduras que se cocinarán la solución es obvia. Sin embargo, en las frutas que se comerán crudas debe buscarse un inhibidor. El ácido ascórbico es un efectivo agente reductor de las *o*-quinonas formadas por la fenolasa, pero como no inhiben la acción de ésta debe ponerse una cantidad excedente.

Otra solución para evitar el color pardo es impedir el contacto del oxígeno con la superficie de la fruta: la clásica mayonesa en el aguacate.

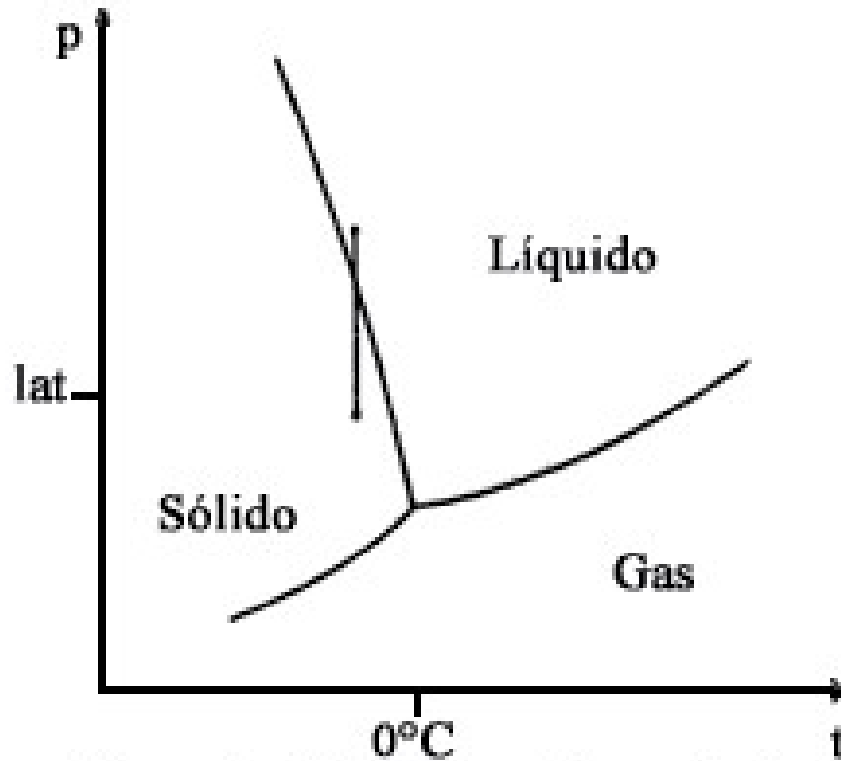
LA "COCA-COLA" Y LA TERMODINÁMICA

El lector perspicaz habrá notado que al destapar una "Coca-Cola" se forman condensaciones dentro de la botella. La razón es que, al bajar rápidamente la presión del gas, la expansión se produce a partir de la energía del mismo gas por lo que disminuye su temperatura y, por tanto, se condensa la humedad.

El proceso descrito es semejante al empleado en el "refri" (véase capítulo II) y al que se puede tener en un encendedor de gas "Cricket". En efecto, si se deja escapar el gas del encendedor (sin encenderlo, es obvio) se notará que el gas sale frío. Y es también semejante al que da lugar a la lluvia. Las masas de vapor producido por la evaporación del agua de mar ascienden por los vientos, disminuye la presión y se produce una expansión del vapor a costa de su energía interna disminuyendo, por consiguiente, su temperatura. El fenómeno de la lluvia es mucho más complejo de lo que indicamos; interviene la presencia de polvo atmosférico, la temperatura, las corrientes de aire del lugar; etc. En pocas palabras: al ascender el aire se expande y lo hace a costa de su energía; si ésta disminuye, disminuye la temperatura.

Nuevamente la "Coca-Cola" puede ilustrar un fenómeno termodinámico. Si el refresco está suficientemente frío al destaparlo se produce su congelación. El diagrama de fase del agua, figura III.8, nos muestra lo que ocurre. El punto 1 corresponde al líquido a una

presión mayor que la atmosférica. Cuando se destapa la botella la presión disminuye y el sistema se desplaza punto 2, la temperatura no varía ¡y la "Coca" se congela!



Congelamiento espontáneo de la "Coca Cola"

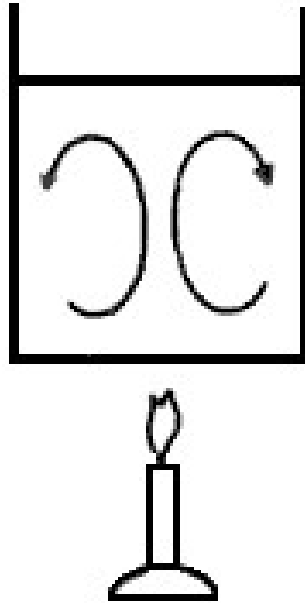
Figura III. 8. Congelamiento espontáneo de la "Coca- Cola".

Aprovechamos para mencionar que el fenómeno inverso ocurre en el mal llamado "patinaje sobre hielo". La presión de la cuchilla del patín funde el hielo; una vez que ha pasado el patín sobre el líquido el agua recupera la presión original y se congela. En rigor; es "patinaje sobre agua".

LA CONVECCIÓN EN EL ATOLE

Uno de los secretos para preparar un buen atole es agitarlo frecuentemente cuando se está calentando. Debido a su alta viscosidad las corrientes de convección natural no son suficientes para provocar agitación en el líquido, lo que facilita que se quemé el atole. Las corrientes de convección son fácilmente visibles al calentar té en un recipiente de vidrio. Al aumentar la temperatura del agua ésta se dilata, véase figura III.11, con lo que disminuye su densidad. Al ser menos densa que el agua fría, el agua caliente asciende arrastrando los trocitos de té. Puede verse cómo las hojitas

de té, figura III.9, suben por el centro del recipiente y bajan por los bordes. ¿Puede el lector explicar por que bajan por los bordes?



Corrientes de convección natural al hervir té

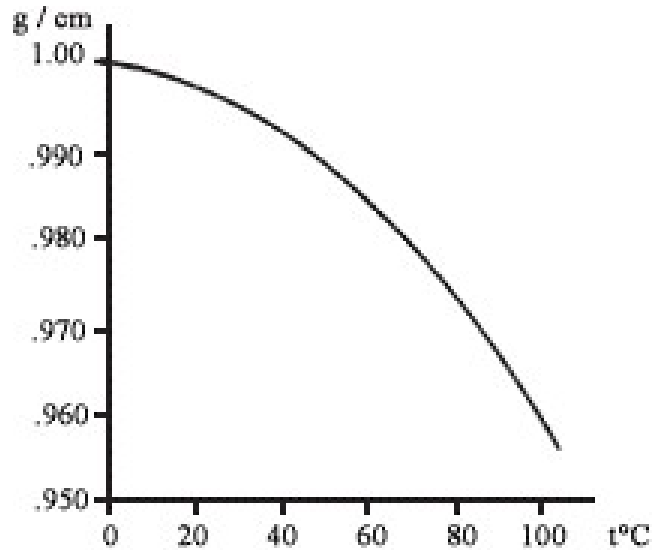
Figura III. 9. Corrientes de convección natural al hervir té.

¿Y qué diría el bien bañado lector si le aseguramos que el agua no hierve a 100°C (92°C en el D. F)? Basta disponer del siguiente equipo para demostrarlo: una olla grande llena de agua hirviendo que contenga un pocillo de aluminio con agua. El termómetro podrá llegar a 100°C en la olla, y el agua estará hirviendo. Igualmente podrá marcar 100°C en el pocillo ;pero el agua no hierve!

Como es sabido por el diagrama de fase, la presión de vapor a 100°C es igual a la atmosférica, figura II.4, sin embargo para que se produzca el cambio de fase se requiere suministrar un calor adicional (llamado "calor latente de evaporación" o, mejor; entalpía de evaporación) de 583 cal/g . Para el líquido de la olla este calor se obtiene directamente de la flama (hay una gradiente de temperatura) y se distribuye por las corrientes de convección. Sin embargo para el pocillo no hay gradiente de temperatura ni convección, y el agua contenida en éste no hierve.

Volviendo a las inolvidables quemaduras con atole, es claro que la superficie superior del atole es la que se enfría primero por estar en contacto con el aire que, a su vez, tiene corrientes de convección. Y es claro, que por ser un fluido viscoso, el atole frío no baja fácilmente (aunque haya aumentado su densidad por el

enfriamiento). En consecuencia, como cualquiera sabe, el atole de arriba está frío y el de abajo ¡está ardiendo!



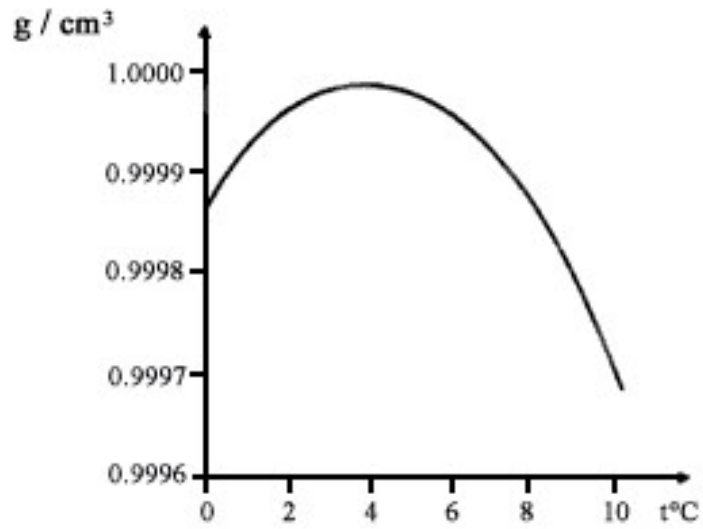
Densidad del H_2O vs. temperatura

Figura III. 10. Densidad del H_2O vs. Temperatura.

La figura III. 10 muestra la variación de la densidad del agua con la temperatura. Nótese que a baja temperatura la densidad es grande, lo que lleva a que el agua fría se dirija al fondo del recipiente. Por el contrario, el agua caliente asciende, como lo habrá notado el lector en el caso del té mencionado antes.

La figura III. 11 muestra un detalle de la III.10. Al bajar la temperatura a menos de $4^\circ C$ el agua disminuye su densidad y sube a la superficie; en otras palabras, al congelar el agua el hielo se comienza a formar en la superficie.

Por otro lado, cuando se trata de enfriar un líquido conviene poner el hielo encima del vaso, no el vaso encima del hielo. En efecto, el agua fría es más densa que la caliente de forma que aquella baja manteniendo una diferencia de temperatura respecto al hielo que está arriba del vaso. Si se pone el hielo abajo del vaso el líquido frío queda abajo y no hay corrientes de convección... y el flujo de calor es menor.



Densidad del H₂O de 0 a 10°C

Figura III.11. Densidad del H₂O de 0 a 10°C

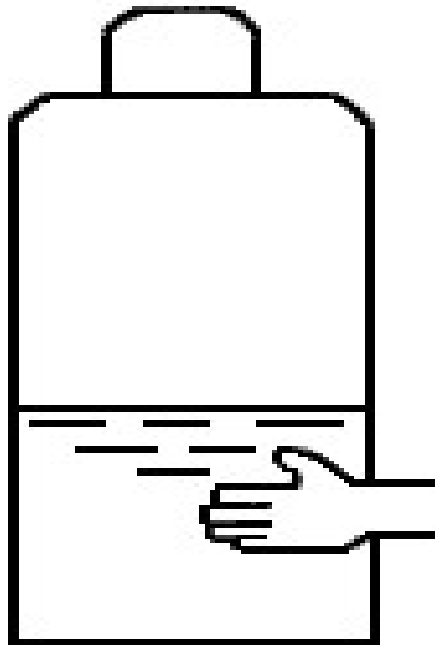


Figura III.12. El método de la abuelita.

LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Y OTRAS COSAS

Las abuelas para saber qué tan lleno estaba el "cilindro" de gas bajaban la mano por la superficie del cilindro para saber en dónde se hallaba el nivel del "gas".

Antes hay que aclarar que el gas no se encuentra como tal en el tanque sino como un sistema en equilibrio gas—líquido. Puesto que el "gas" (líquido) es mejor conductor del calor que el "gas" gas, la abuela comenzaba a sentir más frío el cilindro justo donde está el nivel del líquido, figura III. 12.

La capacidad que tiene una sustancia para transmitir el calor es la llamada conductividad térmica. Está relacionada con la sensación de temperatura y calor; como se señala en "La temperatura en la cocina", capítulo II. En este mismo capítulo veremos cómo aprovechar la conductividad térmica del agua para situaciones de emergencia: "El enfriamiento de las chelas"

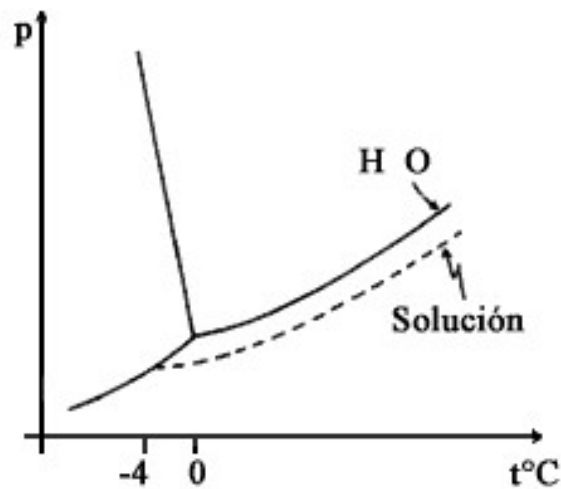
LA TERMODINÁMICA Y EL ESPAGUETI

Es de todos sabido que para enfriar el atole una forma es añadir atole frío. Con esto se logra una temperatura final que se halla entre la del frío y la del caliente. Tanto más cerca del frío cuanto atole frío se añadió.

Ahora bien, uno de los problemas de la preparación del espagueti⁴⁶ es que éste se pega fácilmente.

La razón es simple: al cocerse el espagueti las harinas se convierten en almidones⁴⁷ de manera que la pasta termina "batiéndose". A más de 55°C se rompen los puentes de hidrógeno de los gránulos de almidón y aumenta notablemente la absorción de agua (se tiene la ya explicada "gelatinización", véase "Soluciones, suspensiones..." en este mismo capítulo) La solución es cocerlos rápidamente y lograr que el almidón se diluya también rápidamente en el agua antes de que se pegue el espagueti. Ambas cosas se logran calentando mucha agua para el cocimiento y añadiendo el espagueti cuando el agua está hirviendo. De esta forma la temperatura final del sistema espagueti-agua estará muy cerca de la del agua y el tiempo de cocimiento será pequeño. Por otro lado, es claro que la calidad de la pasta, el tipo de trigo empleado, etc. influyen en que el espagueti se pegue o no. De la misma forma, para disminuir el tiempo de cocimiento de la coliflor; el brócoli, etc. y, por tanto reducir el típico olor de éstos, conviene hervir mucha agua y poner después los vegetales.

Volviendo al tema del batido de la pasta, otra solución para evitar que se bata es añadir un poco de aceite al agua. El almidón formado se disuelve en el aceite y éste no se disuelve en el agua; con ello se evita que el almidón se ataque a sí mismo: está separado por el agua.



Temperatura de congelación de una solución

Figura III. 13. Temperatura de congelación de una solución.

EL ENFRIAMIENTO DE LAS "CHELAS"

Los conocimientos teóricos de fisicoquímica llegan al mundo de las necesidades concretas e insoslayables cuando se trata de... enfriar cervezas.

Prepárese una solución saturada de *NaCl* y viértasele tres charolas con cubos de hielo. En esta mezcla dispónganse las cervezas por enfriar y ¡problema resuelto!

Desde el siglo XVII se sabe que la salmuera permite reducir la temperatura de fusión del hielo. Precisamente la escala Fahrenheit de temperatura tenía como punto de calibración la fusión del hielo en salmuera. Ingenuamente, para nosotros, Daniel Fahrenheit (1724) consideró que ésa era la menor temperatura posible.

El diagrama de fase del agua nos permite entender la situación, figura III.13. Ya mencionamos que la línea 1 corresponde al equilibrio entre líquido y vapor. El punto 2, conocido como "punto triple"⁴⁸ indica la coexistencia de vapor; líquido y sólido.

Si al agua se añade un sólido no volátil, como la sal, la presión de vapor de la solución disminuye, de forma que se necesita una temperatura mayor para lograr la presión de vapor correspondiente al agua pura. Esta situación se representa con la línea punteada 3, de la figura III.13. Como consecuencia la temperatura de congelación de la solución agua-sal es menor que la del agua pura.

Hay un punto muy interesante al respecto, la disminución de la temperatura de congelación es, dentro de ciertos límites, independiente de la sustancia empleada. Sólo depende del número de

partículas disueltas. Svante Arrhenius, a fines del siglo pasado, propuso que ciertas soluciones (como la sal, precisamente) provocan una disminución de la temperatura de congelación igual al doble de la que provoca el azúcar porque las moléculas de sal se disocian, es decir, en el agua:



Y es claro, una partícula de sal da lugar a dos partículas: una de Cl^- y otra de Na^+ .

El gran calor de fusión⁴⁹ del hielo (79 600 cal/kg) y el alto coeficiente de conductividad térmica del agua (véase "Hornear", capítulo II), hacen el resto.

PASTELES

Es del dominio público que un buen pastel tiene la masa esponjada y firme. Para lograrlo se emplean los polvos para hornear; uno de los más comerciales es el "Royal".

En el "Royal" se recomienda modificar las cantidades de acuerdo con la altura sobre el nivel del mar:

Al nivel del mar use de 1 a 1 1/2 cucharadita cafetera por cada taza de harina; en alturas como la de México, D.F., de 1/2 a 1 cucharadita cafetera, a otras alturas úsese proporcionalmente. (*Standard Brands Incorporated*)

La Standard Brands acertó con esas recomendaciones. Pero cometió un disparate al decir "a otras alturas úsese proporcionalmente". Con esto dice que si no está uno en el D.F. debe usarlo proporcionalmente, es decir; a mayor altura ¡mayor cantidad de "Royal"! ¿Y por qué habría de ser una excepción el D.F.? Sólo en ese caso se tiene a mayor altura ¡menor cantidad de "Royal"! (Véanse las indicaciones de la Standard Brands.)

Puesto que las burbujas formadas durante el horneado dependen de la elasticidad de la masa, si hay exceso de gas las paredes de las burbujas se rompen perdiéndose el esponjado. En este caso se obtiene una textura gruesa e irregular: La harina que se emplea para hacer pan tiene mayor cantidad de gluten que la de los pasteles y es, por tanto, más elástica y menos sensible a la altura del lugar.

Mejor no mencionar el carácter exponencial de la distribución barométrica... Se entiende que no hayan entrado en detalles los fabricantes de "Royal"... ¡no hay proporcionalidad ni directa ni inversa!

La reacción total, simplificada, para un polvo de hornear que contiene fosfato monocálcico es:



Tanto el CO_2 como el H_2O contribuyen al esponjado del pastel por la temperatura alta.

Una reacción como ésta ocurre rápidamente de manera que debe regularse su velocidad y temperatura de inicio. Ese es el mérito del "Royal". En la mezcla líquida a base de harina con poco gluten (que retiene los gases producidos) se requiere que los polvos provean mucho gas. Sin embargo, también es importante el momento en que se produce el gas. Si se produce cuando la masa ha endurecido, esto es, cuando la masa ha gelatinizado por el almidón (llamado amilosa, por los químicos), y el gluten y las proteínas del huevo se han coagulado, la producción de gas rompe la estructura rígida y esponjosa. El resultado es un pastel de granos gruesos y volumen menor.

Por otro lado, si la producción de gas en la masa durante el horneado es muy lenta el efecto es parecido: se forma la corteza antes de que se haya liberado todo el gas, se quebranta la estructura del pastel y se producen grietas en la superficie.

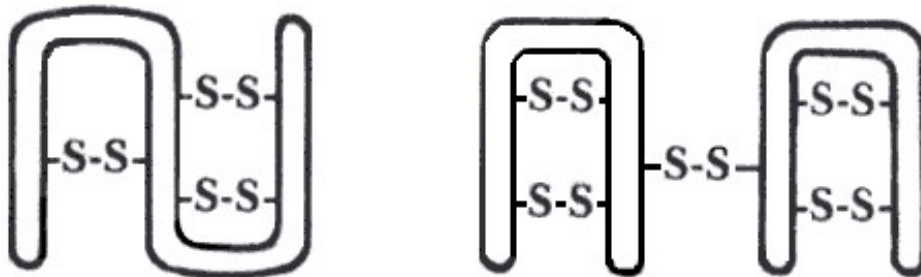


Figura III. 14. Moléculas de gluten.

Una masa muy empleada para pays y galletas es la hojaldrada. Aunque básicamente tiene los mismos ingredientes que la masa común la forma de preparación modifica notablemente el resultado; en particular la forma de amasado es fundamental para el acabado en láminas. Para ello se suele emplear agua fría y tenedor y cuchillo para el amasado. No es sólo por tradición sino porque la sabiduría de las abuelas ya había notado que la temperatura de la mano influye en la consistencia de la grasa y, por consiguiente, en la calidad final del producto. Al amasar a baja temperatura y doblando sobre sí misma la

masa repetidas veces se logran varias cosas. Primero, orientar las partículas de gluten (parecidas a largos resortes) y, segundo, distribuir la grasa sin que llegue a formar una pasta homogénea.

En general, el amasado aprovecha el carácter específico de los enlaces de azufre en las proteínas de la harina; éstos se dan dentro de las mismas moléculas de gluten y con otras, figura III.14 El amasado y el agua llevan a la destrucción de los enlaces originales y a la formación de unos nuevos, figura III.15, que dan propiedades elásticas a la masa. Sin embargo, un exceso de amasado termina rompiendo los enlaces intermoleculares y el resultado final es que no se logra el esponjado del pastel.

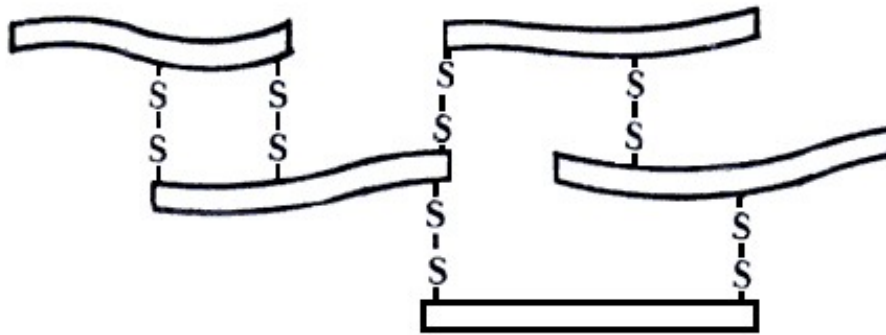


Figura III. 15. Gluten amasado.

NIEVES Y HELADOS

El helado, tal como lo conocemos, es resultado de una larga evolución. Se atribuye a Nerón el haberlo inventado al endulzar la nieve de las montañas con miel y añadirle jugos de frutas. Algo semejante encontró Cortés en México: los hoy llamados "raspados", "pabellones" o "colorados".

En 1777 ya se vendían, en Estados Unidos, helados hechos con crema y leche y en 1851 se comenzaron a fabricar en gran escala en Baltimore.

La composición de los helados es muy variable, generalmente llevan derivados de la leche, huevos, agua, azúcar; saborizantes, colorantes y estabilizadores. La congelación se hace mediante la agitación continua de los ingredientes. Algunos fabricantes emplean glucosa además de sacarosa. La razón es que endulza casi igual que la sacarosa pero por ser aquélla un monosacárido (tiene una masa

molecular igual a la mitad de la de la sacarosa) permite disminuir más la temperatura de congelación del helado. En otras palabras, los helados con glucosa tardan más en derretirse.

Es interesante mencionar que los helados llegan a contener más sólidos de leche que la misma leche, por lo que resultan un alimento excelente.

Muchos de los componentes de los helados sirven para hacerlo agradable a la vista, no sólo al paladar. La grasa de la leche, por ejemplo, le da una textura suave y consistente. Los sólidos no grasos (lactosa) mejoran la textura pero el exceso hace arenoso al helado. Los estabilizadores (gelatina, musgo de Irlanda, carboximetilcelulosa sódica, alginato de sodio, pectina) forman estructuras de gel en solución (véase "soluciones, suspensiones..." en este mismo capítulo), impiden la formación de grandes cristales de hielo. Los emulsificantes dan apariencia esponjosa, pues los glóbulos de grasa son más pequeños (2 a 6 micras) y se hallan mejor dispersos. Igual que para la mayonesa (véase "soluciones, suspensiones..." en este mismo capítulo), se emplea la yema de huevo como emulsificante, aunque se reemplaza por monoglicéridos y diglicéridos de ácidos grasos, monoestearato de sorbitán, derivados polioxialquilénicos del monoestearato de sorbitán.

Dependiendo del lugar, el nombre de helado, nieve o sorbete se emplea con diferente sentido. Sin embargo la distinción entre unos y otros sigue siendo la presencia de leche (o productos lácteos) o ausencia de éstos, lo que influye en la esponjosidad del producto.

I V . L A S O B R E M E S A

EN LA sobremesa hay fenómenos recurrentes: cuentos picantes y amarillos, comentarios sobre la dieta que no se guardó, monólogos de política..., el cafecito, el coñaquito, el cigarrillo, etc. En este capítulo veremos someramente algunos principios fisicoquímicos que quedan ilustrados en la sobremesa y que están relacionados con otras experiencias cotidianas como el azul del cielo y la cinta adhesiva.

LAVOISIER Y LAS CALORÍAS

Hoy día, cualquier persona preocupada por su salud sabe que una dieta completa implica cierto número de calorías. Esto es, debe haber un equilibrio entre la energía que proporcionan los alimentos y la que consume el organismo. Esta idea es, aunque no lo parezca, reciente, sobre todo si se considera que durante casi un millón de años no preocupó a la especie humana.

La mayoría de las pistas que llevaron a esclarecer la relación entre calor y movimiento viene de los estudios biológicos. Como veremos más adelante, Lavoisier ya había notado la relación entre el calor liberado y el bióxido de carbono producido por los animales.

En 1850, Justus von Liebig, en oposición a quienes afirmaban que la actividad animal resulta de una "fuerza vital"¹, sostenía que el calor y la actividad mecánica en los animales resulta de la combustión del alimento.

Y una contribución muy interesante es la de Julius Robert Mayer. A mediados del siglo pasado este cirujano se encontraba embarcado, navegando cerca de Java. Al operar a un nativo notó que su sangre venosa tenía un intenso color rojo. Como es sabido esta sangre es la que llega a los pulmones a oxigenarse. Mayer concluyó que en los trópicos la sangre venosa difiere poco en color de la arterial (cosa que no ocurre a grandes latitudes) porque no se requiere gran consumo de oxígeno para mantener la temperatura del organismo. Concluyó que el oxígeno mantenía las reacciones biológicas del organismo por... combustión.

Para medir la capacidad energética de los alimentos se emplean las kilocalorías (o calorías) y, más recientemente los kJ (kilojoules). Las *Calorías*, también llamadas *calorías grandes* por los biólogos, dan lugar a muchas confusiones pues no son iguales a las *calorías*. Las *Calorías* son 1000 veces mayores que las *calorías*. En otras palabras, para los biólogos la Caloría es la cantidad de calor que eleva en 1°C

la temperatura de 1 kg de agua. Para el resto de la humanidad la caloría es la cantidad de calor, que eleva 1°C la temperatura de 1 g de agua.

Señalamos ya que la idea de referirse a la capacidad energética de los alimentos tiene origen relativamente reciente. Uno de los trabajos pioneros fue el de Laplace y Lavoisier a fines del siglo *XVIII*. De éste hablaremos brevemente a continuación. De 1782 a 1784 experimentaron acerca del fenómeno de la respiración. Para ello desarrollaron un calorímetro de hielo a fin de medir el calor liberado durante la respiración de un conejillo de Indias. Después de 10 horas de experimentación encontraron que el conejillo, por su temperatura corporal, había logrado fundir 13 onzas de hielo. En el mismo tiempo el animal había producido cierta cantidad de CO_2 que midieron cuidadosamente los experimentadores. Por otro lado quemaron cierta cantidad de carbón para relacionar las cantidades de CO_2 y de calor producidos. Nuevamente midieron el calor producido por la cantidad de hielo fundido. Hallaron que la fusión de 10.5 onzas de hielo implicaba la misma cantidad de CO_2 , fuera producido por la combustión del carbón o por la respiración del conejillo de Indias. ¿No era razonable pensar que la respiración es una forma de combustión?

Durante mucho tiempo se pensó que el hombre, como los animales, comía sólo para crecer y reconstruir sus tejidos, poco a poco se fue viendo que los alimentos proporcionan también calor y otras formas de energía necesarias para el organismo. A riesgo de sobresimplificar puede decirse que el cuerpo humano es una máquina química: el oxígeno respirado se combina con los azúcares, grasas y proteínas obtenidas por la digestión; estas moléculas complejas se transforman, en último término, en bióxido de carbono, agua y otros productos de desecho. En este proceso se origina calor y trabajo mecánico en los músculos.

Se ha medido con precisión la energía suministrada en forma de alimento (combustible) y el correspondiente trabajo y calor que desarrolla el cuerpo a fin de comprobar si los procesos vitales se pueden describir con los mismos principios de conservación aplicados a los fenómenos de la naturaleza inanimada, véase la tabla II.3. Desde 1890 se dio respuesta afirmativa. El alimento diario, si se quema fuera del organismo, proporciona casi 3×10^6 cal y la cantidad de calor que el cuerpo cede, el trabajo que realiza y la energía de los productos de desecho son del mismo orden de magnitud² (dentro de un pequeño error experimental).

Sin embargo, el cuerpo considerado como una máquina térmica tiene un rendimiento muy bajo, menor al 20%. Esto quiere decir que sólo el 20% de la energía calorífica puede transformarse en energía mecánica. Por eso al realizar trabajo físico el calor producido es muy

grande, el organismo se calienta y, si la disipación de calor no se realiza eficientemente, comienza la sudoración a fin de recuperar la temperatura de 37°C.

En el capítulo I menciona que los alimentos contienen tres tipos principales de sustancias: carbohidratos, grasas y proteínas. Para una nutrición balanceada se requieren, además, cantidades pequeñas de vitaminas y minerales. Los carbohidratos se convierten en glicógeno³ (almidón animal) y energía. Durante la digestión las proteínas se rompen en aminoácidos que el organismo reorganiza para construir sus tejidos, se queman para obtener energía, se transforman en azúcares y contribuyen a la formación de grasa. Las grasas también se descomponen para ser reconstituidas en productos químicos importantes para el organismo; dan lugar a energía y nuevas grasas que se almacenan en los tejidos. Si bien los valores energéticos de los alimentos, es decir las Calorías, miden los requerimientos alimenticios, una buena nutrición implica equilibrio entre carbohidratos, grasas, proteínas, vitaminas, etc.; y esto depende de las necesidades de cada persona.

A continuación veremos los componentes de los alimentos desde el punto de vista energético.

LOS CARBOHIDRATOS

Los carbohidratos son la principal fuente de energía en la dieta de casi todos los pueblos. En la forma de arroz, trigo, maíz, whiskey o cerveza, se presentan como azúcares o almidones (polisacáridos).

La glucosa, azúcar producido en los vegetales, produce 3.75 Cal/g cuando se quema totalmente a CO_2 y H_2O . En cambio los polisacáridos (almidones) contienen menos agua por molécula, de aquí que su combustión produce más energía, entre 3.95 y 4.18 Cal/g.

Con todo, las cifras anteriores son muy relativas. El aprovechamiento de esta energía no es completo, el valor energético varía de un compuesto a otro y, además, hay organismos con metabolismo tal que da lugar a enfermedades ante el exceso de ciertos carbohidratos⁴.

La falta de las enzimas invertasa, maltasa y lactasa en el organismo humano hace que la sacarosa, maltosa y lactosa no se hidrolicen formando monosacáridos (es decir, que no se digieran); al llegar al intestino grueso son atacados estos carbohidratos por microorganismos que los fermentan produciendo flatulencias.

LAS PROTEÍNAS

El aprovechamiento de las proteínas está muy relacionado con la cantidad y calidad de éstas. Un alimento puede muy bien tener los aminoácidos indispensables para que el organismo sintetice las proteínas requeridas, sin embargo pueden hallarse en una forma indisponible fisiológicamente. Este punto es de mucha importancia pues está relacionado con la estructura de la proteína. Como ya señalamos, las enzimas son muy específicas en su acción; si no encuentran los enlaces adecuados para su acción... simplemente no actúan. El cocimiento, sea por calor o por acción de ácidos⁵ de los alimentos modifica la estructura de las proteínas (las desnaturaliza), con lo que mejora su valor nutritivo y gastronómico.

LAS GRASAS

Las grasas tienen mucha importancia en la dieta de la mujer y en la pupila del hombre. La combustión de grasas produce cerca de 9 Cal/g y son los componentes que más producen calorías. El organismo emplea las grasas para producir energía en las mitocondrias⁶ de las células. Las grasas o lípidos⁷ dan lugar; también, a dos compuestos muy importantes: el colesterol⁸ y el ergocalciferol⁹.

El tejido adiposo¹⁰ formado principalmente por grasas, sirve como amortiguador físico (entre otras placenteras funciones) en el cuerpo humano; sirve también como aislante térmico y protección de órganos como intestinos, hígado, etcétera.

Aunque los lípidos son necesarios tanto al hombre como a la mujer (y viceversa) el consumo excesivo produce problemas de salud como obesidad y enfermedades cardiovasculares.

EL CAFECITO

Una de las tantas leyendas que narran el origen del café¹¹ es la de Kaldi, un pastor de cabras que probó las bayas de un arbusto verde con las que se alimentaban sus animales. La euforia que le produjeron las bayas lo llevó a compartir su hallazgo por el año 850 d.C.

En 1650 ya había cafeterías en Londres y en 1689 en Nueva York, Boston. En México, Venezuela, etc., se establecieron cerca de 1750. Actualmente un tercio de la población mundial consume café más que cualquier otra bebida, gracias a la generosidad de Kaldi.

Independientemente del origen del café es indiscutible que su efecto estimulante ha ayudado a su popularidad.

Un factor clave en la calidad del café es el tostado. Éste hace que el grano aumente su volumen entre 30 y 100%. La razón es la misma

que en las palomitas o rosetas de maíz, aunque en el caso del café es bastante menos aparatoso. El grano del maíz palomero tiene una cámara llena de celulosa casi pura (el copo de algodón es, también, casi pura celulosa). El aumento de la presión en la cámara por el aumento de temperatura hace que el maíz palomero explote y aflore la celulosa. En el caso del café el grano se esponja por la expansión del CO_2 formado y de cambios químicos complejos que hacen que el café se oscurezca, tome aroma y pierda agua.

Los principales componentes del grano verde son proteínas, sacarosa y ácido clorogénico¹² casi el 75% de los sólidos solubles. Al parecer, con el tostado se forman azúcares que se deshidratan y polimerizan, se forman sustancias de gran masa molecular solubles en agua y otras insolubles. Buena parte del color del café se debe a los productos de degradación de la sacarosa.

Para preparar el café hay diferentes formas: desde el cómodo "Nescafé" hasta el express, pasando por el turco, irlandés, americano, de olla, etcétera.

Pero si alguien prefriere el café debe saber que el recién tostado y molido pierde su frescura a los 4 días de exposición al aire; si no se guarda en recipientes herméticos a los 15 días adquiere sabor rancio o estadizo¹³. Con todo, la rancidez no es debida a la oxidación de los aceites y grasas del café sino exclusivamente de los componentes volátiles, es decir "el aroma"¹⁴. Sin duda una de las cualidades más atractivas del café es su aroma. El agua caliente libera con gran rapidez a los aceites esenciales que lo constituyen. Curiosamente éstos no constituyen más del 1% en peso del café tostado. El sabor rancio depende de la sensibilidad del degustante, del método empleado para hacer el café y del tiempo de exposición del café al oxígeno. Puede influir también el tipo de tostado y la mezcla de cafés empleada.

Los principales componentes del café verde solubles en agua son proteínas, sacarosa y ácido clorogénico, alrededor del 75% del total de sólidos solubles. Con la tostación desaparece casi toda la sacarosa. Se forman primero azúcares reductores que reaccionan rápidamente al inicio del tostado y lentamente al final. Los azúcares se deshidratan y polimerizan; se forman sustancias de alto peso molecular. Buena parte del color y sabor del café tostado se debe a los productos de la degradación de los azúcares. Se forman, además, bióxido de carbono y otras sustancias volátiles.

La cafeína es un alcaloide¹⁵ semejante a la teobromina presente en el cacao, figura IV.1.

La cafeína se emplea en las bebidas de cola y en medicina como estimulante¹⁶ y diurético. Por lo anterior una taza de chocolate no propicia el sueño. Una taza de café contiene cerca de 100 mg de

cafeína. Sus propiedades estimulantes (mayor asociación de ideas, más concentración, mejores reflejos, disminución de la fatiga) sin duda han contribuido a su popularidad. Como era de imaginarse, la cafeína se extrae del café o del té, que la contiene en mayor proporción.

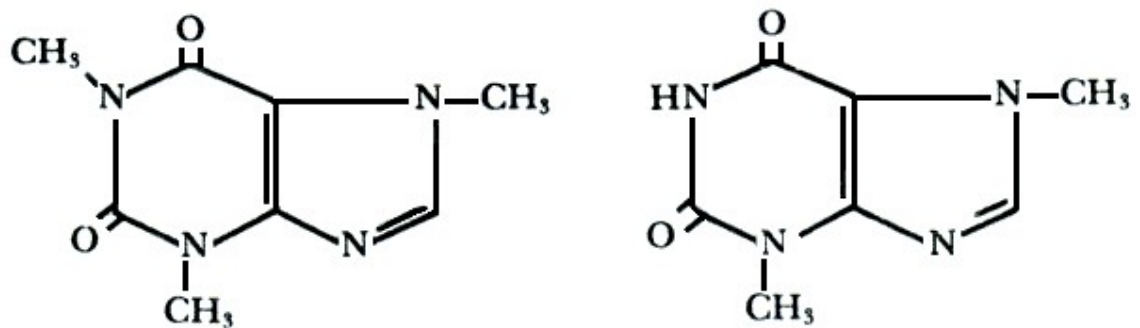


Figura IV. 1. Cafeína. Teobromina.

Básicamente son tres los métodos de preparación del café: infusión, lixiviación y decocción.

El café soluble se obtiene secando el extracto acuoso de café tostado y molido. La mezcla, el tostado y la molienda se hacen de forma semejante en los dos tipos de café más comunes: el café soluble y el café. En la elaboración del café soluble se emplean temperaturas bajas para evitar la pérdida del aroma y del sabor; igualmente se impide la presencia de aire a fin de evitar el enranciamiento. El extracto concentrado del café se obtiene por un método muy semejante al del café express, el agua caliente circula a presión por el café molido. Posteriormente el extracto se seca por aspersión del líquido. Para ello pasa a través de unas boquillas "atomizadoras"¹⁷ que ponen a las partículas en contacto con aire caliente, a unos 250°C. La gran superficie activa del extracto (véase en el capítulo II, "Cortar y picar....") hace que el secado sea rápido y no se pierdan aroma ni sabor. En ocasiones se emplea la liofilización (véase en el capítulo I, "Liofilización") para producir el café soluble.

Aunque no se crea, el café descafeinado sí contiene café; se emplean diferentes disolventes clorados para eliminar la cafeína del grano verde; uno de los más empleados es el tricloroetileno¹⁸. El posterior secado y tostado garantiza totalmente la eliminación del disolvente utilizado.

¿Con cuántas de azúcar?

Cualquiera sabe que un buen café se toma sin azúcar; pero hay de gustos a gustos. Lo que es indiscutible es que por muy azucarado que

a uno le guste el café hay un límite a la cantidad de azúcar disuelta en el café; a tales soluciones se les llama saturadas. Por más que se añada azúcar el café no se endulza más, el exceso queda en el fondo de la taza. Los químicos dicen que se tiene entonces una solución saturada. Sólo hace poco tiempo se llegó a la conclusión de que estas soluciones tienen un equilibrio dinámico, es decir la velocidad con que se disuelve el azúcar es igual a la velocidad con que se deposita.

No parece haber relación, pero una forma de mantener limpias las alfombras emplea la saturación... ¡de mugre! Véase el capítulo V.

El azúcar luminoso

Hay cristales moleculares, como el azúcar; que al ser triturados emiten luz visible. A tal fenómeno se le conoce como triboluminiscencia¹⁹.

Del mismo género es la luminosidad azul que se produce al separar la cinta adhesiva (*masking tape*, o cinta "Scotch"). En ambos casos las cargas eléctricas se producen por la separación de las superficies. La emisión de luz ocurre por la descarga, sea directamente por fragmentos moleculares, sea por excitación de los gases atmosféricos en la vecindad de las superficies separadas. El resplandor azul obtenido al desenrollar las cintas adhesivas se debe a la excitación producida por las descargas eléctricas en las moléculas de nitrógeno del aire.

Cabe mencionar que el fenómeno de la adherencia aún no está bien entendido: existen fuerzas químicas, quizá semejantes a las que mantienen juntas las partículas de un mismo trozo de material. Puesto que la adherencia requiere primero el mojado de las superficies, se ha pensado que éste es un requisito para el contacto a escala molecular. Los enlaces que intervienen en los pegamentos son resultado de las fuerzas de Van der Waals, y están relacionados con la distribución desigual de electrones en las moléculas. La sagaz lectora (o sagaz lector) habrá notado que en una misma molécula se tendrá una zona con carga positiva y otra con carga eléctrica negativa. A tales moléculas se les llama *polares*²⁰ y un ejemplo cotidiano de éstas es... el agua, véase el en el capítulo III, "Soluciones, suspensiones, etc".

EL COÑAQUITO

Un criterio para clasificar a las bebidas espirituosas es el de si resultan o no de la destilación. Entre los bebestibles destilados se hallan los licores, coñac, tequila, brandy, mezcal, aguardiente, sotol, etc.; entre los no destilados: la cerveza, tejuino, pulque, vino, champaña, sidra, etc. etc. etcétera.

Los licores no son sólo bebidas fermentadas. Han tenido, como indicamos, un proceso adicional: la destilación. Con ello aumenta el contenido de alcohol de la bebida.

Es sabido que los líquidos tienden a evaporarse. Si existe humedad en el ambiente la tendencia del agua a evaporarse se ve compensada por la del vapor a condensarse y se alcanza equilibrio. Esto, en términos más precisos, se dice: la presión de vapor del líquido es igual a la presión parcial del agua en el gas. El alcohol, como sabe cualquier bebedor; comparte esta tendencia a desaparecer de los vasos. Y tiene una tendencia a desaparecer mayor que el agua. Así el vapor en equilibrio con una solución alcohol-agua es más rico en alcohol. Si este vapor se transforma en líquido se tendrá, obviamente, mayor concentración de alcohol que en el líquido original. Y si el vapor de este nuevo líquido se condensa... ¡ya imaginará el antojadizo lector el resultado! ¡Se obtendría alcohol puro!... Mas no; la naturaleza dispuso las cosas de otra manera. La destilación²¹ que tal es el nombre para este procedimiento, tiene en este caso un límite. Hay un momento en que el vapor tiene la misma composición que el líquido del cual procede. Es obvio que aquí se detiene la separación del elixir y el agua (al menos en lo que a destilación se refiere). Esto ocurre cuando el alcohol es de 96°G.L., que es la pureza usual del alcohol medicinal. Éste, como es sabido, no es potable (a no ser que haya una gran persistencia) debido a los desnaturalizantes añadidos por razones tributarias. A fin de mantener bajo el precio al público del alcohol medicinal y evitar que éste lo ingiera se agregan sustancias eméticas, malolientes y repugnantes. En las bebidas espirituosas el alcohol no tiene desnaturalizantes (aunque al día siguiente uno lo dude) pero tiene una buena carga de impuestos fiscales, véase "¡La cerveza!" en el capítulo I.

Los alquimistas, aunque contribuyeron poco al desarrollo de la química como ciencia, fueron muy creativos en cuanto a métodos de purificación y extracción. Los alambiques²², figura IV.2, el baño María, la piedra de toque²³ son recursos desarrollados por estos tatarabuelos de la química contemporánea.

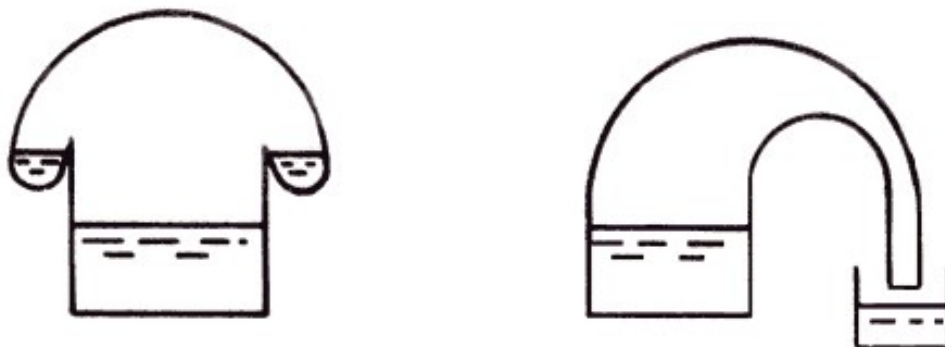


Figura IV. 2. Diversos tipos de alambiques.

La destilación tuvo una importancia capital, no sólo por los benéficos efectos de sus productos, sino porque liberaba la "esencia" de las sustancias. En efecto, el destilado del vino tenía "quintaesenciadas"²⁴ sus características vivificantes, de aquí que se le llamara en algunas partes *aqua vitae*, esto es, "agua de la vida"²⁵. Ahora bien, la diferencia entre las presiones de vapor de los líquidos alcohol-agua es la base de la producción de licores, brandy, tequila, mezcal, etc., esto es, de la destilación. Puesto que el vapor es más rico en alcohol cuanto más rico lo sea el líquido, los artesanos llegaron a un descubrimiento extraordinario. Si se regresa un poco del condensado al líquido que destila ¡el nuevo vapor es aún más rico en alcohol!

El filántropo José Luis Gay-Lussac, a inicios del siglo pasado, encontró una manera de garantizar la calidad del bebestible que nos ocupa. Son los conocidos grados G. L. que ostentan las botellas de bebidas espirituosas. Estos hacen referencia al porcentaje en volumen de alcohol. Los brandies tienen cerca de 50°G. L. lo que significa que **10 cm³** de "Fundador" contienen 5 de alcohol. El "Madeira" llega a los 80°G. L. La cerveza, bebida de moderación, está entre 4 y 12°G. L. En Gran Bretaña y Estados Unidos el contenido alcohólico no se denota en grados G. L. sino en grados *proof*. En este país se definen de la siguiente manera:

Se entenderá por espíritu *proof* el licor alcohólico que contiene la mitad de su volumen de alcohol cuyo peso específico es 0.7939 a 60° Fahrenheit.

Tan clara como cualquier definición oficial la anterior se traduce a: "los grados *proof* son el doble de los grados G.L." En otras palabras, 100 cm³ de brandy de 100° *proof* tienen 50° G.L. y 50 cm³ de alcohol puro.

En Inglaterra los grados *proof* tienen, como todo, otra definición:

Un espíritu *proof* tiene una fuerza (concentración de alcohol) tal que, a 51° F (11°C) su peso es 12/13 de un volumen igual de agua.

Puesto que la graduación Gay-Lussac y la *proof* norteamericana se basan en volúmenes en tanto que la inglesa en pesos, no hay una correspondencia simple entre las dos primeras y la británica. La tabla IV. 1 muestra las equivalencias.

Tabla IV.1. Graduaciones alcohólicas más comunes.

<i>°G.L.</i>	<i>proof E.U.A.</i>	<i>proof G.B.</i>
0	0	100.00 u.p.
10	20	83.50 u.p.
20	40	66.27 u.p.
30	60	48.00 u.p.
40	80	36.60 u.p.
50	100	29.90 u.p.
60	120	24.00 o.p.
70	140	19.30 o.p.
80	160	15.60 o.p.
90	180	12.60 o.p.
100	200	10.00 o.p.
	<i>u.p. underproof</i>	<i>o.p. overproof</i>

La destilación comercial del brandy comenzó en el siglo XVI. Según cuentan, un marino holandés intentó concentrar el vino por destilación a fin de facilitar su transporte. La intención era diluir posteriormente el destilado, pero la gran aceptación que tuvo el nuevo producto lo hizo innecesario.

La tabla IV.2 muestra algunos brandies típicos, su origen y región. El ingenio humano ha mostrado al respecto una creatividad que hace sumamente limitada y fragmentaria esta tabla.

EL HUMO DE LOS CIGARROS Y EL COLOR DEL CIELO

Una de las formas de afinar una guitarra es aprovechar el fenómeno acústico de resonancia. Si dos cuerdas están afinadas al pulsar una nota en una cuerda la otra entrará en vibración. Los átomos y las moléculas se comportan en forma semejante a las cuerdas de la guitarra, reemiten las ondas de energía que están en resonancia con esas partículas. Y ocurre también como con las cuerdas de la guitarra: en tanto más corta la cuerda mayor la frecuencia y en tanto más pequeña la partícula más alta la frecuencia de resonancia. Así las moléculas de nitrógeno y oxígeno, principales componentes de la atmósfera, reemiten en todas direcciones la luz de frecuencia alta. El color azul corresponde a las frecuencias altas y el rojo a las bajas, de aquí que el cielo sea azul a mediodía pero, al atardecer rojizo (la luz atraviesa una mayor distancia de la capa de polvo cercana a la superficie terrestre).

Tabla IV. 2. Algunos brandies y su origen.

Cognac	Uva	Francia
Ouzo	Anís	Grecia
Pisco	Uva moscatel	Perú
Tequila	Agave azul	México, Japón
Aguardiente	Caña	Latinoamérica
Grappa	Orujo de uva	Italia, Francia
Calvados	Manzana, pera	Francia
Whisky	Granos	Inglaterra, Japón
Ron	Caña	Latinoamérica
Vodka	Papa	Rusia
Ginebra	Centeno, enebro	Inglaterra

En las nubes las moléculas de agua se hallan en grupos de muy diversos tamaños, cada uno con su propia frecuencia de resonancia y, por consiguiente, de reemisión de luz. El resultado global es una nube blanca.

El fumador observador habrá notado que el humo que sale del cigarrillo es azul, pero el que sale de sus pulmones es blanco; éste consiste de partículas recubiertas de humedad.

V . L E V A N T A N D O E L T I R A D E R O

COMO todo lo bueno en la vida termina, así ocurre con las comidas. Y empieza el nunca acabar de lavar platos, vasos, sartenes, ceniceros... y las frecuentes molestias de los excesos en comer, beber y fumar. Algunos principios fisicoquímicos de esta inevitable y cotidiana etapa de la existencia (con su ventura y desventura) son el material de este último capítulo.

JABONES Y DETERGENTES

El jabón¹ se conoce desde hace más de 2 000 años. Uno de los procedimientos más antiguos de elaboración (empleado por celtas, fenicios, romanos, etc) consiste en mezclar grasa animal con cenizas. Curiosamente no fue sino hasta el siglo II de nuestra era que comenzó a emplearse como jabón, esto es, para lavar. Antes se empleaba como bálsamo y unguento por fines medicinales exclusivamente.

La forma primitiva de fabricar jabón es relativamente simple: las cenizas de plantas (que contienen carbonato de potasio) se dispersan en agua y se añade el sebo o grasa (generalmente de animal). La mezcla se lleva a ebullición y se añaden más cenizas a medida que el agua se evapora. En este proceso ocurre la reacción química entre los ácidos grasos y los carbonatos alcalinos² para formar jabón en un proceso redundantemente llamado saponificación³.

Los detergentes tienen un origen mucho más reciente. Con el fin de conservar las grasas animales para otros usos durante la primera Guerra Mundial, los alemanes emplearon compuestos químicos para fabricar el "Nekal", el primer detergente utilizado en la industria textil. Este detergente no tenía una gran capacidad limpiadora porque, como veremos más adelante, empleaba compuestos liposolubles de cadena corta. A fines de la segunda Guerra ya se vendían en Estados Unidos detergentes con mejores propiedades por tener cadena larga.

Aunque los detergentes se desarrollaron con la primera intención de emplear las grasas animales en otros usos que no fueran la producción de jabón (como la fabricación de margarina, véase el capítulo I), se logró un producto superior al jabón en muchos aspectos, sobre todo cuando se emplean en el lavado las llamadas *aguas duras*.

Cuando el agua empleada en el lavado tiene alta concentración de iones Ca^{++} y Mg^{++} (alrededor de 400 partes por millón)⁴ el jabón pierde su poder limpiador debido a la formación de compuestos insolubles; en el agua de lavado se forman grumos y sedimentos⁵. Los iones Ca^{++} y Mg^{++} reaccionan con la cabeza polar de la molécula del jabón impidiendo la formación de la emulsión con la grasa. A menos que se use una gran cantidad de jabón la limpieza es imposible.

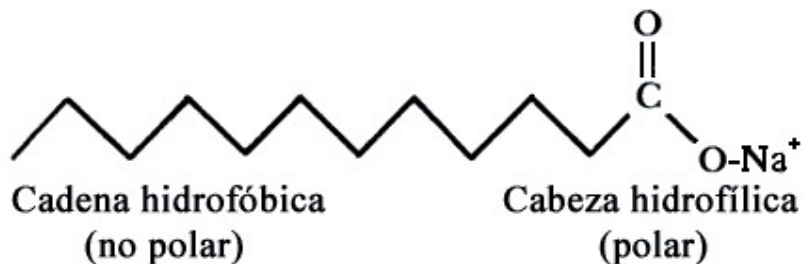


Figura V. 1. Estearato de sodio, jabón común.

La dificultad de producir espuma no es exclusiva de los jabones, se presenta también en los detergentes⁶ aunque en menor grado. Si bien suele asociarse la capacidad de lavado con la cantidad de espuma de un jabón, la acción limpiadora de los detergentes y jabones resulta de una gran cantidad de factores: la composición de la mugre, la composición del jabón, la temperatura, las características del objeto por limpiar, la agitación de la emulsión, el frotamiento, la duración del lavado, número y secuencia de enjuagues, etc., etc. Sin embargo puede tenerse una idea simplificada considerando que la capacidad que tienen los jabones de limpiar las grasas y el aceite de las superficies sucias es resultado de la estructura hidrófoba-hidrófila⁷. Por ejemplo, el ion estearato (del estearato de sodio del jabón común) consta de una larga cadena de un hidrocarburo no polar con un grupo COO^- altamente polar en un extremo, figura V.1.

Por su carácter hidrofóbico, las colas de estas moléculas se agrupan en la superficie del líquido, y se disuelven en el aceite o grasa de la ropa sucia o de los alimentos. Las cabezas hidrofílicas en cambio hacen contacto con el agua, pero como están cargadas negativamente se repelen impidiendo que las gotas de grasa se junten nuevamente. En otros términos se produce la emulsificación de la suciedad, figura V2.

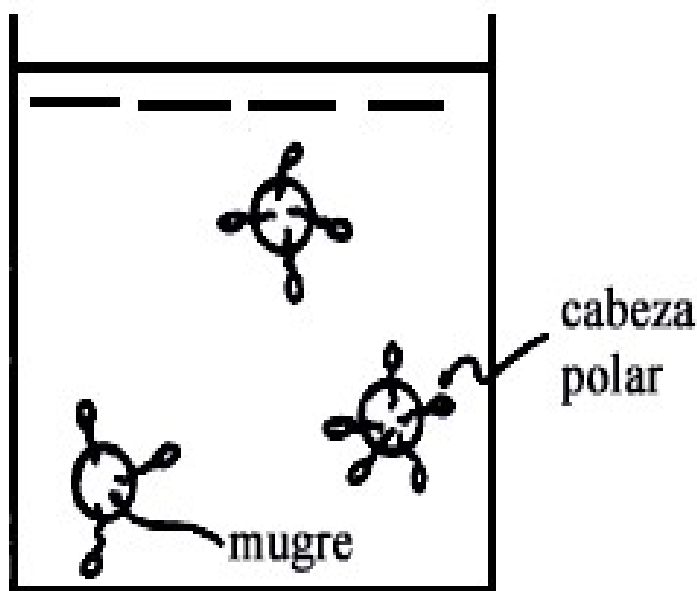


Figura V.2. Emulsificación de suciedad.

La suciedad puede estar fijada al objeto de muy diversas maneras. Puede estar adherida a la pieza por lavar, atrapada mecánicamente, unida al objeto por una capa aceitosa, etc. Las fuerzas de adherencia (conocidas como fuerzas de Van der Waals) son mayores cuando se trata de suciedad líquida. Puede haber también fuerzas electrostáticas, importantes en el caso de suciedad sólida. Con todo, la distinción anterior carece de aplicación en la vida diaria pues la mayor parte de la mugre es grasienta o cerosa.

Los detergentes tales como los alquilbencenosulfonatos (*ABS*) y los alquilbencenosulfonatos lineales (*ASL*) (usados en champúes) tienen estructuras moleculares semejantes al estearato de sodio, el jabón común. Sin embargo la cabeza polar de los detergentes es menos reactiva que la de los jabones (nótese la diferencia en las figuras V.3 y VI) razón por la cual los detergentes hacen espuma con mayor facilidad que los jabones.

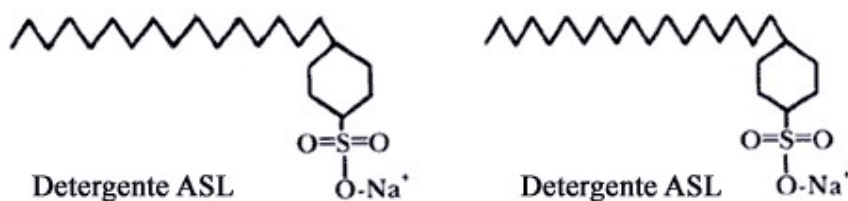


Figura V.3. Detergentes A B S y A S L

La sal metálica de un ácido graso de cadena larga es un jabón. El ejemplo más común es el estearato de sodio $C_{17}H_{35}COONa^+$. A bajas concentraciones la solución de estearato de sodio consiste de

iones individuales dispersos en la solución. Pero a altas concentraciones los iones estearato forman grupos llamados *micelas*⁸ conteniendo de unos cuantos a cientos de iones estearato. La micela es casi esférica y las cadenas de hidrocarburo se hallan en el interior dejando los grupos polares $-COO^-$ en la superficie en contacto con el agua. Es del tamaño de una partícula coloidal y, al incorporar moléculas de hidrocarburo en su interior; actúa como disolvente de material orgánico: grasas, aceites, etc. La acción limpiadora del jabón depende en gran medida de su capacidad de mantener la grasa en suspensión.

Si las partículas de suciedad no se mantienen dispersas de una forma estable en el sistema detergente-mugre tienden a "flocular"⁹ en agregados suficientemente grandes como para depositarse nuevamente en la superficie por limpiar.

Las partículas formadas por la disolución de un jabón o detergente tienen carga eléctrica y, dependiendo de la naturaleza (o ausencia) de carga, se clasifican como aniónicos, catiónicos, neutros o anfotéricos. Un detergente aniónico¹⁰ típico es el alquil sulfonato de sodio ($ROSO_3^-Na^+$) que, por supuesto, produce partículas coloidales cargadas negativamente. Para una buena acción detergente, R debe tener al menos 16 átomos de carbono. Un defecto indeseable de estos detergentes es la persistencia de su espuma, pasa a través del drenaje llegando a los ríos y el mar agravando los problemas de contaminación. La espuma impide la degradación biológica de los desechos orgánicos del drenaje y causa problemas en las plantas de tratamiento de aguas y en las zonas de riego. A partir de 1960, con la intención de que las bacterias puedan atacar a estos detergentes (esto es, hacerlos biodegradables) se emplea en la molécula una cadena ramificada en lugar de la lineal.

Los detergentes catiónicos¹¹ son usualmente sales cuaternarias de sales de amonio en las cuales un grupo alquilo es una cadena larga; el $(CH_3)_3RN^+Cl^-$ es un ejemplo típico con R entre 12 y 18 átomos de carbono. En el mercado se venden en forma de polvo, pasta o líquido. Tienen excelentes propiedades emulsificantes y espumantes... pero no son buenos limpiadores. Su principal aplicación es... ¡el asfaltado! La emulsión detergente-asfalto facilita la aplicación y se rompe al depositarse sobre los silicatos del terreno pues éstos absorben al detergente. Muy por otro lado, los cirujanos los emplean para lavarse las manos (no como Pilatos) por sus propiedades germicidas.

Los no-iónicos dan lugar, como sospechará el lector; a partículas coloidales neutras. Se emplean donde el usuario espera una abundante espuma (por lo que ya mencionamos: se asocia el poder limpiador a la cantidad de espuma), por ejemplo champúes, detergentes para ropa fina, etcétera.

Los anfotéricos¹² actúan como aniónicos o catiónicos dependiendo del *pH* de la solución. Se emplean mucho en cosméticos, champúes y en la industria electroquímica para limpiar superficies por recubrir.

A grandes rasgos los componentes de un detergente comercial son los siguientes:

- 1) Agentes surfactantes (los mencionados anteriormente, alquil sulfonato, sulfonato de alquibenceno) que sacan la suciedad.
- 2) Agentes ablandadores del agua (polifosfatos de sodio o potasio, silicatos de sodio) y alcalinizantes. Las sales de *Ca* y *Mg* aumentan el redeposición de la mugre.
- 3) Agentes tensoactivos, facilitan la penetración del detergente en la suciedad.

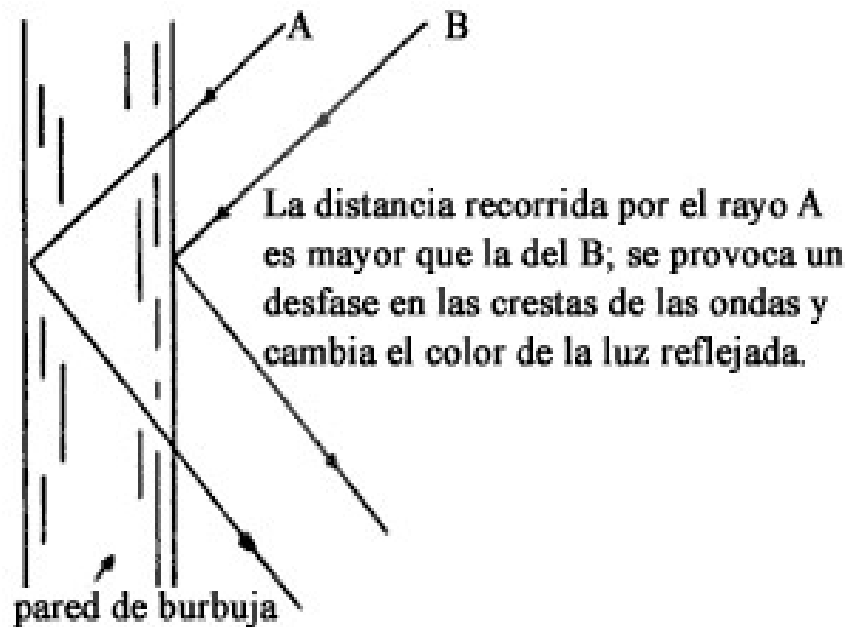


Figura V. 4. Fenómeno de interferencia.

- 4) Aditivos coloidales, evitan que la mugre separada se vuelva a depositar (carboximetilcelulosa).
- 5) Agentes auxiliares, evitan que el detergente se apelmace (sulfato de sodio).
- 6) Sustancias odorizantes, colorantes y germicidas.
- 7) Sustancias fluorescentes. Éstas hacen a los objetos lavados más brillantes (no más limpios) pues devuelven la luz ultravioleta (invisible al ojo humano) como luz azul visible. Los compuestos empleados como abrillantadores son un secreto comercial. Tienen

propiedades opuestas a la mugre: deben permanecer en la tela gracias al detergente incluso después del enjuagado.

Al inicio de este párrafo mencionamos que la temperatura es un factor que interviene en el poder detergente de los detergentes. No es difícil entender que para lavar platos se use agua caliente.

Pompas... de jabón

Las burbujas de jabón, como las plumas de ciertas aves, la superficie de los discos compactos, el interior de las conchas de abulón, el aceite derramado sobre agua en las gasolineras, etc., producen muy bonitos efectos de colores. Esta iridiscencia resulta de que, en una película delgada como una burbuja de jabón, la luz que se refleja en una superficie puede interferir con la reflejada en la otra, figura V.4.

Si una burbuja de jabón se ilumina con luz blanca y el espesor es tal que se anula la luz azul, la burbuja se ve con el color complementario¹³ correspondiente: amarillo. En la parte más gruesa de la burbuja, la parte inferior; se cancela el verde y la burbuja se ve púrpura. Si la burbuja es de gran tamaño se producen corrientes de líquido y el espesor cambia, de aquí que también cambian sus colores, figura V.5.



Al cambiar el espesor de burbuja cambia el desfase de las ondas y se presenta una sucesión de colores.

Figura V. 5. Burbuja de jabón

El nacarado que se ve en algunos caracoles es, en principio, el mismo fenómeno. Los colores iridiscentes resultan de la interferencia de la luz por diferentes capas transparentes. También en los platos que no están bien enjuagados puede verse cierto nácar debido a la delgada película de detergente que se ha formado.

El resultado de la suma de colores en la luz es muy diferente a la suma de colores en los pigmentos. Éstos contienen partículas muy finamente divididas que reflejan luz en un gran intervalo de frecuencias. Así al mezclar pintura azul con amarilla se obtiene pintura verde (cuando se trata de luz se obtiene ¡blanco!). La pintura azul refleja además de la obvia azul, la de los colores vecinos: verde

y violeta. La amarilla refleja, además de la amarilla, la naranja y la verde. Cuando se mezclan pinturas azul y amarilla se absorben: amarillo y naranja (por la azul) y azul y violeta (por la amarilla), sólo se refleja la luz verde.

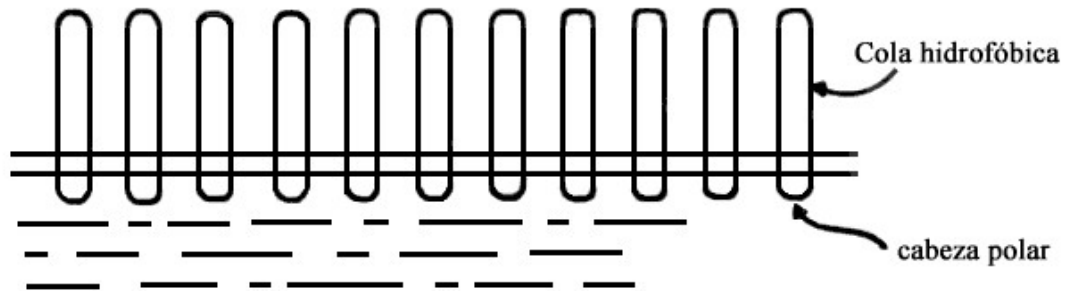


Figura V. 6. Alineamiento de las moléculas de jabón.

Como ya mencionamos, las moléculas de jabón y las de detergente están formadas por una larga cadena no polar unida a un extremo altamente polar. Cuando estas moléculas se encuentran en agua, una sustancia polar, emigran a la superficie y se orientan de forma que su parte no polar apunta al exterior; figura V.6. De esta manera la superficie del agua queda cubierta con una capa no polar, lo cual disminuye su tensión superficial y aumenta sus propiedades elásticas. En el caso de las burbujas de jabón el agua fluye hacia la parte inferior; lo que modifica el espesor de la película produciéndose, como indicamos arriba, diferentes colores por interferencia. Cuando la película se ha adelgazado mucho no soporta la presión interna del gas y la burbuja revienta.

Es interesante anotar que uno de los primeros procedimientos (desarrollado por lord Kelvin) para estimar el tamaño de las moléculas empleaba burbujas de jabón. Consideró que las burbujas, justo antes de reventar; estaban formadas por una capa monomolecular de donde concluyó que su diámetro era del orden de 0,5 angstroms, es decir, 0,000000005 mm.

Volviendo a la mugre, podemos afirmar que los mecanismos de retención de suciedad mencionados anteriormente operan en casi todos los materiales. En las alfombras, sin embargo, hay un agravante adicional: para facilitar la fabricación del respaldo de las alfombras se emplean fibras lubricadas, lo que aumenta la retención de polvo por el tejido.

Una alfombra, a diferencia de los niños, retiene cierta cantidad máxima de mugre; cuando está saturada, la suciedad posterior tiene poca adherencia. De aquí que uno de los métodos de acabado de alfombras que más éxito ha tenido es el de aplicar "suciedad" blanca

finamente pulverizada; ésta es invisible y evita la acumulación de nueva suciedad. Para esto se emplean acabados pulverulentos de sílice y arcilla coloidales y algunos acabados resinosos (aminoplásticos).

LA LIMPIEZA

El lavado de platos

Generalmente el lavado de platos se hace a mano. Los detergentes para este uso son diferentes de los usados para telas (no hay riesgo de daño de tejidos o decoloración) por lo que contienen gran cantidad de algún detergente orgánico y un ablandador del agua, generalmente trifosfato de sodio. No llevan silicatos ni ortofosfatos por diferentes razones: más costosos, requieren más ablandadores, para ser eficaces, son demasiado alcalinos, etcétera.

Aunque es común pensar que a más espuma más limpieza, en lo que se refiere a las máquinas lavaplatos (y las lavadoras de ropa), deben usarse jabones bajos de espuma; ésta impide el buen funcionamiento de las bombas y la aspersion del detergente por el rehilete también se ve perjudicada.

Puesto que los detergentes mencionados deben facilitar el escurrimiento del agua para el enjuague suelen emplearse surfactantes¹⁴ (polioxietilenos no iónicos, polímeros no iónicos de la serie plurónica¹⁵, etc.). Los surfactantes también influyen en la calidad del lavado pues permiten escurrir fácilmente el agua para el secado por calor que en la máquina lavaplatos es de unos 60°C. Para quitar la dureza del agua se emplean carbonato sódico anhidro y sesquicarbonato de sodio (que también tiene propiedades detergentes). Para quitar la suciedad se usan ortofosfato y metasilicato de sodio.

Todavía se encuentran en etapa experimental las máquinas lavadoras sónicas y ultrasónicas (sólo se emplean en algunos laboratorios y en las ópticas). Estas vibraciones son un medio muy eficaz para introducir energía mecánica en un sistema ropa-mugre con lo que se logran resultados espectaculares por la velocidad y perfección del lavado.

El lavado de vasos es más difícil que el de platos no sólo por su fragilidad sino porque, de estar mal enjuagados, la película residual es fácilmente visible. En los platos mal enjuagados, inclinándolos convenientemente, puede verse una superficie irisada debida a la difracción de la luz, véase el capítulo IV.

Los limpiadores de vidrio emplean un secuestrante¹⁶ (gluconato de sodio, por ejemplo) que evita la formación de costras o películas debidas a la dureza del agua. Una solución diluida de amoníaco

también funciona; aunque el olor no es agradable tiene la ventaja de desaparecer al poco tiempo dejando los objetos de vidrio muy brillantes.

Y, a propósito de olores, un remedio casero para eliminar efluvios desagradables es pasar un carbón encendido. De hecho, un trozo de carbón apagado es igualmente efectivo. Este fenómeno, conocido como "adsorción" tiene que ver con la fuerzas de Van der Waals mencionadas en el capítulo IV al tratar de la triboluminiscencia. La adsorción es rápida si los poros son lo suficientemente pequeños como para aumentar la superficie activa¹⁷ y lo suficientemente grandes como para permitir la difusión del gas dentro del carbón. La diferencia sutil para los químicos entre la *adsorción* y la *absorción* es la siguiente: la adsorción se refiere a captación de gas por un sólido; el término absorción se refiere a la captación de un gas por un líquido; una disolución como la del CO_2 en la "Coca-Cola".

La adsorción se caracteriza, además, por su reversibilidad: el bicarbonato de sodio empleado en el refrigerador puede reactivarse: basta ponerlo en el horno para eliminar los gases responsables de los malos olores.

EL "TEFLÓN",

UN GRAN ALIVIO

El "Teflón" es una resina plástica de tetrafluoretileno obtenida por la polimerización del gas tetrafluoretileno $CF_2 CF_2$. Se compone de largas moléculas de cadena recta que forman agregados densos. Los artículos hechos con esta resina son blancos y tenaces; al tacto se sienten resbalosos, soportan altas temperaturas y se pueden maquinar fácilmente.

La naturaleza del enlace $C-F$ da a esta sustancia gran resistencia a los agentes químicos, al fuego y a los agentes atmosféricos.

Los compuestos de carbono completamente fluorados se comenzaron a preparar en 1935. En 1943 una planta piloto en Estados Unidos produjo esta resina para usos militares (nada menos que para la purificación del uranio empleado en la primera bomba atómica).

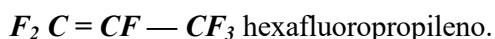
El politetrafluoretileno ("Teflón") resiste los efectos del aceite y el agua. A diferencia de la mayoría de los materiales que si repelen al agua aceptan al aceite (y viceversa), al "Teflón" todos los líquidos se le resbalan.

Como elemento el flúor¹⁸ es un gas amarillo verdoso, picante y venenoso. En contraste con el carbono que acepta pasivamente asociarse con otros átomos, el flúor es extremadamente reactivo por lo que nunca se le halla solo en la naturaleza sino siempre

combinado en moléculas inorgánicas. La extraordinaria actividad química del flúor se debe a la fuerza con que atrae a los electrones (propios y ajenos) y al pequeño tamaño de sus átomos. Reacciona tan vigorosamente con el silicio que llega a corroer el vidrio. Se combina con mucha facilidad con el hidrógeno y al simple contacto con la lana y la madera las quema. El fluoruro de hidrógeno es tan reactivo que muchos experimentadores al trabajar con él perdieron parte de sus manos y sufrieron graves lesiones. El anuncio de la obtención de flúor puro fue hecho en 1886 por Henri Moissan con un parche en un ojo: lo había perdido por el flúor.

Pero, precisamente por ser tan reactivo, los compuestos que lo contienen son en extremo inertes. Ya unido el átomo de flúor a otro átomo se fija con fuerza negándose a combinarse con otras sustancias. Debido a este carácter inerte se emplean compuestos fluorados como propelentes en aerosoles y refrigerantes, véase en el capítulo II, "El refri"

Los átomos de flúor y carbono del "Teflón" están unidos tan estrechamente que resulta muy difícil romper sus uniones y formar nuevas con otras sustancias. El "Teflón" no arde, no hay líquido que lo disuelva, no se corroe, no lo atacan los ácidos (sólo le quitan la mugre), se funde a 330°C y no llega a ser líquido sino un gel traslúcido. Estas características, que lo vuelven un material muy valioso, lo hacen muy difícil de manejar: no se adhiere, no se moldea, no se disuelve... El "Teflón" es un material extraordinario pero es totalmente inútil a menos de que se modifique el polímero y se empleen nuevos métodos para trabajarlo. Puesto que muchas de sus propiedades están relacionadas con su estructura molecular y la regularidad de sus cadenas, pensaron los químicos que si se hacía menos regular el polímero se volvería menos inerte pero más manejable. A tal fin consideraron otro derivado del flúor que polimerizara con el tetrafluoroetileno y eligieron al hexafluoropropileno:



El nuevo polímero resultó más amigable: se logró que el nuevo material se pudiera adherir a otras sustancias.

Ahora bien, entre los métodos para manejar el "Teflón" se encontró uno consistente en una dispersión de "Teflón" en agua; esto permite rociar los gránulos del plástico sobre toda clase de superficies. Los pequeñísimos granos, al aumentar la temperatura, se funden parcialmente (sinterizado) y se adhieren entre sí y a la superficie. De esta manera se recubren sartenes y planchas de vapor; y así se evita que se les pegue el cochambre¹⁹, el almidón y las telas.

Los químicos también han creado una molécula híbrida que tiene un extremo de fluorocarbono y otro de ácido. Este extremo reacciona

con las moléculas de celulosa del papel o algodón adhiriéndose a ellas, pero el extremo de fluorocarbono es repelente al agua y aceite. Ya sospechará el lector que estamos hablando del "Scotchgard" y "Zepel", los revestimientos protectores para muebles, impermeables, etcétera.

LOS DENTÍFRICOS

Los antiguos mexicanos empleaban tortilla quemada para la limpieza de los dientes, así como el chicle²⁰ y el chapopote²¹. Nuestras abuelas (los que tuvimos la dicha de conocerlas) a tal fin, empleaban el infaltable "bicarbonato".

Los dentífricos modernos son variantes de las numerosas sustancias abrasivas y limpiadoras utilizadas tradicionalmente.

Los recetarios caseros del siglo XIX recomendaban cenizas de nogal, tiza, piedra pómez, jibia, cáscaras de huevo, óxido de estaño, jabón y, finalmente, artículos patentados allá por 1860, como "jabón para los dientes". La pasta para los dientes apareció poco tiempo después.

Actualmente se emplean preparados comerciales con los siguientes componentes:

- 1) Abrasivos como carbonato de calcio, sílice, hidróxido de magnesio, etc., etcétera.
- 2) Detergentes y agentes espumantes, arilsulfonatos alquílicos, sulfonolaurato y compuestos de amonio.
- 3) Esencias y edulcorantes, como esencias de menta piperita, menta verde, mentol, etcétera.
- 4) Lubricantes, espesadores, emulsificantes y plastificantes como: aceite mineral, manteca de cacao, glicerina, almidón, tragacanto, gelatina, etcétera.
- 5) Colorantes. Éstos deben ser aprobados por la dependencia de salud respectiva. Véase "Los aditivos", en el capítulo I.
- 6) Sustancias especiales, como medicamentos: bórax, mentol, peróxido de calcio; y conservadores como ácido benzoico, ácido salicílico, éster metílico del ácido *p*-hidroxibenzoico.

A pesar de las alabanzas que los fabricantes de dentífricos hacen de sus productos es muy dudoso esperar de éstos otra cosa que la limpieza de los dientes en la superficie expuesta. Es poco probable que la zona interdental reciba los beneficios de un dentífrico pues hay una relación demostrada entre limpieza y abrasión. Ciertamente la superficie entre los dientes puede limpiarse con seda dental.

Los detergentes de los dentífricos facilitan la limpieza de la boca pero el elemento indispensable es el cepillo de dientes: la acción mecánica es fundamental para eliminar los restos de alimentos que dan lugar a la putrefacción bucal; la pasta de dientes no impide esta putrefacción pues no sólo se debe a los restos de alimentos sino también a la acción de microorganismos sobre las mucosas.

La fabricación de pastas de dientes es difícil porque el producto se altera fácilmente en presencia de algunos metales (*p.ej.* trazas de cobre). Además, para satisfacer al consumidor; debe evitarse el endurecimiento de la pasta, su licuación y la separación de sus componentes en el tubo. Para impedir esto último se emplea gel de sílice, hidróxido de magnesio, goma de tragacanto, etc. Las pastas de dientes, curiosamente, están expuestas a explosión en el tubo por desprendimiento de CO_2 debido a la fermentación de sus ingredientes, por eso se emplean conservadores como benzoato de sodio o ésteres propílico o metílico de ácido *p*-hidroxibenzoico. La tendencia actual es reemplazar los edulcorantes como azúcar o miel y las gomas y mucílagos que fermentan.

Con el tiempo las pastas de dientes pueden tomar un sabor desagradable debido a cambios químicos en las esencias empleadas o enranciamiento del jabón.

DESTAPACAÑOS Y LAVAHORNOS

En el capítulo II señalamos que una de las propiedades comunes a las bases (tal como dice R. Boyle en *El químico escéptico*, 1661) es el ser aceitosas al tacto. Esta característica se debe a la capacidad que tienen las bases para disolver los tejidos orgánicos. En otras palabras, no es que sean "untuosas" o "resbalosas" al tacto sino que, por disolver la piel, los dedos resbalan fácilmente como si hubiera aceite.

No es raro, entonces, que se usen bases fuertes como *KOH* (potasa) y *NaOH* (sosa) para disolver los tejidos y restos orgánicos que han tapado alguna cañería. Lo cual las hace muy útiles para quitar pringue y cochambre.

El radical **OH** tiene una consecuencia poco agradable cuando está presente en el cocido de verduras. Ya señalamos, capítulo III, que la clorofila se descompone en medio ácido (razón por la que suele ponerse un poco de bicarbonato o tequesquite) dejando ver un desagradable color pardo. Sin embargo, un exceso de OH^- (originado por el bicarbonato) reblandece los tejidos vegetales haciéndolos muy poco apetitosos. Por esta propiedad se emplea para preparar el nixtamal y frutas cristalizadas, como brevas. El **OH** produce el ablandamiento del tejido exterior de la semilla (hollejo).

Puesto que el bicarbonato de sodio (mal llamado "carbonato" por muchas amas de casa) es un sólido iónico, resulta comprensible que

sus aristas sean resistentes. Lo que le da propiedades abrasivas... útiles cuando se trata de limpiar cobre o algún otro metal (*ej.*, para quitar cochambre de los implementos culinarios). El bicarbonato de sodio, aunque no tiene en su fórmula ($NaHCO_3$) el célebre OH^- que disuelve las grasas, reacciona con el agua produciéndolo. En efecto, el bicarbonato da lugar, en solución acuosa, a una serie de reacciones que, a fin de cuentas, producen OH^-

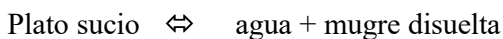


y el HCO_3^- reacciona con el agua



En esta última reacción se emplea el símbolo \rightleftharpoons para indicar que las cuatro sustancias se hallan presentes, esto es, la reacción es reversible químicamente y, con el tiempo, alcanzan el equilibrio²².

Un ejemplo de equilibrio químico es la cubeta en que "lavan" los platos en los puestos de tacos. La reacción es:



Llega un momento en que la cubeta tiene tal concentración de mugre disuelta que los platos no salen limpios. Los recién casados conocen bien este equilibrio por lo que prefieren enjuagar los platos con agua corriente.

Un componente usual en los polvos para lavar hornos o sartenes (en general para quitar cochambre) es el abrasivo²³. Como el cristal de $NaCl$ es de mayor tamaño que el de $NaHCO_3$ es más recomendable este último por su poder abrasivo.

El mismo principio tienen muchos polvos limpiadores, si bien sus componentes pueden ser muy distintos: feldspatos²⁴, pirofosfatos²⁵, carbonatos²⁶, piedra pómez²⁷, etc. Los polvos limpiadores (casi siempre empleados en sartenes, parrillas y hornos) están formados por un 90% de polvo abrasivo y requieren de mucha mayor acción mecánica que los detergentes (para ropa, telas, etc.), sin embargo también contienen disolventes de grasas (alquilbencenosulfonato de cadena larga, por ejemplo) y, frecuentemente, éstos hacen la diferencia entre un buen y mal polvo limpiador.

LA INFALTABLE "CRUDA"

Uno de los males que más atormentan a la humanidad es la llamada "cruda".

Acompañada de la acidez estomacal es el martirio semanal que todo oficinista soporta como pago de un borrascoso fin de semana o de

una comida de trabajo que se prolongó más de lo debido y de lo bebido.

Las bebidas alcohólicas no contienen sólo alcohol etílico sino muchos compuestos que intervienen en el tormento que estamos tratando. Alcoholes amílico, butílico, propílico, metílico, ácidos, aldehídos, ésteres, cetonas, fenoles y taninos y, eventualmente, vitaminas y proteínas, constituyen sólo algunas de las sustancias presentes en las bebidas espirituosas; así sea de los materiales originales, así sea de las reacciones de fermentación y almacenamiento (amén de las que el fabricante haya incorporado para asegurar la venta).

Paradójicamente, las bebidas alcohólicas contienen algunas sustancias que interfieren en la absorción de alcohol etílico.

Cuando se ingiere un bebestible espirituoso se diluye en los jugos estomacales (la saliva ya ha comenzado la dilución) y se distribuye muy rápidamente por el organismo. El alcohol no necesita ser digerido; llega tal cual al torrente sanguíneo desde el estómago y, sobre todo, desde el intestino delgado. La velocidad con que ocurre depende de la cantidad bebida y del estado del estómago. Si el estómago está vacío y la cantidad de alcohol es grande, se cierra el píloro y casi no pasa alcohol al intestino delgado, en consecuencia los efectos son lentos. Lo mismo ocurre si ya hay alimentos grasos en el estómago²⁸.

Por el contrario, el alcohol se absorbe rápidamente si está acompañado de bebidas gaseosas ("Tehuacán", "Coca-Cola", etc.), por lo que cubas, jaiboles, campechanas, mojitos, gin&tonic, vodkatonic, etc. etc., se "suben" rápidamente.

El alcohol se difunde en proporción al contenido de agua de los tejidos del organismo. La sangre tiene 83% y el cerebro 74.5 (útese o no). Ya asimilado el alcohol el organismo comienza a expelerlo; una pequeña proporción mediante los pulmones y las glándulas sudoríparas, una mayor por los riñones. Pero el 90% es metabolizado por el hígado donde es convertido en acetaldehído, otra sustancia tóxica, por lo que se convierte inmediatamente (con otra enzima) en acetato de etilo, el cual llega a la sangre donde se transforma en CO_2 y H_2O . Por cada gramo de alcohol el organismo obtiene 0,007 Calorías y, en este sentido, puede decirse que es un alimento.

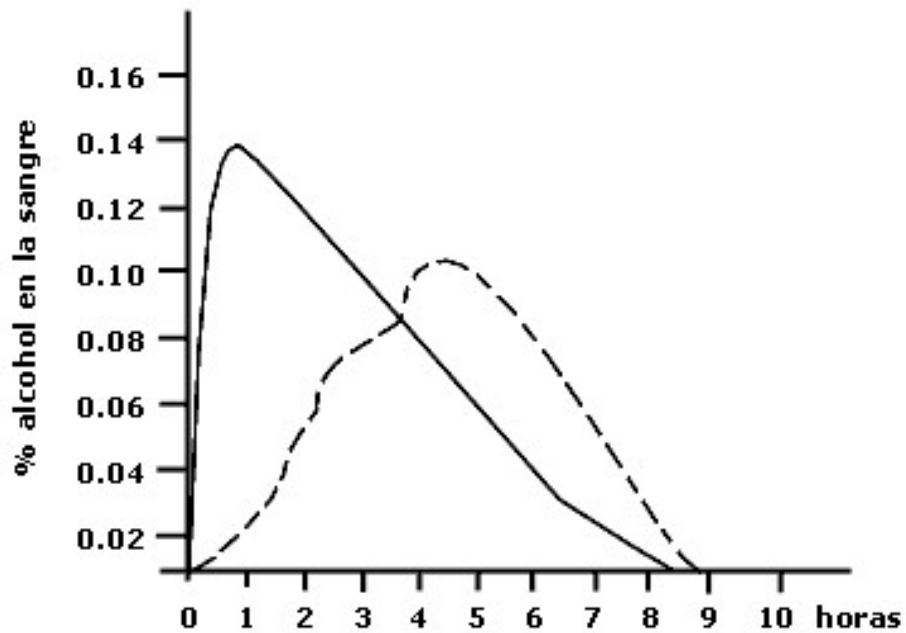


Figura V. 7: Porcentaje de alcohol en la sangre a intervalos de una hora. La curva continua corresponde a una sola dosis de 288 cm³. La curva intermitente corresponde a 4 dosis de 57 cm³ a intervalos de 1 hora.

No hay duda de que el hombre puede beber alcohol a una velocidad mayor de la que puede metabolizarlo; la figura V.7 muestra el porcentaje de alcohol en la sangre resultado de una y varias dosis.

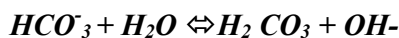
Tampoco hay pruebas de que beber pequeñas cantidades de alcohol regularmente tenga efectos dañinos. Si bien una intoxicación alcohólica, por leve que sea, trae aparejada una gran cantidad de perturbaciones bioquímicas: las glándulas adrenalinas secretan hormonas, las reservas de azúcar del hígado se movilizan, se altera el balance electrolítico, se altera el metabolismo del hígado, etc. Estos cambios no tienen consecuencias posteriores y el organismo rápidamente regresa a la normalidad. Sin embargo, una intoxicación alcohólica severa puede producir desde dolor de cabeza, gastritis, sed (debido a la pérdida de agua dentro de las células) hasta malestar físico y mental; si la intoxicación alcohólica es frecuente se produce deterioro físico y mental gradual. Lo anterior resulta, con todo, un precio bajo para algunos bebedores debido al bienestar y euforia efímeros que les produce el alcohol. Bienestar y euforia que, en rigor; son muy discutibles. En efecto, con un par de "tragos" uno puede tener mayor agilidad mental y humor; con cuatro, regresa al nivel normal y, con seis o más, se deterioran la memoria, el juicio, etc.; sin embargo, lo que mejor recuerda el bebedor es aquello para

lo que tuvo buena memoria: la primera etapa de la pítima, cogorza, borrachera, beodez o papalina.

Es cierto que una pequeña cantidad de bebida alcohólica puede servir para disminuir la ansiedad y la tensión, puede incluso producir buen humor y "achispar". Pero también es probable que tales estados se deban a que, socialmente, hay mayor tolerancia y permisividad en las reuniones donde se bebe. En este sentido el alcohol no sólo es una droga psicoactiva sino también socioactiva.

Afortunadamente la química interviene para disminuir algunas dolencias de los mortales debidas a un ligero exceso en la bebida.

Los ácidos resultantes de la descomposición de los alcoholes pueden ser neutralizados de la siguiente manera: el Alka-Seltzer contiene bicarbonato de sodio y un ácido débil (como el ácido tartárico). Al poner las tabletas salvadoras en un vaso con agua se produce ácido carbónico (H_2CO_3), otro ácido débil. Sin embargo, parte del $NaHCO_3$ que produce el ácido carbónico reacciona también con los ácidos del estómago del sufrido paciente y los neutraliza. En realidad la hidrólisis del ion HCO_3^- es la clave del alivio. El ion HCO_3^- reacciona según



produciendo el mismo ácido carbónico que contiene el "Tehuacán". Pero, ¡ojo! también se produce OH^- que sirve para neutralizar al fatídico H^+ de los ácidos.



El H_2CO_3 , a su vez, se descompone:



con lo que un reconfortante regüeldo termina con algunos de los malestares por excesos en el beber.

Básicamente estas reacciones son las mismas que se tienen cuando se emplean jugo de limón y bicarbonato, o sal de uvas. Para terminar el "Alka-Seltzer", como la "Sal de uvas"²⁹ Picot", tiene un poco de ácido acetilsalicílico para combatir el dolor de cabeza.

V I . C O N C L U S I O N E S

RESULTA poco decir que la cocina conforma una realidad cotidiana como la química, pues lo mismo podría afirmarse de la especulación, la mediocridad y, para muchos, el aburrimiento.

Hay mucho más que decir de ambas: son actividades que emplean intuición, imaginación y creatividad; se apoyan en el trabajo y los hallazgos de los que nos precedieron (sean las recetas de la abuela o la teoría de Arrhenius) con el objetivo compartido de hacer más agradable la existencia.

La transformación de las sustancias, sea de petróleo a "Teflón", sea de trigo a *lasagna*, no es labor de una persona. Para ello se suman las intuiciones geniales de inventores anónimos y el trabajo oculto de personas desconocidas que, a final de cuentas, llevan placer al lector-comensal. La persona depende del trabajo y logros de sus semejantes tanto en sus valores y su ideología como en los cotidianos placeres de la comida y la bebida.

Ciertamente, lo ordinario y lo trivial tienen la importancia que les da su ubicuidad y omnipresencia; pero en el caso de la cocina (y de la química) se encuentra también el relieve incuestionable de una vida más grata.

¡Salud... y buen provecho!

N O T A S

CAPÍTULO I

- 1 Los músculos del cuerpo humano están formados por casi 75% de agua. El mismo porcentaje hay en el cerebro; independientemente de la profesión de su poseedor.
- 2 En el siglo pasado se les dio este nombre por pensar que contenían hidrógeno y oxígeno en forma de agua, de aquí el nombre de "hidratos de carbono" o "carbohidratos".
- 3 Del griego *gleúkōs* mosto, vino dulce.
- 4 Por razones obvias, está formada a partir de dos moléculas de azúcares o *sacáridos*.
- 5 Del griego *ámylon* "la harina más fina", "no-molida en un molino"; llevar la harina al molino es arriesgar a que la cambie el molinero.
- 6 Del griego *dextr*— "a la derecha". Son polisacáridos capaces de girar la luz polarizada en sentido de las manecillas del reloj.
- 7 Las celulosas constituyen en gran medida las paredes de las células vegetales.
- 8 Del griego *pektos* "fijo", "coagulado". Presentes en las frutas y plantas suculentas, dan consistencia a las jaleas.
- 9 Del latín *dis gerere* "llevar aparte", "separar", "distribuir".
- 10 En el siglo XVIII los científicos encontraron que algunas sustancias como la sangre y la clara de huevo se solidificaban al calentarlas; tal comportamiento anómalo aumentaba al bajar la temperatura pues no volvían a su estado líquido original. Pensaron que en estos materiales se hallaba la sustancia básica de la vida y la llamaron "proteína" *e.d.* "de primera importancia".
- 11 Originalmente era llamada "hematoglobulina". Del griego *haimato* "sangre", y del latín *globulus* "pequeño globo". Véase "glúteos", nota 69 del capítulo I. La masa molecular de la hemoglobina es cercana a 66 000 y hay más de 100 variedades en el hombre.
- 12 Del árabe *al kohol* polvo para oscurecer los párpados. No parece haber relación entre el alcohol árabe y el nuestro, consuelo de todos los males. Sin embargo, los árabes calentaban el polvo negro (sulfuro de antimonio) para purificarlo por sublimación (con posterior enfriamiento). El espíritu del vino (alcohol) se obtenía por calentamiento (con posterior enfriamiento).
- 13 Del griego *colla genus* "pegamento" y "producir". ¡El colágeno produce cola!
- 14 NO ESTA
- 15 Al parecer del inglés *shellfish* "marisco", "crustáceo".
- 16 Del árabe *çichbech* "comida ácida".
- 17 El nombre antiguo de mercaptano proviene del latín *mercurium captans* "que captura mercurio". Estas sustancias, hoy día llamadas "tioles", forman sales cristalinas de mercurio muy características. Los químicos prefieren denominar las sustancias por su constitución y no por sus propiedades. "Tiol" indica, por convención, "formado por azufre que sustituye a oxígeno y por un *-OH*". Se añaden mercaptanos al gas doméstico para saber si hay fugas. El olfato normal distingue una partícula de mercaptano entre 460 millones de partículas de aire.

- 18 Del griego *skat* "excremento". A no ser que esté muy diluido, como en el jazmín o la gardenia, el olor es sumamente desagradable. Se encuentra en las heces.
- 19 Omitimos el significado del nombre por razones obvias.
- 20 Del griego *glykys* "dulce". El principal componente de muchas costosas cremas llamadas "de belleza".
- 21 Del griego *stear* "grasa".
- 22 Recientemente comenzó a anunciarse un aceite comercial como "altamente polinsaturado". El publicista quiere decir con esto que el aceite se digiere fácilmente.
- 23 Del latín *citrus* "cidro, limonero".
- 24 Del latín *malum* "manzana".
- 25 Del latín *Tartarus* "región infernal, "abismo". Se deposita en forma de pequeños cristales en los barriles de vino.
- 26 Del griego *pepsin* "digerir".
- 27 Del griego *syn+ergos* "juntos" + "energía, trabajo", "cooperación".
- 28 Carboximetil celulosa sódica.
- 29 Glicolato de celulosa y sodio.
- 30 "Dañino" es un concepto complejo: depende de cantidades, hábitos alimenticios y de salud, de predisposición, etc.
- 31 Se creía que en ellos se encontraba la "quintaesencia" de las plantas.
- 32 Son hidrocarburos isómeros con fórmula $C_{10}H_{16}$ como limoneno y pineno. El término proviene del griego *terpentin*, "trementina", "aguarrás".
- 33 Del latín *sesqui* "una y media veces". Obviamente los sesquiterpenos tienen la fórmula ($C_{15}H_{24}$).
- 34 Del griego *lyo, lyein* "disolver, perder", y del griego —*philic* "afín a".
- 35 Al nivel del mar a presión atmosférica es 760 torr.
- 36 Del francés *purée* purificado; pasar legumbres por un colador.
- 37 Del griego *ōsmós* "acción de empujar".
- 38 Del árabe *almíbar* "el jarabe".
- 39 Del latín *melit* "miel" "melon" y "manzana".
- 40 Del latín *siccina* "cosa seca".
- 41 Del griego *kreo, soler* "preservar la carne". Se emplea como expectorante y para conservar la madera.
- 42 También conocido como aldehído fórmico es base de fabricación de muchos plásticos laminados como la "Formica".
- 43 Del griego *phainein* "manifestar". Es un alcohol sólido cristalino fácilmente "manifestable" por cambiar de color al aire. Se emplea en la fabricación de la aspirina.
- 44 Del griego *pyr-* "fuego" y del latín *lignosus* "leñoso".
- 45 Se atribuye al dios griego *Hermes* el haber inventado una manera de evitar que pasara aire en los recipientes.
- 46 Del latín *in ars* "sin arte", "sin capacidad". Del mismo origen: inercia, artefacto, artesanía.
- 47 El término gárgola es de origen onomatopéyico y es el nombre que se dio a los vertederos de agua de lluvia de las catedrales góticas.
- 48 El sentido original de *latta* en latín vulgar era "vara", "tira de madera" luego, probablemente pasó a "tira de metal".
- 49 Autoclave: véase "Olla de presión" en el capítulo II.
- 50 Del griego *poly meros* "muchas partes", compuesto formado esencialmente por unidades estructurales que se repiten.

- 51 Del griego *zea* "trigo".
- 52 Del griego *anilin* "índigo", "azul oscuro".
- 53 El término, al parecer, se origina del antiguo irlandés *cuirm*, posiblemente del latín *cremor* caldo espeso; o con el sentido de "bebida color de ciervo" del latín *cervus*: ciervo.
- 54 Lúpulo: "pequeño lobo", quizás por la creencia de que la planta trepadora devastaba como un lobo.
- 55 Como habrá concluido el lector *hidrólisis* significa "ruptura por el agua".
- 56 La malta es el germinado de cebada; el término viene del inglés antiguo *mealt* (hoy día *melt*): ablandar, fundir, semilla ablandada. A su vez *mealt* viene del latín *molle*: suave. Y aquí hay una reveladora conexión entre la cerveza y la música: *bemol*: *b mollis* en la notación musical de la Edad Media se empleaba una "b" cuadrada para la nota Si natural, y una "b" redonda (suave) para la nota Si bemol.
- 57 Del latín *mustus*: joven, fresco. De *meug*—, mojado.
- 58 Antes del siglo XVII era común emplear diferentes hierbas además del lúpulo: hierbabuena, menta, tomillo, betónica, ajeno, etcétera.
- 59 Del latín *humulus* "lúpulo". Es el ácido α —lupulínico, $C_{21} H_{30} O_5$.
- 60 Es el ácido β —lupulínico, $C_{26} H_{38} O_4$.
- 61 Del francés *tannin* "curtiente".
- 62 La fermentación inferior emplea cepas de *Saccharomyce carlsbergensis* o *Sacharomyces cerevisiae*. La fermentación superior, igual que la fabricación de pan, emplea sólo esta última.
- 63 Del griego *exo thermos* "calor hacia afuera", dicese de las reacciones químicas que liberan calor.
- 64 Del alemán *lagern*: almacenar.
- 65 En las cervecerías los cultivos se renuevan cada 10 meses, aproximadamente, pues se contaminan con otros microorganismos.
- 66 Del griego *margarin* "perla". Los glóbulos de grasa se ven como pequeñas perlas con un microscopio.
- 67 Del griego *pepsis* "digestión". Es el principal ingrediente activo del jugo gástrico. Industrialmente se emplea para digerir la gelatina de las películas fotográficas y recuperar la plata.
- 68 Del latín *caesus*, "queso", es una de las fofoproteínas que constituyen la leche.
- 69 Del latín *gluten* "pegamento", "engrudo". El término se origina del indoeuropeo *glue*— "masa", "bola". De la misma familia: aglomerar; aglutinar, club, glúteo; y, quizás, globo.
- 70 Del latín *semola* "cáscara del grano", "salvado", trigo a medio moler. La semolina se obtiene del trigo *durum* ámbar.
- 71 Del griego *endo sperme* "dentro de la semilla", es el tejido que rodea al embrión de una semilla.
- 72 Del italiano *salciccia* "carne salada"; recordemos que salar es una forma de conservar.
- 73 Es secreto de cada fabricante cuáles emplea, pero entre ellas se hallan: pimienta, clavo, nuez moscada, cilantro, salvia, canela, albahaca, etcétera.
- 74 Suelen emplearse nitrato de sodio o potasio y nitrito de sodio.
- 75 Al parecer del portugués *souriço* "embutido".

CAPÍTULO II

- 1 Del latín *lixivius* "lejía", licor". Antes se aplicaba el término al agua que ha pasado a través de una capa de cenizas y ha disuelto sus sales (principalmente carbonato sódico), véase "Ácidos y bases", capítulo II.
- 2 De *cerilla* vela de cera, pequeña vela.
- 3 Del griego *phosphorus* "portador de luz". El fósforo blanco brilla en la oscuridad. Del mismo origen "semáforo": portador de señal.
- 4 Se trata del elemento químico "fósforo". Mismo que por emplearse en los "fósforos" les dio tal nombre.
- 5 De *esclavón*, de "esclavo", quien carece de libertad.
- 6 Los científicos la llaman "entalpía de reacción" cuando el cambio químico se produce a presión constante.
- 7 Nombre comercial.
- 8 La temperatura crítica de un gas es la máxima a la cual se puede licuar. Véase mas adelante "Olla de presión".
- 9 El siglo XIX fue de grandes síntesis: los fenómenos ópticos y electromagnéticos quedaron integrados por el trabajo de Maxwell, algunos fenómenos químicos y físicos, por Arrhenius; los mecánicos y caloríficos por Helmholtz, etc. Esa tendencia se hallaba presente también dentro de cada ciencia, esto es, integrar los fenómenos en el menor número de leyes. Así se enunciaron las tres leyes de la termodinámica, pero en 1921 Planck descubrió que ¡faltaba una fundamental! A fin de no cambiar la nomenclatura de las tres leyes ya aceptadas se le denominó "ley cero".
- 10 El "calor latente de evaporación" mejor llamado "entalpía de evaporación" se refiere a la cantidad de energía calorífica necesaria para evaporar cierta cantidad de líquido a una temperatura determinada. El término "entalpía" proviene del griego *enthalpein* "entibiar".
- 11 Esta humedad ambiente se condensa en las botellas de cerveza debido a la baja temperatura imprescindible en las cerbatanas, razón por la cual "sudar". De aquí la simpática frase "quiero una güera bien sudada".
- 12 Conocida como "conductividad térmica".
- 13 Véase "La temperatura en la cocina" en este mismo capítulo.
- 14 Del indoeuropeo *bher-* "hervir" quemar. Del mismo origen: abrasar, Brasil, brea, fervor.
- 15 El perspicaz lector o lectora habrá concluido acertadamente que el término *anaerobio* es incorrecto. Fue acuñado antes de que se descubriera la composición del aire de nitrógeno y oxígeno.
- 16 Del griego *sapr phyte* "pudrirse, planta". Que se alimenta de materia orgánica en descomposición.
- 17 Del latín *vinum acris* vino ácido.
- 18 Del griego *ptomaine* "que cae", "cadáver"; son compuestos orgánicos como la cadaverina y la putrescina.
- 19 Del latín *acetum* "vinagre", "vino agrio".
- 20 Del árabe *al kali* "cenizas"
- 21 Abreviatura de "potencial de hidrógeno". Un *pH* de 7 corresponde a una solución neutra como el agua pura. Un *pH* mayor de 7 indica alcalinidad y uno menor de 7, obvio, acidez.

- 22 Liqueen del género *Crozophora*, se empleó para teñir de violeta la seda y la lana en el Oriente. Alrededor del año 1 300 d.C. llegó a Europa.
- 23 Entre ellos la "orchilla de mar" (género *Rochella*).
- 24 Etimológicamente oxígeno significa: *oxys* ácido, amargo, y *genna* producción, *e. d.* generador de ácidos.
- 25 El sufijo griego *oide* significa "semejante a", *p. ej.* *humanoide*, *intelectualoide*, *hidrogenoide*.
- 26 LA fórmula del bicarbonato de sodio es $NaHCO_3$, la del carbonato Na_2CO_3 . Ambos producen CO_2 con los ácidos pero, para la misma cantidad de *Na* el primero produce dos volúmenes respecto al segundo. Por eso se le llamó *bi-carbonato*.
- 27 Del náhuatl *tetl* "piedra" y *quizquitl* "brotante".
- 28 Del náhuatl *nextli* "ceniza", "cal" y *tamalli* "masa de maíz".
- 29 Abreviatura de "ácido nicotínico". El ácido nicotínico $C_5 H_4 NCO OH$ (el nombre se debe a Jean Nicot, 1600) es miembro del grupo de la vitamina B que previene la pelagra.
- 30 Lo muestra el término "simposio"; del griego *syn posion* "beber juntos".
- 31 Del griego *lasanon* "marmita, caldero".
- 32 Ésta no es, desde luego, la receta.
- 33 Del náhuatl *tlapechtli* "tablado", "andamio".
- 34 Del náhuatl *tlaxamanalli* "tablas hendidas", "astillas".
- 35 Del náhuatl *tamalli* "pan de maíz envuelto en hojas y cocido al vapor", *i.e.* "tamal".
- 36 Del náhuatl *tzapatli* "espina" y *ayotli* "calabaza".
- 37 Del náhuatl *elotl* "mazorca tierna de maíz".
- 38 Del inglés *to roast* "asar, cocinar a fuego".
- 39 Del latín *frigere* "asar, freír".

CAPÍTULO III

- 1 Del latín *solotum* "suelto, "separado".
- 2 "Coloide", a semejanza de los términos "humanoide" e "intelectualoide" emplea el sufijo —*oide* para indicar "semejanza". En este caso un coloide es una sustancia semejante a la "cola", no el refresco, sino el pegamento.
- 3 Aunque no viene al caso, *protocolo* significa "primera hoja encolada", "acta original o primer ejemplar de un documento". De ser un acta diplomática pasó a indicar las reglas de una ceremonia.
- 4 John Tyndall (1820-1893) explicó el color azul del cielo en términos de dispersión de la luz, la misma que permite ver el humo de los cigarrillos.
- 5 La gelatina es una sustancia transparente obtenida hirviendo tejido conjuntivo, huesos y dejando enfriar el caldo resultante. Del latín *gelare* enfriar, helar.
- 6 Del griego *syneresis* "contracción".
- 7 Del latín *caseus* "queso", es una de las fotoproteínas que constiuyen la leche.
- 8 Aderezo y aliño tienen el mismo origen etimológico: hacer derecho y alinear, respectivamente.
- 9 Del latín *ex mulguere* "ordeñar", originalmente "líquido de aspecto lechoso".
- 10 De *Mahón*, puerto de la isla de Menorca.
- 11 Del griego *lekith* "yema de huevo".

- 12 De *Sinapis nigra* del latín *sinapis*: mostaza, *nigra*: negra. $CH_2 = CHCH_2C(SC_6H_{11}O_3) = NOSO_3K$. Hay un medicamento llamado "sinapismo" hecho, obviamente, con mostaza en polvo, una tradicional cataplasma.
- 13 Del griego *myron* unguento. Enzima presente en las plantas de la familia de las *Cruciferae*, como mostaza, col, coliflor, nabo.
- 14 Principalmente formado por alilisotiocianato. Una grasa suave de color amarillo verdoso. Se puede obtener exprimiendo las semillas de mostaza. Se usa en linimentos, emplastes y cataplasmas medicinales.
- 15 Un aminoácido cristalino C6 H11 N03 S
- 16 Una enzima; el nombre latino del ajo es *allium* y el sufijo *-asa* se emplea para indicar "sustancia destructora" como en *diastasa*.
- 17 El nombre químico es "2—propentiosulfinato de alilo, $CH_2 = CH-CH_2S(O)-SCH_2-CH = CH_2$.
- 18 Estos compuestos, muy abundantes en la química orgánica, se conocen como "isómeros". Hay nada menos que 4 111 846 763 isómeros del $C_{30}H_{62}$.
- 19 Probablemente de *al kohol*.
- 20 La molécula de agua se caracteriza por una distribución asimétrica de la carga eléctrica de los átomos que la constituyen. Por ello se forman enlaces entre el agua y las partículas cargadas eléctricamente.
- 21 La clara de huevo, como muchas otras sustancias con grupos hidrofóbicos e hidrofílicos forma espuma cuando se agita. Las proteínas solubles (en este caso albúmina, peso molecular 46 000, emigran, durante la agitación, a la interfase aire-agua impidiendo la reconstitución de la solución pues la albúmina se desnaturaliza con la agitación. Por eso se emplea en merengues, betún, etcétera.
- 22 Un volumen de agua llega a disolver casi cuatro volúmenes de gas.
- 23 Del griego *lipo* "grasa" y latín *vitellus* "yema de huevo".
- 24 Del latín *carōta* "zanahoria", y del latín *oide* "semejante".
- 25 Entre los complejos más interesantes está la rodopsina, el pigmento rojo de la retina que interviene en la visión.
- 26 Por razones obvias, el compuesto a que nos referimos se llama crustiacianina.
- 27 Del griego *chloros* "verde" y *phylle* "hoja".
- 28 Del griego *porphyra* "púrpura".
- 29 Del griego *anthos* "flor" y *kyanos* "azul oscuro".
- 30 Del griego *anthos* "flor" y *xanthos* "amarillo".
- 31 Para los puristas "bellas artes" es pleonasma. Sin embargo *ars* significa en latín "destreza", "perfección". De aquí: artero, artefacto, arteria, inerte, inercia, artilugio, artimaña, etcétera.
- 32 Tiene la fórmula $C_6H_5NHCSNH_2$. A bajas concentraciones se emplea como ¡endulzante! .
- 33 Del griego *terpentine* "trementina". Isómeros olorosos del hidrocarburo $C_{10}H_{16}$.
- 34 Del latín *pigmentum* "colorante", "ingrediente".
- 35 Del griego *capsa* "caja", por la forma de caja de la semilla de la pimienta de Cayena, ciudad de la Guyana Francesa. Del mismo origen: "cápsula". La capsicina es una amida fenólica muy irritante.
- 36 Del inglés *to roast* "asar".
- 37 Del latín *ex-tufare* "echar tufo, vapor", "estufa"
- 38 De "saltar", "asaltar", sofreír un alimento.

- 39 De una voz caribe, "armazón", "parrilla". Vale aclarar que la barbacoa mexicana se prepara en un horno primitivo: un hoyo en la tierra con piedras calientes.
- 40 Obtenida del jugo de la papaya verde.
- 41 Obtenida del látex de las higueras.
- 42 Obtenida de jugo de piña. Olaf Bromelius, allá por 1700, clasificó diversas frutas tropicales.
- 43 Hay algunos aderezos, como el francés, que no son emulsiones. Pero no por obvio dejan de indicarlo los fabricantes: "Agítese antes de usarse".
- 44 Abreviatura de fenoloxidasa, es una enzima que promueve la oxidación de los fenoles.
- 45 Posiblemente del árabe qína, "gálbano", resina aromática semejante al incienso, también usada como medicamento.
- 46 Del italiano *spaghetti* "cordel".
- 47 Por algo se prepara el engrudo a partir de harina. Engrudo viene del latín *glutis* "engrudo". Véase el pie de página 69 del capítulo I: gluten, glúteo, club, aglutinar. 69 Del latín *gluten* "pegamento", "engrudo". El término se origina del indoeuropeo *glue*—"masa", "bola". De la misma familia: aglomerar; aglutinar, club, glúteo; y, quizás, globo.
- 48 Se emplea para la calibración de termómetros.
- 49 Mejor llamado "entalpía de fusión" indica la cantidad de energía calorífica necesaria para fundir 1g de una sustancia a una presión determinada.

CAPÍTULO IV

- 1 El vitalismo propone que la vida orgánica no puede explicarse en términos de fuerzas inorgánicas.
- 2 Un adulto requiere cerca de 3 000 Calorías por día.
- 3 Del griego *glyco* "azúcar" y *geno* "generar". Polisacárido de fórmula $(C_6H_{10}O_5)_x$.
- 4 Un ejemplo es la diabetes. La falta de insulina impide que la glucosa sea aprovechada y se presenta en la sangre en concentraciones demasiado altas.
- 5 Como con jugo de limón en el cebiche, véase nota 15, capítulo 1.
- 6 Del griego *mit* "hilo" y *chondrion* "gránulo". Organelos en forma de gránulos o barritas que intervienen en el metabolismo de la célula.
- 7 Del griego *lipos* "grasa, sebo".
- 8 Del griego *chol* "bilis, hiel" y *stereos* "sólido". Es constituyente fundamental de las células; tiene la fórmula $C_{27}H_{45}OH$.
- 9 Del griego *ergo* "trabajo" y calciferol "que produce o contiene calcio". También se le llama vitamina D₂.
- 10 Del latín *adeps* "grasa" y el sufijo *-oso* "abundante" (*p.e.* libidinoso, morboso, licencioso, lujurioso).
- 11 Algunos estudiosos atribuyen este nombre a Kaffa, provincia de Etiopía, donde supuestamente se originó.
- 12 De fórmula $C_{15}H_{17}O_7COOH$. Nótese que no contiene cloro, pero los compuestos de donde comenzó a obtenerse sí.
- 13 De "estar", que está mucho tiempo sin moverse.

- 14 A la fecha se han identificado 11 componentes que intervienen en el aroma del café. Entre ellos se encuentra nuestro viejo conocido ¡el ácido sulfhídrico! y... el mercaptán metílico, véase en el capítulo III "Donde se trata acerca de los olores...".
- 15 "Del árabe *alkali* "cenizas" y el latín *oide* "semejante". Los alcaloides son sustancias que se comportan como los álcalis. Véase "Ácidos y bases" en el capítulo III.
- 16 Debido a este efecto estimulante los árabes lo denominaban *qáhwa* "vino".
- 17 Aunque el término "atomizador" se ha generalizado es poco adecuado. El tamaño de un átomo es cerca de 10 000 veces menor al de las partículas "atomizadas".
- 18 De fórmula C_2HCl_3 , se emplea para "lavado en seco", desgrasado de tubería, extracción de compuestos orgánicos y anestésico.
- 19 Del griego *tribo* "frotar, fricción" y *luminizenz* "luminiscencia". Del mismo origen: tribulación, atribulado, atribular, etc.
- 20 Del griego *polos* "pivote, eje". La estrella polar actúa como pivote de la bóveda celeste y los polos de la tierra alinean los imanes. De aquí que "polarizar" significa "alinearse, orientar" y "polo" significa "punto de atracción".
- 21 Del latín *destillare* "gotear".
- 22 Del árabe *al- anbiq*: "el jarrón".
- 23 Piedra silíceas en la que queda un trazo del metal con que se frota. Desde la antigua Grecia se emplea para conocer la pureza del oro y la plata.
- 24 Según la filosofía aristotélica las otras cuatro esencias eran: fuego, tierra, aire y agua.
- 25 En otras partes se le llama brandy. Del holandés *brandewijn* "vino quemado".

CAPÍTULO V

- 1 Del germánico *saip-* "¿resina, ungüento, sebo?"
- 2 Acerca del término "álcali", véase el capítulo II "Ácidos y bases".
- 3 Del latín *saponis* "jabón" y *facere* "hacer".
- 4 Estos iones son los principales responsables de la *dureza* del agua.
- 5 Estos sedimentos se muestran en muchas formas: en los vasos queda un residuo blanquecino; el cabello lavado no brilla; la ropa recién planchada tiene manchas amarillentas. En los lugares donde hay *agua dura* se forma un anillo grisáceo alrededor de las llaves del agua.
- 6 Del latín de *tērgere* "separar, barrer, limpiar frotando".
- 7 *Hidros* "agua", *fobos* "horror", *filos* "amistad", lo que se dice es: "una parte de la molécula del jabón tiene afinidad por el agua, la otra parte no".
- 8 Del Latín *mica* "miga, migaja, fragmento", unidad formada por estructuras de moléculas.
- 9 Del latín *flocculus* "pequeño copo de lana".
- 10 Del griego *ana* "arriba, unido" y *ienai* "ir, caminar". Ion con carga negativa.
- 11 Del griego *kata* "abajo" y *ienai* "Ir, caminar". Ion cargado positivamente.
- 12 Del griego *amphō* "ambos" Del mismo origen: ambidiestro, ánfora, ambiguo, ambivalente.
- 13 Dos colores complementarios de luz son los que mezclados dan lugar al blanco. Rojo y turquesa son complementarios, puesto que el turquesa resulta de verde y azul. Rojo+verde+azul =luz blanca. Amarillo+azul, verde +púrpura también dan luz blanca.

- 14 Sustancias espumantes y humectantes Es un término tan amplio que comprende a bactericidas y sustancias que producen un acabado especial (como los champúes).
- 15 Nombre comercial.
- 16 Sustancia que reacciona con las sales que provocan la *dureza* del agua; *secuestrándolas* el detergente fácilmente hace espuma.
- 17 El *carbón activado* (que no es carbón puro) llega a tener 1500 m² /g.
- 18 Del griego *phlyein* "soplar", "fluir".
- 19 Del latín *coctus* "cocinado, grasiento". Por extensión "sucio", de aquí: cochino cochambre.
- 20 Del náhuatl *tzauctli* "pegamento".
- 21 Del náhuatl *tzaptl+poctli* "zapote que humea".
- 22 Cuando las concentraciones de las sustancias involucradas en una reacción química se mantienen constantes se habla de *equilibrio químico*
- 23 Del latín *ab-radere* "raspar".
- 24 Del griego *feld* "campo" y *spath* "laminilla de madera, espato" (mineral de estructura laminar). Del mismo origen. espátula (?).
- 25 Del griego *pyr* "fuego, calor" y *phosphoric* "relativo al ácido fosfórico". Es abreviatura de piroortofosfórico; se obtiene por calentamiento del ácido ortofosfórico.
- 26 El $H_2 CO_3$, como el carbón, produce anhídrido carbónico, de aquí que se le llamó "ácido carbónico", y a sus derivados "carbonatos".
- 27 Del indoeuropeo *spoimo* espuma
- 28 De aquí que la sabiduría popular aconseje "botanas" con alto contenido de grasa: papas fritas, doritos, nachos, cheetos, cacahuates, pepitas, etc., etc., etcétera.
- 29 Originalmente el ácido tartárico se obtiene del jugo de uva. En el corcho de las botellas de vino suelen formarse cristales de ácido tartárico

B I B L I O G R A F Í A

Albadalejo, C., A. Giner. *¿Por qué comemos?* Biblioteca de Recursos Didácticos, Alhambra. España, 1986.

Althouse, A., C. Turnquist, A. Bracciano. *Modern Refrigeration and Air Conditioning*, The Goodheart-Willcox Company, Inc. Publishers, EUA, 1975

Arrigo Coen. *Para saber lo que se dice*. Editorial Domés, S. A. México, 1986.

Badui, S. *Química de los alimentos*. Alhambra Universidad. México, 1989.

Barrow, G. *Physical Chemistry*. Mc Graw-Hill, Japan, 1973.

Bolck, Z. *Bioquímica de los alimentos*. Editorial El Manual Moderno. México, 1986.

Bolck, E. "Química del ajo y la cebolla". *Investigación y Ciencia*, núm. 104, mayo 1985.

Cabrera, L. *Diccionario de aztequismos*. Ed. Oasis, México, 1974.

Carrillo y Dariel, A. *Técnicas de la pintura colonial*, UNAM, México, 1983.

Cobb, V. *Science Experiments You Can Eat*. J. B. Lippincot Company, 1972.

Córdova, J. L. "Ácidos y bases. La química en la cocina". *Educación Química*, julio, 1989.

_____ "Teoría de disociación electrolítica. Un enfoque histórico". *Contactos*. Enero-marzo, 1987.

Corominas, J. *Breve diccionario etimológico de la lengua castellana*. Editorial Gredos, Madrid, 1987.

De Bono, E. *Eureka!* Holt, Rinehart and Winston. Nueva York, 1974.

Derry, T. K., I. W. Trevor. *Historia de la tecnología*. Siglo Veintiuno Editores, México 1981.

Desrosier, N. W. *Elementos de tecnología de los alimentos*. Compañía Editorial Continental, S. A. de C. V México, 1989.

- Dupin, H. *Los alimentos*. Fondo de Cultura Económica, México, 1985.
- García Rivas, H. *Cocina prehispánica mexicana*. Panorama Editorial, México, 1988.
- García Rivas, H. *Aportaciones de México al mundo*. Tomo 1. Editorial Diana, México, 1969.
- Gómez de Silva, G. *Breve diccionario etimológico de la lengua española*. Fondo de Cultura Económica. México, 1988.
- Grosser; A. *The Cookbook Decoder*. Warner Books. EUA. 1983.
- lhde, A. *The Development of Modern Chemistry*. Harper & Row Publishers, Nueva York, 1964.
- Holton, G. J. *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*. Ed. Reverté, España, 1981.
- Kirk-Othmer. *Encyclopedia of Chemical Technology* J. Wiley, Nueva York, 1978.
- Laidler, Keith. *Physical Chemistry, with biological Applications*. The Benjamin/Cummings Pub. Co. Inc., Menlo Park, Calif. 1978.
- Levin, L. M. *The Book of Popular Science*. The Grolier Society of Canada Limited, 1964
- Lomelí, A. *El chile y otros picantes*. Editorial Prometeo Libre, México, 1987.
- Reineccius, G. A. *For Flavor, a Dash of Chemistry*. Yearbook of Science and the Future. Encyclopdia Britannica, Inc., 1988.
- Santamaría, F. J. *Diccioinario de mejicanismos*. Editorial Porrúa, S. A. México 1983.
- Szabadváry, F., E. E. Oesper. "Development of the pH Concept". *Journal of Chemical Education*, Vol. 41, núm. 2. Feb. de 1964.
- Webster's Third New International Dictionary*. Encyclopedia Britannica, Inc., 1981.
- Wright, S. *Applied Physiology*. Oxford University Press, 1974.

Este libro se terminó de imprimir y encuadernar en el mes de diciembre de 1996 en Impresora y Encuadernadora Progreso, S. A. de C. V. (IEPSA), Calz. de San Lorenzo, 244; 09830 México, D.F.

Se tiraron 2 000 ejemplares.

La Ciencia desde México es coordinada editorialmente por MARCO ANTONIO PULIDO y MARÍA DEL CARMEN FARÍAS.

C O N T R A P O R T A D A

La química y la cocina son actividades que emplean intuición, imaginación y capacidad creadora. Ambas se apoyan en el trabajo y los hallazgos de gran cantidad de personas que han sabido disfrutar y compartir el gozo de su actividad. Si bien el diario disfrute de la cocina es incuestionable, cabe preguntarse por qué la química, como ciencia y como profesión, ha sido una actividad que ha despertado poco interés y entusiasmo entre los jóvenes. Entre las posibles respuestas, el autor cree que el enfoque disciplinario y la falta de ejemplos cotidianos llevan a una pérdida de curiosidad y de capacidad de asombro. Terreno particularmente fértil para ilustrar los principios de la química es, la cocina, pues una bien equipada tiene más de 200 reactivos químicos y emplea procedimientos semejantes a los de un laboratorio. Muchas de las reacciones químicas que ocurren en la cocina (cómo añadir tequesquite a los nopales) tienen una explicación científica que ilustra y respalda a la inobjetable experiencia culinaria.

La historia de la ciencia muestra que conocimiento científico y conocimiento común están íntimamente relacionados. Sin embargo, la hoy obligada especialización profesional desalienta la aproximación a la ciencia por los caminos que han llevado, precisamente, a su creación: el espíritu de juego y la curiosidad. Pues ¿cómo se puede motivar la curiosidad si se muestra a la ciencia, a la química, como un conocimiento que no tiene fisuras? ¿O si se la enseña como algo que no tiene nada que ver con lo cotidiano?

Una de las formas en que se puede lograr el interés por la química es mostrando que tiene que ver con la vida de todos los días. Como la cocina.

El profesor José L. Córdova es ingeniero químico egresado del Instituto Politécnico Nacional. Después de ser becario, en el Instituto de investigaciones Nucleares ingresó en la Universidad Autónoma Metropolitana, donde trabaja en el Departamento de Química. Cursó, el posgrado en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN y ha dado clases en diferentes instituciones. Ha sido director de la revista *Contactos* de la UAM y coordinador del Programa de Enseñanza de Ciencias Básicas e Ingeniería en la misma universidad. Es aficionado al origami y a la guitarra clásica.