

LA QUÍMICA EN LOS ALIMENTOS

Lic. Mabel Rembado

Ing. Paula Sceni



Colección: LAS CIENCIAS NATURALES Y LA MATEMÁTICA

Colección: LAS CIENCIAS NATURALES Y LA MATEMÁTICA

LA QUÍMICA EN LOS ALIMENTOS

Lic. Florencia Mabel Rembado

Ing. Paula Sceni

ADVERTENCIA

La habilitación de las direcciones electrónicas y dominios de la web asociados, citados en este libro, debe ser considerada vigente para su acceso, a la fecha de edición de la presente publicación. Los eventuales cambios, en razón de la caducidad, transferencia de dominio, modificaciones y/o alteraciones de contenidos y su uso para otros propósitos, queda fuera de las previsiones de la presente edición -Por lo tanto, las direcciones electrónicas mencionadas en este libro, deben ser descartadas o consideradas, en este contexto-.

Distribución de carácter gratuito.

a u t o r i d a d e s

PRESIDENTE DE LA NACIÓN

Dra. Cristina Fernández de Kirchner

MINISTRO DE EDUCACIÓN

Dr. Alberto E. Sileoni

SECRETARIA DE EDUCACIÓN

Prof. María Inés Abrile de Vollmer

DIRECTORA EJECUTIVA DEL INSTITUTO NACIONAL DE
EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

Lic. María Rosa Almandoz

DIRECTOR NACIONAL DEL CENTRO NACIONAL DE
EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

Lic. Juan Manuel Kirschenbaum

DIRECTOR NACIONAL DE EDUCACIÓN TÉCNICO PROFESIONAL Y
OCUPACIONAL

Ing. Roberto Díaz

Ministerio de Educación.
Instituto Nacional de Educación Tecnológica.
Saavedra 789. C1229ACE.
Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
República Argentina.
2009

LA QUÍMICA EN LOS ALIMENTOS

Lic. Florencia Mabel Rembado

Ing. Paula Sceni



Colección: LAS CIENCIAS NATURALES Y LA MATEMÁTICA

Colección “Las Ciencias Naturales y la Matemática”.
Director de la Colección: Juan Manuel Kirschenbaum
Coordinadora general de la Colección: Haydeé Noceti.

Queda hecho el depósito que previene la ley N° 11.723. © Todos los derechos reservados por el Ministerio de Educación - Instituto Nacional de Educación Tecnológica.

La reproducción total o parcial, en forma idéntica o modificada por cualquier medio mecánico o electrónico incluyendo fotocopia, grabación o cualquier sistema de almacenamiento y recuperación de información no autorizada en forma expresa por el editor, viola derechos reservados.

Industria Argentina

ISBN 978-950-00-0742-9

Director de la Colección:
Lic. Juan Manuel Kirschenbaum
Coordinadora general y académica de la Colección:
Prof. Ing. Haydeé Noceti
Diseño didáctico y corrección de estilo:
Lic. María Inés Narvaja
Ing. Alejandra Santos
Coordinación y producción gráfica:
Tomás Ahumada
Diseño gráfico:
Augusto Bastons
Ilustraciones:
Diego Gonzalo Ferreyro
Federico Timerman
Retoques fotográficos:
Roberto Sobrado
Diseño de tapa:
Tomás Ahumada
Administración:
Cristina Caratozzolo
Néstor Hergenrether
Colaboración:
Téc. Op. en Psic. Soc. Cecilia L. Vazquez
Dra. Stella Maris Quiroga
Nuestro agradecimiento al personal del Centro Nacional de Educación Tecnológica por su colaboración.

Rembado, Florencia Mabel

La química en los alimentos / Florencia Mabel Rembado y Paula Sceni; dirigido por Juan Manuel Kirschenbaum.

- 1a ed. - Buenos Aires: Ministerio de Educación de la Nación. Instituto Nacional de Educación Tecnológica, 2009.

144 p.: il.; 24x19 cm. (Las ciencias naturales y la matemática / Juan Manuel Kirschenbaum.)

ISBN 978-950-00-0742-9

1. Química.

2. Enseñanza Secundaria.

I. Sceni, Paula

II. Kirschenbaum, Juan Manuel, dir.

III. Título

CDD 540.712

Fecha de catalogación: 29/10/2009

Impreso en Artes Gráficas Rioplatense S. A., Corrales 1393 (C1437GLE),
Buenos Aires, Argentina.

Tirada de esta edición: 100.000 ejemplares

Las Autoras



Lic. Florencia Mabel Rembado

Licenciada en Química (UBA), especializada en alimentos. Especialista en gestión de la calidad (ITBA) Se desempeña en el Departamento de Ciencia y Tecnología de la UNQ como directora del Diploma y es profesora regular asociada de Química de Alimentos. Integra el grupo de investigación (UNQ) que indaga la mejor manera de enseñar y aprender las ciencias. Colabora en forma particular con emprendimientos tipo PyMES en la aplicación de sistemas de calidad e inocuidad. Ha alternado siempre su labor profesional en el campo de los alimentos con tareas de docencia, investigación, extensión, gestión y transferencia.



Ing. Paula Sceni

Ingeniera en Alimentos egresada de la Universidad Nacional de Quilmes (UNQ). Profesora instructora de Química de los alimentos (UNQ) de la carrera de Ingeniería en Alimentos. Cursa actualmente el doctorado en Ciencias básicas y aplicadas dentro del proyecto: “Productos multicomponentes obtenidos a partir de suero de soja y levadura como potenciales ingredientes funcionales para alimentos” (UNQ). Ha participado en proyectos de extensión y tareas de transferencia relacionada con química de los alimentos.

Capítulo 1

La química en los alimentos

- 1.1. Introducción: los alimentos y la química de los alimentos 8
- 1.2. Revisión de conceptos básicos 12
- 1.3. Propiedades fisicoquímicas del agua 17
- 1.4. El agua en los alimentos 20

Capítulo 2

Los hidratos de carbono

- 2.1. Introducción 31
- 2.2. Mono y disacáridos 31
- 2.3. Polisacáridos 43

Capítulo 3

Las proteínas

- 3.1. Introducción 55
- 3.2. Estructura química 55
- 3.3. Propiedades funcionales 59

Capítulo 4

Los lípidos

- 4.1. Introducción 71
 - 4.2. Clasificación 71
 - 4.3. Obtención de algunos aceites comestibles 74
 - 4.4. Propiedades de las grasas y aceites 79
-

• 4.5. Los procesos de modificación de triglicéridos	83
• 4.6. Los fosfolípidos	84
• 4.7. Alteraciones de los lípidos	84
• 4.8. Funcionalidad de lípidos en masas	85

Capítulo 5

Las enzimas

• 5.1. Introducción	90
• 5.2. Nomenclatura	90
• 5.3. Modelo de la acción de las enzimas	91
• 5.4. Cuantificación de la actividad enzimática	92
• 5.5. Las enzimas en los alimentos	93
• 5.6. Uso de enzimas exógenas en industrias de alimentos	94

Capítulo 6

Los adictivos

• 6.1. Introducción	101
• 6.2. Rotulación	101
• 6.3. Clasificación	102

Glosario	116
----------	-----

Actividades de reflexión	138
--------------------------	-----

Bibliografía de referencia	143
----------------------------	-----

1. LA QUÍMICA EN LOS ALIMENTOS

1.1. Introducción: los alimentos y la química de los alimentos

Comer ha sido una de las necesidades primarias que el hombre ha debido satisfacer para poder vivir. En ese intento por saciar su hambre, ha acudido a los productos que la naturaleza le brindaba que hoy llamaríamos comida cruda, tales como vegetales y carnes.

Con el paso del tiempo y la incorporación del fuego, fue posible comenzar a utilizar prácticas culinarias que brindaban, a lo obtenido de la naturaleza, no sólo agradables sabores y aromas, sino, también, mejores condiciones de salubridad.

Mucho se ha caminado desde ese entonces. En nuestro mundo actual podemos encontrarnos con quienes sí acceden a buenos alimentos, quienes no pueden saciar su necesidad de comer y quienes lo hacen de mala manera, ingiriendo muchas veces determinados ingredientes en exceso (por ejemplo grasas saturadas); y, otras veces, en defecto (alimentos refinados carentes de vitaminas y minerales). Surgen, así, términos como desnutrición y enfermedades de la abundancia que estaban muy lejos de la imaginación de los primeros habitantes de nuestro planeta.



Verduras



Hamburguesas



Snacks



Masitas

Figura 1. Alimentos de diferente calidad.

Desde otra óptica, famosos gastrónomos hacen magia con los recursos naturales y brindan exquisitos platos. También los tecnólogos alimentarios aplican metodologías nuevas cada día para obtener ciertos componentes de los alimentos naturales que, de forma nativa o modificados, aplica la industria alimentaria.



Químico



Ingeniero



Cocinero

Figura 2.
Algunos profesionales
de la alimentación.

En este libro ingresaremos al mundo de la tecnología alimentaria y a la gastronomía, dada su vinculación con la química de alimentos; y desde allí se tratará de explicar qué es lo que cada día llevamos a nuestros organismos con la finalidad de nutrarnos o simplemente satisfacer la necesidad de ingerir algún alimento¹ que brinde placer.

Dada la importancia que tiene para la vida de todo ser humano sano la correcta elección de lo que ingiere, sugerimos comenzar este tema profundizando un poco sobre el mismo.

Para investigar :

- ¿qué se entiende por alimentación saludable?
- ¿a qué se llama “enfermedades de la abundancia”?
- ¿a qué se llama “comida chatarra”?
- ¿cuál es el efecto del consumo desmedido de comida “chatarra” en los niños y adolescentes?

Referencias:

http://www.mecon.gov.ar/secdef/basehome/alimentacion_saludable.pdf

<http://www.who.int/foodsafety/chem/en/>

Por otro lado, desde el punto de vista de la química, un alimento es un sistema muy complejo, constituido por diferentes componentes como el agua, los hidratos de carbono, las proteínas, los lípidos, los pigmentos, las vitaminas y las sales minerales.



Masitas



Fiambres



Quesos



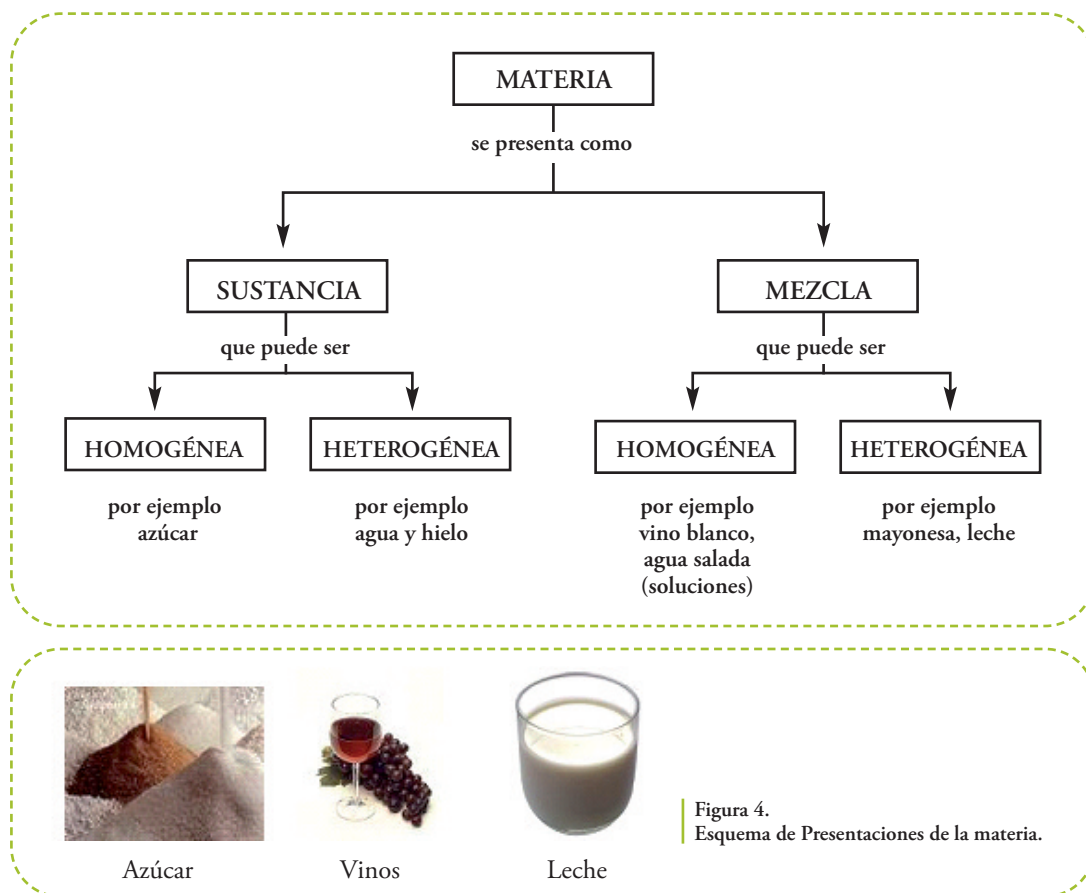
Postres

Figura 3. Ejemplos de sistemas alimentarios.

Estos sistemas pueden ser homogéneos o heterogéneos. Sobre la base de conceptos de la química clásica general y orgánica, aplicaremos los mismos a los alimentos.

1. El Código Alimentario Argentino (que es la normativa de referencia de nuestro país en el ámbito de los alimentos) define “alimento” como “toda sustancia o mezcla de sustancias naturales o elaboradas que, ingeridas por el hombre, aporten a su organismo los materiales y la energía necesarios para el desarrollo de sus procesos biológicos. Se incluyen en esta definición las sustancias o mezclas de sustancias que se ingieren por hábito, costumbres, tegan o no valor nutritivo”.

Así tendremos lo siguiente:



La química de alimentos es una ciencia que trabaja estos principios alimentarios (hidratos de carbono, grasa, proteínas, etc., que se estudiarán en los próximos capítulos) tratando de comprender qué son los alimentos, cómo están formados, cómo interactúan sus diferentes *componentes*. Esta información permite luego estudiar cómo se comportan estos componentes cuando se les aplica diferentes tratamientos químicos.

Estos son sólo algunos de los ejemplos de temas que aborda la química de los alimentos, en constante avance en estos momentos. Los tecnólogos se encargan luego de llevar esos estudios a escala industrial y aplicarlos en el desarrollo de productos que consumimos día a día (flanes, caramelos, galletitas y muchos

Por ejemplo: será posible explicar cómo se transforma una harina en pan, qué ocurre cuando se cocina un trozo de carne a la parrilla o se hierve, por qué cuando se aplica calor a un huevo la clara se transforma en un sólido blanco y, también, por qué cuando se calienta azúcar común de mesa, sacarosa, es posible obtener un sabroso caramelo, pero, si se continúa el calentamiento, se asiste a un proceso de descomposición con producción de humos que irritan los ojos.

más). También el desarrollo de alimentos para grupos especiales como son los diabéticos, hipertensos, celíacos, etc. Recordemos que en la cadena de producción de un alimento intervienen múltiples actores: desde la producción primaria en los campos, los traslados, almacenamientos, producciones en la industria, envasados, logística de distribución y almacenamiento, oferta a mayoristas y minoristas, llegada del producto al consumidor, conservación en locales comerciales y familiares, oferta de maneras alternativas de consumo, entre otras.

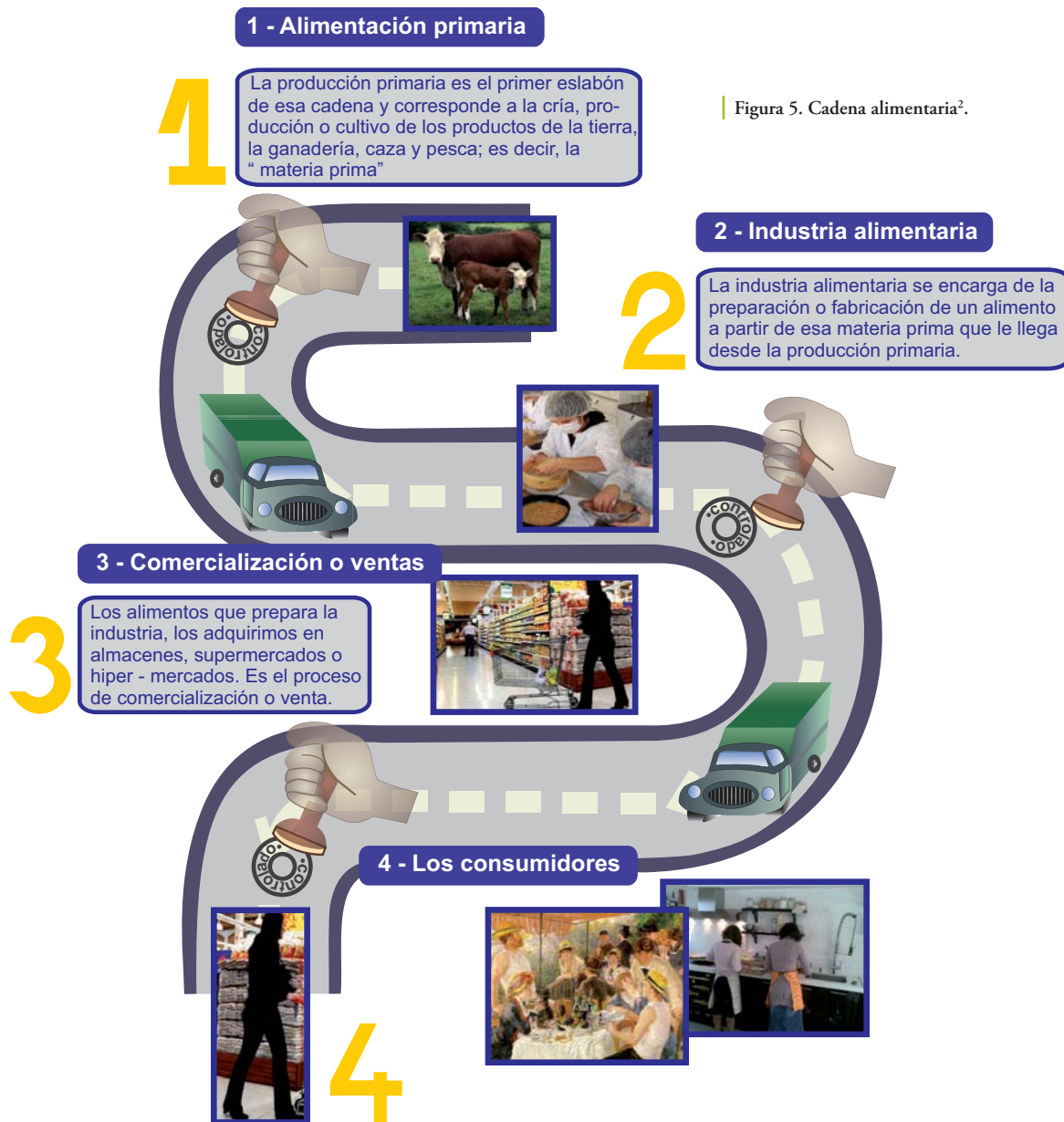


Figura 5. Cadena alimentaria².

2. Esquema adaptado del manual "Del Campo a la Mesa" de la Campaña de la Unión Europea.

Una de las características importantes para destacar de la materia prima con que trabaja el químico de alimentos y el tecnólogo alimentario es que sufre modificaciones a medida que pasa el tiempo. Varía, por ejemplo, de acuerdo con el suelo que la produjo, el sol del lugar, las lluvias, las variedades genéticas, etc. Cada nuevo insumo, cada nuevo producto es un desafío que pone en juego todos los conocimientos de las diferentes disciplinas que confluyen en el conocimiento de un alimento.

La manera en que se logra obtener diferentes productos usando ingredientes semejantes, se va a comprender conociendo, primero, qué son los ingredientes alimentarios, cuáles son, cómo interactúan entre ellos, cómo puede el hombre actuar para favorecer o entorpecer esa interacción. También indagando qué ocurre cuando agregamos diferentes compuestos (sal, azúcar, agua), quitando otros, mezclando, calentando a fuego directo, en microondas, en fin, por sobre todas las cosas, conociendo la química de esos ingredientes y lo que los químicos de alimentos denominan, la funcionalidad de los ingredientes alimentarios (propiedades vinculadas con aspectos sensoriales tales como untuosidad, color, aroma, sabor, posibilidad de producir espumas, etc).

Introducimos en este mundo de la química de los alimentos significa poder aplicar lo que ya se ha estudiado y comprendido bien acerca de la estructura de la materia (uniones químicas, interacciones intermoleculares) y, con todo ellos, más conocimientos que provee la biología, la física y también las matemáticas, estar en condiciones de “imaginar” los alimentos (crear modelos) y comprender qué ocurre dentro de ellos.



Figura 6. Algunos alimentos primarios y otros procesados.

1.2. Revisión de conceptos básicos

1.2.1. Uniones intramoleculares y estructuras derivadas

Al hablar de *estructura atómica* y *propiedades periódicas*, se ve en detalle la estructura de los átomos y, de acuerdo con ella, las posibilidades de formación de diferentes tipos de uniones intramoleculares (dentro de la molécula) e intermoleculares (entre moléculas).

En el caso de *iones* tienen relevancia los provenientes del grupo de los metales alcalinos (como el ión sodio (Na^+) y el ión potasio (K^+), ambos monovalentes positivos) y los derivados de los metales *alcalinotérreos* como el *ión calcio* (Ca^{2+}) y el *ión magnesio* (Mg^{2+}).

Con respecto al calcio y al magnesio, su carácter *divalente* positivo es de muy alta importancia para posibilitar el análisis de las interacciones entre moléculas o especies negativas. Estos iones harán de puente de enlace brindando a los productos propiedades muy particulares.

En el caso de los aniones, los que más comúnmente se van a presentar son los cloruros monovalentes (Cl^-), algunos sulfatos divalentes (SO_4^{2-}), fosfatos trivalentes (PO_4^{3-}) y fosfatos monohidrógeno divalentes negativos (HPO_4^{2-}). También como aniones es frecuente encontrar

los derivados de ácidos orgánicos monocarboxílicos y también estos ácidos, en particular el acético (presente en una concentración del 5% en el vinagre), el láctico (encontrado en los yogures), el cítrico (en limones, naranjas, pomelos) y el málico en manzanas.



Figura 7.
Alimentos asociados a algunos ácidos orgánicos.

Se reconocen dos tipos de enlace covalente, el no polar y el polar surgido como consecuencia de la diferente electronegatividad de los átomos que conforman la unión (capacidad de atraer electrones compartidos en el enlace). Algunos ejemplos de estructuras vinculadas con lo anterior que se presentan con frecuencia en el mundo de los alimentos, como es el caso del dióxido de carbono, se muestran en la **figura 8**.

El estudio de las moléculas se aborda en cursos previos de química general aplicando la teoría de repulsión de electrones de valencia (TREPEV), se analizan en detalle sus estructuras *planares* (en un mismo plano todos sus átomos) y no planares (átomos no ubicados en un mismo plano), y se explican comportamientos aparentemente anómalos surgidos de las estructuras tridimensionales que el análisis en un plano, no permite comprender.

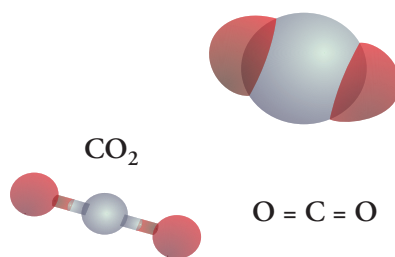


Figura 8.
Diferentes modelos para en dióxido de carbono.

1.2.2. Uniones intermoleculares: agua y el puente de hidrógeno

El agua (H_2O), es una molécula formada por dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno. Cada átomo de hidrógeno posee un electrón y el átomo de oxígeno presenta en su *último nivel de energía seis*.

Esta particularidad del oxígeno lo hace sumamente ávido de electrones para completar el “octeto” y así la unión entre oxígeno e hidrógeno resultante es covalente pero no pura sino polar. Su estructura espacial asemeja a un tetraedro por lo cual sus interacciones dentro de los alimentos deben concebirse como estructuras tridimensionales y no bidimensionales.

Teniendo en cuenta las propiedades de las uniones oxígeno – hidrógeno y la espacialidad del átomo de oxígeno, una representación o modelo de lo que sería una molécula de agua es la siguiente (**Figura 9**).

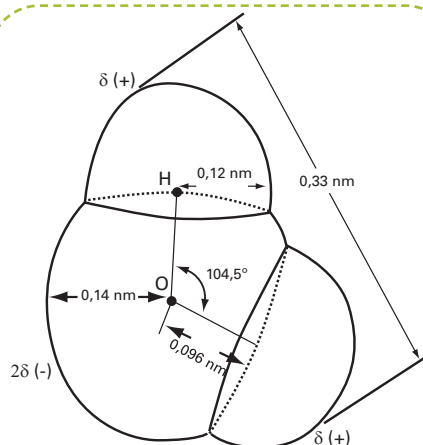
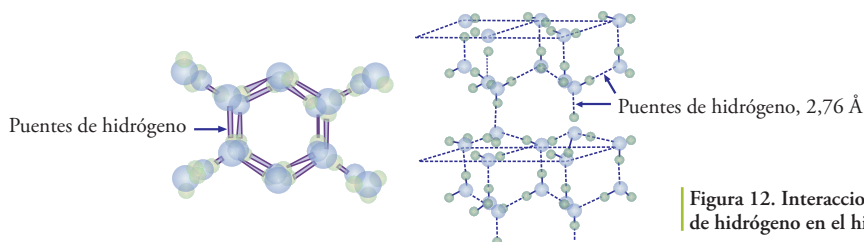
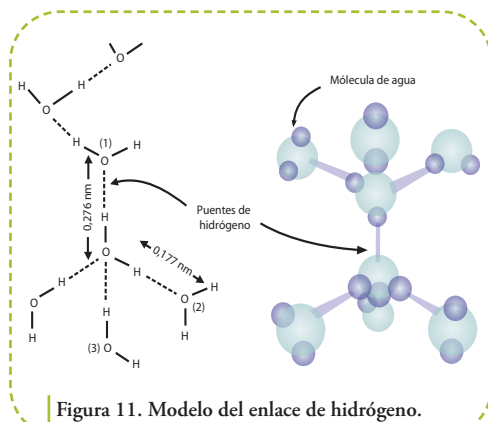
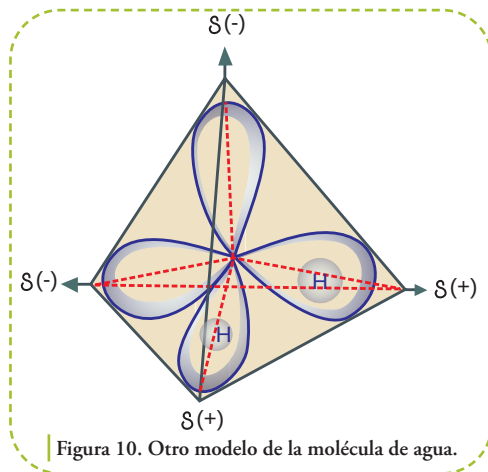


Figura 9. Un modelo de la molécula de agua.

Esta situación ocasiona que los átomos de hidrógeno desarrollen una carga temporal positiva (δ^+) y que, el átomo de oxígeno, desarrolle una carga temporal doble negativa ($2\delta^-$). Se genera así una diferenciación de cargas neta, llamado momento *dipolar*, que en este caso particular es muy fuerte. La dirección del momento dipolar se observa en la **figura 10**.

La propiedad de la molécula de agua, de presentar una clara diferenciación de cargas positivas (en torno a los átomos de hidrógeno) y negativa (sobre el átomo de oxígeno), le permite interactuar con moléculas que presenten las mismas características (diferenciación de cargas eléctricas o presencia de *dipolos*). La más importante de estas uniones intermoleculares que condicionan el comportamiento de los alimentos es la llamada “*unión puente de hidrógeno*”, posiblemente la de mayor relevancia en la estructura de los alimentos. No se trata de un enlace químico propiamente, sino de una atracción electrostática que se produce cuando dos átomos negativos de compuestos polares (por ej. nitrógeno, oxígeno, cloro), se vinculan mediante uno de hidrógeno, que ya está unido, químicamente, a alguno de ellos. Esta atracción es muy débil (20kJ/mol ó 4,7 kcal/mol), comparada con el enlace covalente (400kJ/mol ó 95 kcal/mol) y su vida media es de 10^{-11} segundos. Sin embargo, como todas las moléculas de agua tienen la capacidad de establecerlo en un determinado momento, en conjunto representan una gran fuerza. Tanto el número de estas uniones como la longitud del puente de hidrógeno entre moléculas vecinas se ven afectados por la temperatura del sistema.

Debido a sus cargas parciales, el agua tiene dos sitios receptores y dos donadores de electrones, por lo que su interacción por puente de hidrógeno crea grandes estructuras tridimensionales estables en el hielo y en el agua líquida, responsables de sus propiedades físicas tan peculiares (densidad del sólido menos que la del líquido, por ejemplo).



Las moléculas de NH_3 (amoníaco), que no tienen igual número de donadores y receptores (un donador, el N y tres aceptores, los H), sólo forman estructuras bidimensionales y no tridimensionales.

Por otra parte, los puentes de hidrógeno no sólo se inducen en el agua, sino en cualquier sustancia que tenga características polares, como las proteínas (se verán luego en el capítulo “Las Proteínas”) y los hidratos de carbono (ver capítulo “Los Hidratos de Carbono”), gracias a sus diversos grupos hidrófilos (afines con el agua).

Mediante este mecanismo, también, los *polímeros* o *macromoléculas* presentes en los alimentos y, así como algunos compuestos de bajo peso molecular, retienen agua y le confieren a los alimentos propiedades *reológicas* muy particulares (ver luego propiedades funcionales de los polisacáridos, por ejemplo de almidones, entre otros).

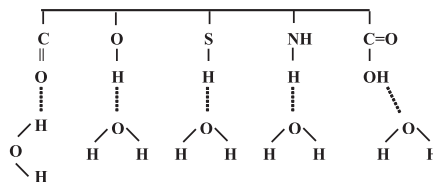


Figura 13. Interacción del agua con distintos grupos funcionales presentes en los alimentos.



Almidones en postres



Almidones en salsas



Almidones en sopas

Figura 14. Interacción de almidones con agua en algunos alimentos.

Las temperaturas bajas favorecen la formación de puentes de hidrógeno, mientras que las altas los destruyen. Se considera que en el hielo la mayoría de las moléculas forma puente de hidrógeno y que, en el vapor, ese porcentaje es muy bajo. La función biológica del hombre se realiza a los 37°C , temperatura en la que se produce un 35-45% de los puentes de hidrógeno.

1.2.3. Otros tipos de interacciones intermoleculares

Otro tipo de uniones también presentes en los alimentos que les confieren propiedades particulares que se verán más adelante son:

- **las uniones de van der Waals:** un tipo de interacción entre moléculas que se genera por la presencia en ellas de dipolos. Por ejemplo:



Figura 15. Modelo de la interacción entre moléculas por dipolos.

Se pueden presentar diferentes interacciones tales como *interacciones dipolo-dipolo* que ocurren cuando moléculas con dipolos permanentes interactúan, los dipolos deben orientarse y son muy sensibles a la orientación, distancia y temperatura; interacciones dipolo-dipolo inducido, que dependen de la *polarizabilidad* de la molécula neutra. A estas fuerzas se las denominan *fuerzas de London* o de dispersión, y son importantes en moléculas con una elevada proximidad y decaen rápidamente con la distancia.

Recordar que el dipolo instantáneo, es una medida dependiente del tiempo, por ello es capaz de inducir una interacción dipolo inducido-dipolo inducido.

- **las uniones hidrofóbicas:** se producen por la atracción que se origina entre residuos no polares de moléculas complejas cuando el alimento se halla en un medio acuoso. Es especialmente importante en la estabilidad de las proteínas, cuando de ellas forman parte aminoácidos como por ej, fenilalanina, tirosina, triptofano.

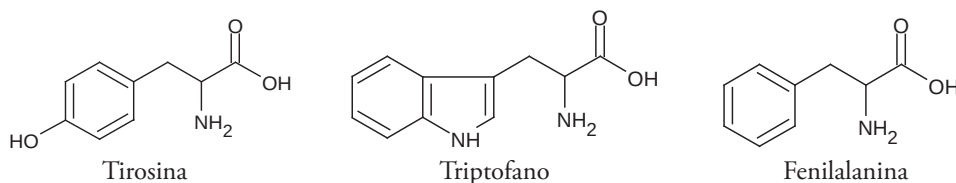


Figura 16. Estructura molecular algunos aminoácidos.

- **las interacciones electrostáticas:** se presentan en los alimentos cuando, una de las partes de las moléculas involucradas presenta una carga neta, por lo general negativa e interactúa con otra parte de la misma molécula o de otra de signo contrario y así estabiliza su estructura.

Ejemplo: estos tipos de interacciones presentes en una proteína (en detalle se verá el tema en el capítulo “Las Proteínas”).

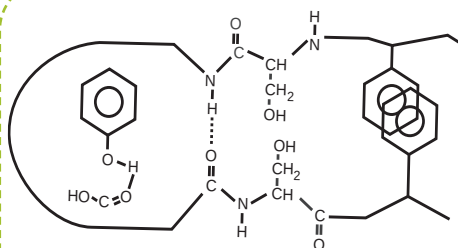


Figura 17. Ejemplo de interacciones moleculares.

En la **Tabla 1** se muestran los valores de las energías asociadas a cada tipo de enlace descrito. Se advierte aquí que, si comparamos las energías de unión asociadas a los enlaces intermoleculares, la correspondiente a la unión puente de hidrógeno, es notablemente inferior a la energía de enlace intramolecular asociada a una unión covalente promedio (aproximadamente diez veces menor).

Tipo de unión	Energía asociada (kJoule/mol)
Covalente	330 - 380
Hidrógeno	8 - 40
Hidrofóbicas	4 - 12
Electroestáticas	42 - 84
Van del Waals	1 - 9

Tabla 1. Energía asociada a los distintos tipos de unión química.

1.3. Propiedades fisicoquímicas del agua

Debido a la formación de estructuras tridimensionales mediante puentes de hidrógeno, el agua muestra propiedades muy particulares, como el hecho de que su punto de ebullición sea de 100°C a una presión externa de 1 atmósfera.

Por otra parte, su elevado calor latente de vaporización (energía necesaria para transformar un kilogramo de agua en vapor) a 100°C , es sumamente elevada ($2,260 \text{ kJ/g}$). Este alto valor indica que se necesita mucha energía para quitar el agua de los alimentos como ocurre en los procesos de deshidratación, o que la vaporización de pequeñas cantidades de ella es suficiente para sustraer mucho calor (sensación de frío que sentimos cuando tenemos el cuerpo mojado).

El proceso inverso al de la evaporación es la condensación, proceso exotérmico que libera una cantidad de calor elevada. Esta propiedad se utiliza, por ejemplo en las usinas lácteas.



Figura 18. Ebullición a presión atmosférica.



Figura 19. Condensación del agua vapor en la tapa fría de la olla.

El **calor específico** del agua (cantidad de energía necesaria para aumentar en un grado Celsius la temperatura de un gramo de sustancia) es especialmente elevado: ($4,186 \text{ kJ/kg}$). Esto ocurre porque para lograr aumentar ese grado de temperatura, parte de la energía debe usarse para romper los puentes de hidrógeno presentes. Si se comparan las temperaturas que alcanzan el agua y un aceite calentados de la misma manera durante el mismo tiempo se advierte que este último alcanza mayor temperatura que el agua. Una aplicación de la misma propiedad del agua es la que permite soportar bajas temperaturas y regular la temperatura del cuerpo humano, pues, provoca que el agua absorba el calor cuando hay cambios bruscos externos, sin afectar la temperatura interna; en forma semejante, también, hace que los mares y los océanos actúen como reguladores térmicos de nuestro planeta.

La presencia en el agua de un elevado momento dipolar (como ya hemos visto) se aplica para calentar alimentos en el microondas pues al producir oscilación y fricción permanente en las moléculas, se induce un aumento de la temperatura³.

En cuanto a la posibilidad de que el agua forme iones, se sabe que esta ionización es mínima en el agua pura, pero, influye en la formación de H_3O^+ cuando se adicionan ácidos, lo que provoca una disminución del pH del medio.

1.3.1. Propiedades coligativas

Se llaman propiedades coligativas a aquellas propiedades de una solución que dependen únicamente de la cantidad de partículas de soluto disueltas en el agua por cada kilogramo de solvente que se emplea. No dependen de la naturaleza ni del tipo de soluto disuelto.

3. Más información: <http://www.inta.es/descubreAprende/Hechos/Hechos09.htm>

Entre ellas encontramos: la presión de vapor, el descenso *crioscópico*, el ascenso *ebulloscópico* y la presión *osmótica*.

La **presión de vapor** es la presión, para una temperatura dada, en la que la fase líquida y el vapor se encuentran en equilibrio dinámico, es decir el número de moléculas que pasan de la fase líquida a la gaseosa en un recipiente cerrado, es el mismo número que pasa del estado gaseoso al líquido. Su valor es independiente de las cantidades de líquido y vapor presentes mientras existan ambas.

La presión de vapor saturado depende de:

- la naturaleza del líquido,
- la temperatura,
- la concentración de soluto en el líquido.

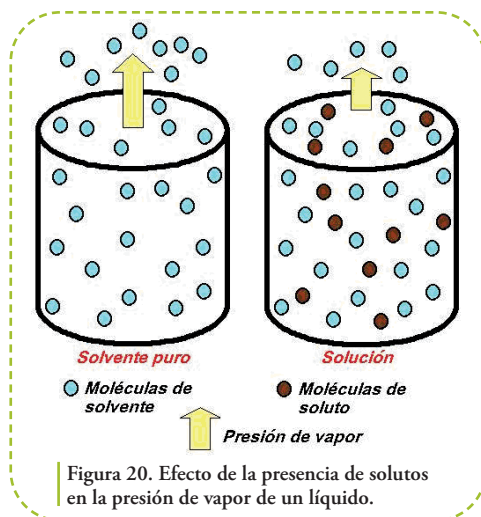
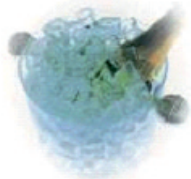


Figura 20. Efecto de la presencia de solutos en la presión de vapor de un líquido.

El **descenso crioscópico** es la disminución de la temperatura de congelación del agua (0°C a presión atmosférica normal), por la presencia de sales disueltas o electrolitos, que comprometan las moléculas de agua por uniones puente de hidrógeno. (Por ejemplo el mayor enfriamiento que experimentan las bebidas cuando se agrega sal común de cocina en el recipiente con hielo en el que se las coloca; también el hielo con sal usado en algunas maquinillas fabricadoras de helados).



Bebida enfriada usando hielo con agregado de sal



Antigua máquina para fabricar helados

Figura 21. El descenso crioscópico y los alimentos.

Actividad experimental N°1: “Descenso crioscópico”

Materiales:

- sal de mesa (NaCl)
- 2 vasos
- cubos de hielo
- termómetro que alcance -10°C

Desarrollo

1. Disolver en un vaso 20 gramos de sal de mesa en aproximadamente 100 ml de agua.
2. Colocar dentro del vaso 4 ó 5 cubos de hielo, revolver el sistema hasta que se alcance el equilibrio (aproximadamente 2 o 3 minutos) y medir la temperatura de la solución (T_1).
3. Repetir el procedimiento pero utilizando agua en lugar de solución de sal (T_0).

Análisis de los resultados

- a. Comparar T_0 y T_1 y establecer a qué se debe esta variación de la temperatura

El ascenso ebulloscópico, es el valor del aumento de la temperatura de ebullición normal del agua por efecto de solutos disueltos (por ej. la temperatura a la que comienza a ebullición un almíbar, superior a los 100°C , a presión atmosférica).

Actividad experimental N°2: “Ascenso ebulloscópico”

Materiales:

- azúcar mesa (sacarosa)
- 3 ollas
- cocina o equipo de calentamiento (mechero, triopode y tela metálica)
- termómetro que alcance 180°C .

Desarrollo

1. Disolver 150 gramos de azúcar de mesa en aproximadamente 50 ml de agua.
2. Calentar el sistema hasta que comience a ebullición.
3. Medir la temperatura de la solución (T_1).
4. Repetir el procedimiento pero con una solución preparada con 75 gramos de azúcar en 50 ml de agua (T_2).
5. Repetir el procedimiento pero solamente con agua (T_0).

Análisis de los resultados

- a. Comparar T_1 y T_2 con T_0
- b. Establecer cómo influye la concentración de azúcar en la variación de la temperatura de ebullición y justificar lo observado.



Medición de la temperatura de ebullición en la elaboración de un almíbar



Almíbar listo para usar

Figura 22. El ascenso ebulloscópico en un almíbar.

La presión osmótica hace referencia a la fuerza impulsora que se genera a través de una membrana permeable (por ej. la de una célula, cuando la concentración de sales a ambos lados es diferente). En este caso aparece una fuerza por unidad de superficie (presión osmótica) de modo tal que promueve el pasaje a través de la membrana de sal en un sentido y agua en el otro tratando de igualar las concentraciones a ambos lados.



“Deshidratación osmótica de frutas”

El fenómeno de ósmosis se aplica, entre otros procesos, para lograr la deshidratación de frutas, especialmente aquéllas que contienen elevada cantidad de agua como es el caso del melón, sandía, kiwi y frutillas.

El proceso emplea como membrana semipermeable la misma estructura celular de las frutas que contienen en su interior diferentes sólidos disueltos en agua (el “jugo” de cada una de las frutas), en una concentración que ronda el 10%. Cuando a esta fruta (en trozos y pelada) se la sumerge en una solución muy concentrada de azúcar (aproximadamente del 70 %), se genera una presión osmótica debido a la diferencia de concentración de sólidos solubles a ambos lados de la membrana semipermeable. Esto evolucionará de modo tal de tratar de igualar las concentraciones y así las moléculas de agua de pequeño tamaño atravesarán dicha membrana abandonando la pulpa de las fruta. Esto hace aumentar la concentración de los sólidos dentro de la fruta. Como las moléculas de azúcar son de gran tamaño para la porosidad de la membrana, no pasará azúcar hacia dentro de la fruta. De este modo, el equilibrio de concentraciones de sólidos, ocurre solamente, debido al pasaje de agua de las frutas al jarabe o solución de azúcar con lo cual se deshidrata la fruta. Los jugos en el interior de las células de la fruta contienen ácidos, pigmentos, azúcares, minerales, vitaminas, etc, que se ven así concentrados luego del proceso de ósmosis. La presión osmótica es mayor cuanto mayor sea la diferencia de concentraciones entre el jarabe de azúcar y el interior de los trozos de la fruta. El efecto de esta diferencia se ve reflejado en la rapidez con que es extraída el agua de la fruta hacia el jarabe.

Este proceso no es muy complicado y permite aumentar la vida útil de las frutas al disminuir su actividad acuosa.

1.4. El agua en los alimentos

1.4.1. La distribución del agua en los alimentos

El estudio de las características de la molécula de agua y sus propiedades físicas son muy relevantes para el químico en alimentos, dado el elevado contenido de agua de los

misimos. A modo de ejemplo se indican algunos valores:

Cuanto mayor es el contenido de agua de un alimento, mayor es su vulnerabilidad. Es decir mayores son los cuidados que se deben tener para poder consumirlos sin que afecten la salud. Por lo general estos alimentos, conocidos como de “alto riesgo” deben ser manipulados respetando una cadena de frío (desde su obtención hasta su consumo no pueden estar fuera de los límites de temperaturas seguras (4 °C en caso de refrigerado y -18 °C en caso de congelados). En situación diferente se hallan los alimentos de “bajo riesgo”, como es el caso de galletitas, fideos secos, etc., los que sí pueden conservarse a temperatura ambiente en condiciones adecuadas de higiene.

El elevado contenido de agua de los alimentos de alto riesgo (leches, carnes, verduras, etc.) permite que en ella puedan disolverse los compuestos necesarios para el desarrollo de todo tipo de microorganismos, los que, por su sola presencia o por la posibilidad de producir toxinas, pueden causar enfermedades alimentarias tales como botulismo.

Alimento	Contenido de agua (%)
Leche	87
Merluza	76
Pan	35
Manteca	15
Galletitas	5

Tabla 2. Contenido de agua de algunos alimentos.

Un ejemplo es:

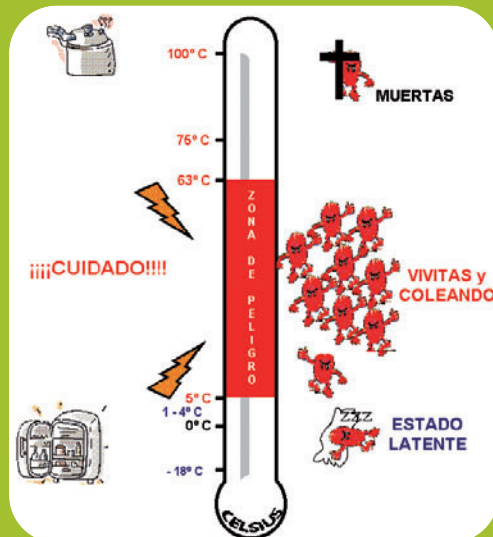


Figura 23. El germómetro.

1.4.2. Actividad de agua

Una de las maneras de lograr mayor seguridad en los alimentos es reduciendo la cantidad de agua que está disponible. Esto conduce a tener que diferenciar entre *contenido de agua* de un alimento y actividad de agua. Por contenido de agua se entiende cuánta agua tiene presente el alimento sin importar de qué manera se halla realmente presente en él. Actividad de agua es la cantidad de agua “libre”, es decir que no está comprometida, formando por ejemplo, puentes de hidrógeno con partes de la estructura del alimento o *solvatando* iones como en el caso de la sal (cloruro de sodio) o azúcar (como la sacarosa) o ácidos (como el acético en el vinagre). En estos últimos casos, si bien es cierto que el agua está presente en el alimento, está siendo requerida por iones y partes polares de algunas moléculas. Esto hace que disminuya su disponibilidad para disolver sustancias útiles para el desarrollo de microorganismos. El agua no se encuentra “libre” sino “ligada”.

Otra posibilidad para regular la cantidad de agua de un alimento es deshidratarlo, quitándole el agua por calor como por medio del secado (tomates, ciruelas negras, orejones), la evaporación

(leche condensada, leche evaporada), agregando sal (jamones, bacalao), agregando vinagre (pickles) etc. También una combinación de congelamiento y evaporación sin pasar por el estado líquido (*liofilización*) puede ser una alternativa aunque por el momento resultan muy costosos (algunos cafés instantáneos).

Si el contenido de agua de alimentos con alta cantidad de agua libre no se puede reducir por alguno de los métodos vistos antes, se emplea el calor con lo cual se logra la destrucción de bacterias patógenas (por ejemplo pasteurización de leche) o de todas las bacterias (por ejemplo esterilización leche UAT). En el caso de los productos pasteurizados deben conservarse de igual modo preservando la cadena de frío.

El químico de alimentos puede medir la actividad de agua. Una manera de realizarlo es mediante la medición de la presión de vapor del agua en el alimento. Cuanto más unida se halle el agua a componentes del alimento, más dificultoso le va a resultar poder pasar al estado vapor.

Técnicamente se define la actividad de agua (a_w), como el cociente entre la presión de vapor del agua en un alimento dado (P_w) y la presión de vapor del agua pura a la misma temperatura (P_w^o):

$$a_w = \frac{P_w}{P_w^o}$$

Este valor oscilará entre cero (alimento sin agua libre) y uno (agua pura). Cuanto más cercano a cero sea el valor de la actividad de agua de un alimento, más seguro será éste y cuanto más cercano a uno, más vulnerable.

En la **Tabla 3** se presenta un conjunto de alimentos y sus valores de actividad de agua.

Alimento	Actividad de agua (a_w)
Verduras	0,97
Huevos	0,97
Pan	0,94
Mermelada	0,86
Frutas secas	0,73
Galletitas	0,35

Tabla 3. Actividad de agua en algunos alimentos.

De acuerdo con estos valores, vemos que las galletitas tienen una actividad acuosa que se halla alrededor de 0,35 mientras que para las verduras ese valor es de 0,97. Se conoce bien que las galletitas pueden conservarse mucho tiempo en un recipiente en la cocina o en paquetes a temperatura ambiente (son alimentos no perecederos) mientras que las verduras son muy delicadas y deben conservarse a temperaturas bajas y aún así su vida útil es muy corta (son alimentos perecederos).

Por otra parte si a una verdura se la transforma en encurtido ("Pickle"), el vinagre agregado reduce su actividad acuosa y hace que se lo pueda consumir durante más tiempo, sin que se eche a perder. Claro está que, no es lo mismo,



Figura 24. Alimentos con distinta actividad de agua.



Figura 25. Modificación de la actividad de agua en alimentos.

un trozo de zanahoria en ensalada que un trozo de zanahoria como pickle.

1.4.3. El agua y el congelamiento de los alimentos

El proceso de congelamiento y la manera en que se lo conduce condicionan los procesos de conservación de los alimentos, así como también la retención o no de los caracteres *organolépticos* y funcionales al descongelarlos. La velocidad de congelamiento determina la formación y localización de los cristales de hielo. Por ejemplo en el caso de las carnes, cuando se hace rápidamente, se producen muchos cristales pequeños tipo aguja a lo largo de las fibras musculares. Por el contrario si se disminuye la temperatura en forma lenta, se induce un menor número de cristales pero de mayor tamaño, de tal manera que cada célula contiene una masa central de hielo. El congelamiento lento es más dañino que el rápido ya que afecta mayormente la membrana celular y además genera cristales intermoleculares que tiene la capacidad de unir las células e integrar grandes agregados. (Recordar los consejos para congelar cuando se utiliza el freezer).

Muchas veces el agua asociada a determinados alimentos, como es el caso de una salsa blanca, sufre cambios que generan procesos irreversibles en los alimentos y la incapacidad de recuperar sus propiedades *organolépticas* iniciales. Cualquiera que ha tratado de colocar en el freezer un resto de salsa blanca sabe que, al retirarla, se encuentra con un producto imposible de retomar sus características iniciales. Sin embargo, una visita por las góndolas de los supermercados, muestra productos congelados que sí tienen salsa blanca. Estos productos están elaborados con lo que los químicos en alimentos han desarrollado para evitar el problema mencionado: los llamados almidones modificados (ver capítulo “**Los Hidratos de Carbono**”). Usando estos productos, sí, la salsa blanca puede ser congelada y luego descongelada permitiendo mantener la estructura y características del producto recién elaborado.

Actividad experimental N°3: “Formación de hielo en salsa blanca”

Materiales:

- 2 cucharadas de harina o almidón de maíz.
- 50 g de manteca
- 1 taza de leche
- olla
- cocina o equipo de calentamiento.

Desarrollo

1. Derretir la manteca con la sal en una olla chica, cuando se haya fundido la manteca completamente agregar (fuera del fuego) la leche y la harina o el almidón de maíz.
2. Revolver bien y colocar nuevamente sobre el fuego.
3. Cocinar 3 ó 4 minutos hasta que aumente la viscosidad.
4. Dejar enfriar y observar la consistencia.
5. Almacenar en el freezer durante 24 hs.
6. Descongelar a temperatura ambiente y observar los cambios producidos.

Análisis de los resultados

- a. Comparar el producto obtenido con la salsa blanca preparada en el laboratorio con los productos que se venden congelados con salsa blanca como ingrediente, tales como canelones o tartas. Explicar a qué se deben las diferencias observadas.



Salsa blanca



Canelones



Tarta

Figura 26. Alimentos con salsa blanca.

1.4.4. Soluciones acuosas

Son mezclas homogéneas (formadas por una sola fase) con composiciones variables. Resultan de la mezcla de dos o más sustancias puras diferentes cuya unión no produce una reacción química sino solamente un cambio físico. Una sustancia (soluta) se disuelve en otra (solvente) formando una sola fase. Los componentes pueden separarse utilizando procedimientos físicos.

Si el solvente es el agua, se habla de soluciones acuosas.

Por *solubilidad* se entiende la cantidad máxima de soluto que puede ser disuelta por un determinado solvente. Varía con la presión y con la temperatura. Es un dato cuantitativo.

Una *solución saturada* es la que contiene la máxima cantidad de soluto que el solvente puede disolver a esa presión y esa temperatura y una *no saturada* es la que contiene una cantidad de soluto menor que la que el solvente puede disolver a esa presión y esa temperatura. Como característica general primaria de las soluciones se puede decir que "lo similar disuelve a lo similar". Es por esto que las sustancias iónicas son solubles en solventes polares (por ej. sal en agua) y las no polares en solventes no polares (aceite en hexano, ver en capítulo "Los Lípidos" obtención de aceites de semillas). Entre los factores que afectan la solubilidad de un soluto en un determinado solvente se encuentran: a) el tamaño de las partículas del soluto; b) la naturaleza física del soluto; c) la naturaleza física del solvente; d) la temperatura; y e) el grado de agitación del soluto y del solvente.

La concentración de las soluciones (cantidad de soluto disuelto en una determinada cantidad de solución), puede expresarse de diferentes maneras:

- a. **porcentaje en masa (m/m)** (cantidad de gramos de soluto disuelto en 100 gramos de solución);
- b. **porcentaje en volumen (V/V)** (volumen en mililitros de soluto disuelto en 100 mililitros de solución);
- c. **porcentaje masa en volumen (m/V)** (cantidad de gramos de soluto disuelto en 100 mililitros de solución) y,
- d. **partes por millón (ppm)** (cantidad de miligramos de soluto disuelto en 1 litro (ó 1 kg) de solución).

Problema : "Concentraciones en refrescos de consumo frecuente"

A partir de la información nutricional encontrada en un rótulo de una bebida concentrada sin alcohol calcular:

- a. *la concentración expresada en %m/v de cada nutriente en la bebida concentrada,*
- b. *la concentración de cada nutriente expresada en %m/v en la bebida lista para consumir, si*

- se la prepara según las indicaciones del envase (Suponer volúmenes aditivos entre la bebida concentrada y el agua),
- c. decir qué datos serían necesarios conocer para poder expresar la concentración de la bebida concentrada y la diluida (lista para consumir) en %m/m?

Información nutricional de la bebida concentrada	Cada 200 ml
Valor energético	56 k cal
Proteínas	0 g
Hidratos de Carbono	7,2 g
Sacarina	100 mg
Ciclamato	672 mg
Sodio	11,18 mg

Forma de preparación:

mezclar una parte de la bebida concentrada con tres partes de agua.



Polvo para preparar refrescos



Refresco listo para consumir

| Figura 27. Bebidas sin alcohol.

1.4.5. Dispersiones

Las dispersiones son un tipo de mezclas heterogéneas en las cuales una de las fases (*fase dispersa*) está finamente dividida y distribuida en la otra (*fase continua o dispersante*).

Si las partículas dispersas son muy pequeñas y no pueden ser separadas por filtración, la dispersión se llama *coloidal* mientras que si las partículas son de mayor tamaño y sí pueden separarse por filtración o decantación, la dispersión es *grosera*.

Las dispersiones coloidales se caracterizan por ser opacas y parecer homogéneas a simple vista. Esto se debe a que las partículas son tan pequeñas que no se pueden ver, pero dispersan la luz provocando turbidez. Este fenómeno se conoce como *efecto Tyndall*.

Con el tiempo, las dispersiones groseras tienden a separarse por efecto de la gravedad: las partículas dispersas sedimentan si tienen mayor densidad que la fase continua o flotan si tienen menor densidad. Cuanto menor es el tamaño de las partículas dispersas, mayor es el tiempo que tardan en separarse. Es por ello que las dispersiones coloidales, que tienen partículas muy pequeñas, son muy estables en el tiempo.

Dentro de las dispersiones se pueden distinguir las suspensiones, las emulsiones y las espumas.



Suspensión
leche chocolatada



Emulsión
salsa mayonesa



Espuma
merengue

Figura 28. Algunas dispersiones alimentarias.

• **Suspensiones:** la fase dispersa es sólida y la fase continua es líquida. Un ejemplo de suspensión coloidal son las caseínas (proteínas más abundantes de la leche) que están dispersas en el suero y son las responsables de que la leche sea blanca y opaca. La leche chocolatada, también, es una suspensión en la cual el cacao está disperso en la leche. Como el cacao tiene un tamaño mucho mayor que las caseínas, esta dispersión es grosera y con el tiempo sedimenta. Para evitar estos problemas que hacen a la aceptabilidad de los alimentos por los consumidores, el tecnólogo alimentario, en conjunto con el resto de los profesionales que se vinculan con la industria alimentaria, desarrolla sustancias químicas y procesos que impiden, en este caso, la sedimentación del cacao y permiten la buena estabilidad de la leche chocolatada en el tiempo. Muchas veces este factor se toma como sinónimo de calidad del producto y puede justificar la diferencia de precio con productos similares. Es sencillo comprobar lo que se ha dicho. Basta sólo con comparar la leche chocolatada que se obtiene agregando dos cucharadas de cacao en polvo comercial a un vaso de leche, con el contenido de una cajita de la leche chocolatada lista para consumir.

• **Emulsiones:** en este tipo de dispersiones, una de las fases es un aceite o una grasa y la otra fase es acuosa. Hay dos tipos de emulsiones:

1. emulsiones aceite en agua: la fase dispersa (gotitas) es aceite y la fase continua es acuosa, como la mayonesa y la crema de leche,
2. emulsiones agua en aceite: la fase dispersa es acuosa y la fase continua es una grasa, como la manteca y la margarina.



Mayonesa



Postre con crema de leche



Manteca

Figura 29. Emulsiones alimentarias.

Actividad experimental N°4: “Emulsiones”

Materiales:

- mayonesa
- crema de leche
- manteca
- margarina
- porta y cubreobjetos
- microscopio (100X – 400X)

Desarrollo

1. Colocar una pequeña cantidad de cada producto (una gota o un trocito muy pequeño) sobre portaobjetos.
2. Luego agregar un cubreobjeto encima de cada gota o trocito.
3. Observar al microscopio con aumento de 100X y 400X.
4. Dibujar todas las observaciones y, si es factible realizarlo, registrar utilizando cámara fotográfica.
5. Describir cada uno de los sistemas observados en detalle.

Análisis de los resultados

- a. Establecer en cada caso si se trata de productos homogéneos o heterogéneos. Justificar la respuesta.
- b. Con la ayuda del listado de los ingredientes que figuran en el rótulo, identificar, en cada caso, la fase continua y la fase dispersa (gotas).

• **Espumas:** las espumas son dispersiones en las cuales la fase dispersa son burbujas de gas o de aire y la fase continua puede ser líquida (merengue) o sólida (bizcochuelo).

Actividad experimental N°5: “Espumas sólidas”

Materiales

- 2 cajas de polvo para preparar bizcochuelo
- leche y huevos (según indicaciones del envase)
- utensilios necesarios para preparar los bizcochuelos
- horno

Desarrollo

1. Preparar un bizcochuelo según las indicaciones del envase y hornear.
2. Preparar el segundo bizcochuelo, mezclando los ingredientes, pero sin batir con batidora eléctrica (evitando la incorporación de aire) y hornear.
3. Una vez fríos, ambos productos, cortar una porción de forma cúbica (aprox de 3 cm de lado) de cada uno.
4. Comparar el alveolado (burbujas) de ambos.
5. Pesar ambos cubos.
6. Calcular el volumen que ocupa cada uno (volumen de un cubo = lado x lado x lado).

7. Calcular la densidad de cada bizcochuelo: $\text{densidad} = \text{masa}/\text{volumen}$.

Nota: el trabajo práctico se puede realizar con menor cantidad de polvo para preparar bizcochuelo, por ejemplo, una cuarta parte de la receta, utilizando recipientes más pequeños.

Análisis de los resultados

- Establecer cuál es la relación que existe entre la cantidad de aire que incorpora el producto y la densidad del mismo.
- Determinar en qué manera afecta la incorporación de aire la textura de un bizcochuelo y la aceptabilidad del mismo por los consumidores.



Figura 30. Bizcochuelos (espumas sólidas) con diferente alveolado.

PARA ANALIZAR

- Comprar distintos tipos de panes (pan lactal, pan tipo baguette, flautita, etc) y observar el *alveolado* de cada rebanada de ellos. Establecer, luego, cómo influye la cantidad y distribución de los alvéolos en la textura de los distintos panes.



Pan de molde

Pan francés

Pan de hamburguesa

Pan pebete

Figura 31. Panes (espumas sólidas) con diferente alveolado.

- Comparar el volumen que ocupa 1 kg de helado artesanal y 1 kg de helado industrial. Deducir, luego, cuál de ellos posee en su formulación mayor cantidad de aire. Analizar cuáles pueden ser las causas por las cuales el helado artesanal se vende por peso (kg) y el helado industrial se vende por volumen (litro).



Helado artesanal



Helado industrial

Figura 32. Helados (espumas sólidas) con distinta cantidad de aire incorporado.

- **Geles:** Los geles son estructuras en las cuales la fase líquida está atrapada en una red tridimensional. La fase sólida que retiene al líquido puede ser un polisacárido (almidón, pectina, goma carragen) o una proteína (gelatina).

Como ejemplo de geles se encuentran distintos postres preparados a partir de polvos que se disuelven en agua o leche, como por ejemplo:

- la gelatina, que se disuelve en agua caliente y posteriormente se enfría en la heladera,
- los postres de almidón o maicena, los cuales se disuelven en leche, se cocinan unos minutos y luego se enfrían,
- los postres tipo flan, que contienen gomas alimenticias como el carragen (ver capítulo “Los Hidratos de Carbono”) y se preparan de igual forma que los postres de almidón.



Gelatina



Postre de almidón



Flan

Figura 33. Geles alimentarios.

Actividad experimental N°6: “Formación de geles”

Materiales:

- polvo para preparar postre de gelatina
- polvo para preparar postre de almidón o maicena
- polvo para preparar postre tipo flan
- leche o agua (según corresponda)
- utensilios de cocina para preparar los postres

Desarrollo

Primera parte

- Preparar aproximadamente 200 ml de:
 - postre de gelatina,
 - postres de almidón o maicena,
 - postre tipo flan, según las indicaciones de cada producto.
- Transferir a envases adecuado y almacenar en la heladera durante 24 hs.
- Retirar de la heladera y observar los geles formados, comparando:
 - consistencia,
 - capacidad de mantener la forma una vez cortado,
 - palatabilidad (sensación al paladar).

Segunda parte

4. Colocar una muestras de cada postre en un recipiente adecuado y calentar en baño de agua a 100°C durante 30 minutos.
5. Volver a colocar la muestra en la heladera durante 24 hs.
6. Retirar de la heladera y observar los productos que se obtienen comparando nuevamente:
 - a. consistencia,
 - b. capacidad de mantener la forma una vez cortado,
 - c. palatabilidad (sensación al paladar).

Análisis de los resultados

De acuerdo con lo observado, estimar cuál o cuáles de los productos obtenidos, luego del segundo calentamiento, podría ofrecerse al consumidor y cuál o cuáles no. Justificar su respuesta.

2. LOS HIDRATOS DE CARBONO

2.1. Introducción

Los hidratos de carbono o carbohidratos son moléculas orgánicas formadas por carbono, hidrógeno y oxígeno. Según su estructura, se los pueden clasificar en *monosacáridos*, *disacáridos*, *oligosacáridos* y *polisacáridos*.

Los monosacáridos son los carbohidratos más simples: poseen entre 3 y 6 átomos de carbono. Cuando se unen dos de ellos se forma un disacárido, que al igual que los monosacáridos, poseen sabor dulce, son solubles en agua y son los responsables, al estar junto con las proteínas, del color y el aroma que adquieren muchos alimentos durante su cocción o procesamiento, por ejemplo, el color de la corteza del pan, del dulce de leche y de la carne cocida.

Los oligosacáridos son otro tipo de hidratos de carbono, constituidos entre 3 y 10 unidades de monosacáridos. Cuando la cantidad de unidades es mayor a 10 (muchas veces entre cientos y miles), el polímero que se forma se llama polisacárido. Estos carbohidratos no son dulces ni solubles en agua, pero se utilizan ampliamente en la industria alimenticia como agentes espesantes o gelificantes, por ejemplo en yogures, postres lácteos, polvos para preparar flanes y mousses, jaleas y mermeladas, entre otros.

Los hidratos de carbono reciben este nombre debido a que su fórmula molecular se puede expresar en forma general como $C_x(H_2O)_y$. En el caso de los monosacáridos, por cada átomo de carbono está asociada una molécula de agua. Por ejemplo, $C_6(H_2O)_6$ representan a todos los monosacáridos que poseen 6 carbonos, como por ejemplo la glucosa, la fructosa y la galactosa. Para el resto de los carbohidratos, la relación no es uno a uno, ya que por cada unión que se forma entre dos monosacáridos, se libera una molécula de agua. Por ejemplo la fórmula molecular de la maltosa, que se forma a partir de dos moléculas de glucosa, es $C_{12}(H_2O)_{11}$. En el caso de los polisacáridos es más difícil expresar la forma molecular, pero se podría representar como $C_n(H_2O)_{n-x}$, donde x es la cantidad de enlaces que posee dicho polisacárido.

2.2. Mono y disacáridos

2.2.1. Estructura química de monosacáridos

Los monosacáridos son los hidratos de carbono más simples. Se clasifican según la cantidad de átomos de carbono en triosas (3 átomos de carbono), tetrosa (4 átomos de carbono), pentosa (5 átomos de carbono) y hexosa (6 átomos de carbono). A su vez, se pueden clasificar según el grupo funcional que poseen en aldosas (si tienen un grupo aldehído) y cetosas (si tienen un grupo cetona).

De todos estos carbohidratos las hexosas son las más abundantes en los alimentos y en particular lo son la glucosa y la fructosa. Estos dos azúcares son isómeros de función ya que la glucosa es una aldosa y la fructosa es una cetosa (**Figura 1**). Esta pequeña diferencia química les otorgan diferentes propiedades particulares, por ejemplo, la fructosa es más dulce y absorbe agua con más facilidad que la glucosa.

La **figura 1** muestra las *representaciones de Fischer* de la glucosa y la fructosa. En este tipo de representación, los carbonos forman una cadena lineal abierta y se numeran a partir del carbono aldehídico o del carbono terminal más próximo al grupo cetona, según sea una aldosa o una cetosa, respectivamente. Como estos grupos carbonilo (aldehído o cetona) tienen una alta reactividad y pueden formar con los oxhidrilos de la misma molécula una unión intramolecular, los azúcares pueden formar anillos de 5 ó 6 átomos, que reciben el nombre de furanos o piranos, respectivamente. Estas estructuras cíclicas se representan mediante las proyecciones de *Haworth*. En solución acuosa, la estructura lineal y la cíclica están en equilibrio. La **figura 2** ejemplifica el proceso de formación de una molécula de glucopiranos.

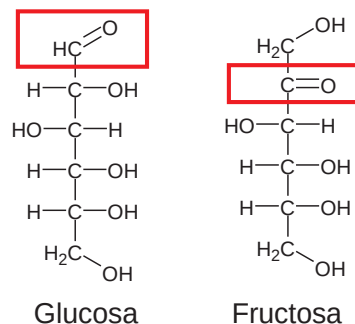


Figura 1. Estructuras de Fischer de las moléculas de glucosa y fructosa.

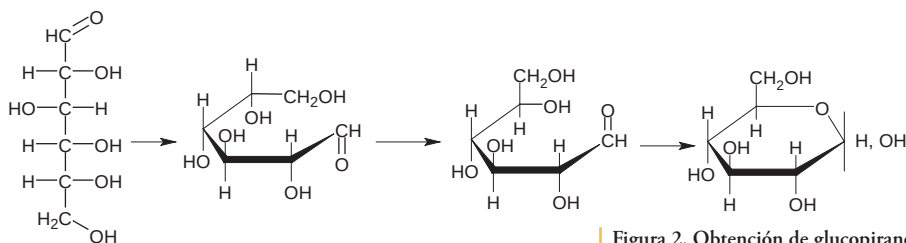


Figura 2. Obtención de glucopiranos.

Cuando se forma el anillo, el grupo aldehído o cetona se transforma en un grupo alcohol, que puede ubicarse arriba o abajo del anillo dando lugar a dos isómeros. Cuando se coloca abajo el isómero se llama α y cuando se coloca arriba, β (**Figura 3**). Esta pequeña diferencia estructural va a dar lugar a diferencias muy importantes en el comportamiento de los hidratos de carbono en los alimentos. Por ejemplo, el almidón está formado por unidades de α -glucosa y la celulosa por unidades de β -glucosa. (Ver más adelante en este capítulo).

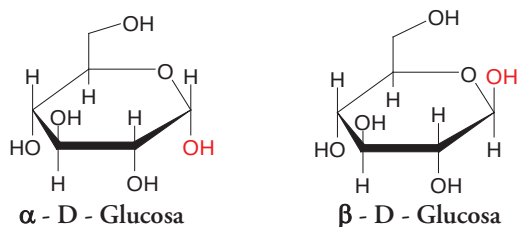


Figura 3. Isómeros α y β de la molécula de glucosa

Las uniones entre distintos monosacáridos para dar lugar a los di- oligo- o polisacárido se llaman enlaces glucosídicos. Como se verá más adelante, los enlaces más comunes son:

- a. Uniones 1 $\rightarrow$ 2 (se produce entre el carbono 1 de un monosacárido y el carbono 4 del otro)
- b. Uniones 1 $\rightarrow$ 4 (se produce entre el carbono 1 de un monosacárido y el carbono 4 del otro)
- c. Uniones 1 $\rightarrow$ 6 (se produce entre el carbono 1 de un monosacárido y el carbono 6 del otro)

El tipo de enlace con que se unen los monosacáridos es también un factor que determina el comportamiento de los carbohidratos.

2.2.2. Estructura química de disacáridos

Los disacáridos están formados por dos unidades de monosacáridos. Los más abundantes en los alimentos son la sacarosa, la lactosa y la maltosa.

• Sacarosa

La sacarosa o azúcar común, es el disacárido más abundante. Se obtiene a partir de la caña de azúcar y de la remolacha azucarera. Está formada por una molécula de glucosa y una de fructosa, unidas por enlace β - (1,2), entre el carbono 1 de la β - glucosa y el carbono 2 de la fructosa (Figura 4).

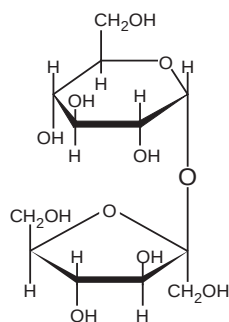


Figura 4. Sacarosa o azúcar común de mesa.

• Maltosa

La maltosa es el componente principal del jarabe de malta. Se obtiene a partir de la cebada y es la materia prima básica en la elaboración de cerveza. Está formada por dos moléculas de glucosa unidas por enlace α - (1,4). Este enlace se produce entre el carbono 1 de la α - glucosa y el carbono 4 de otra glucosa (Figura 5).

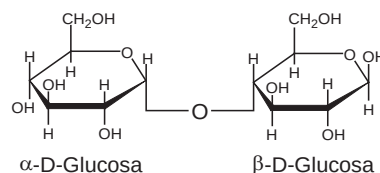


Figura 5. Maltosa presente en el jarabe de malta.

• Lactosa

La lactosa es el azúcar de la leche. Está formada por una molécula de galactosa y una molécula de glucosa unidas mediante enlace β - (1,4), entre el carbono 1 de la β - galactosa y el carbono 4 de la glucosa (Figura 6).

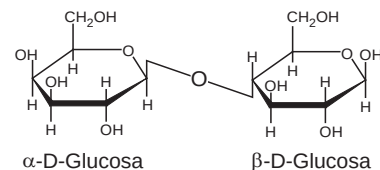


Figura 6. Lactosa o azúcar de la leche.

2.2.3. Propiedades funcionales de mono y disacáridos

Los monos y disacáridos, también conocidos como azúcares, son un componente fundamental de los alimentos. Entre sus propiedades más importantes se pueden destacar su sabor dulce, su gran afinidad por absorber y retener agua y su solubilidad. Tienen también la ca-

pacidad de cristalizar o formar estructuras amorfas que influyen en la textura de los alimentos. Además intervienen en reacciones que generan colores y sabores durante la cocción. A continuación se estudiarán estas propiedades y su importancia en los alimentos.

• Sabor dulce

Los azúcares tienen la capacidad de aportar sabor dulce. El dulzor es una propiedad subjetiva que hasta el momento ningún instrumento excepto las papilas gustativas ha sido capaz de medir. Expertos en el tema, a través del uso de los sentidos como instrumentos de medición previamente calibrados o entrenados, llevan a cabo tales mediciones aplicando la llamada evaluación sensorial.

Los cinco sabores básicos (dulce, salado, ácido, amargo y *umami*) son detectados por los sensores proteínicos específicos ubicados en la lengua, y la sensación es transmitida luego a nuestro cerebro donde se la reconoce como tal.



Dulce (miel)



Salado (sal)



Ácido (limón)



Amargo (café)



Umami (papas fritas industriales)

Figura 7. Los cinco sabores básicos

Cada azúcar tiene una intensidad de dulzor diferente que se puede cuantificar por comparación con el sabor dulce de la sacarosa que se le asigna de forma arbitraria el valor de 100.

Los azúcares no son las únicas sustancias que pueden aportar sabor dulce en los alimentos. Los polialcoholes son también muy utilizados para cumplir con esta función. Estas sustancias son de la familia de los hidratos de carbono y se obtienen cuando el grupo aldehído o cetona se reduce a un grupo alcohol. Algunos de los más importantes son el sorbitol y el xilitol (Figura 8), que se obtienen por reducción de la glucosa, la xilosa y la sacarosa, respectivamente.

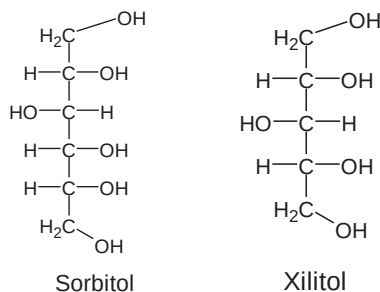


Figura 8. Moléculas de sorbitol y xilitol (pueden usarse en chiclets sin azúcar).

En la **Tabla 1** se comparan el sabor dulce de algunos azúcares y polialcoholes.

Carbohidratos Edulcorantes	Sabor dulce relativo
Sacarosa	100
Glucosa	80
Fructosa	180
Lactosa	32
Sorbitol	50
Xilitol	100

Tabla 1. Comparación del sabor dulce de distintos azúcares y polialcoholes.

• Afinidad por el agua

Todos los hidratos de carbono tienen cierta afinidad por el agua, ya que los grupos alcohol (-OH) interactúan con esta molécula. Sin embargo dependiendo de la estructura tridimensional del azúcar (la forma que tiene en el espacio) esta interacción puede ser grande o pequeña. Por ejemplo, la lactosa (azúcar de la leche) es poco afín con el agua y se puede emplear en recubrimientos y pastillas pues no se humedece. En cambio la fructosa (azúcar presente en la miel y frutas), si se la deja en contacto con la humedad de la atmósfera, es capaz de absorber el doble de su peso en agua en sólo 15 días.

En la **Tabla 2** se muestran datos referidos a la cantidad de agua que absorben los azúcares presentes en los alimentos.

Para analizar:

cuando se calienta una solución de sacarosa en medio ácido; por ejemplo agregándole unas gotas de jugo de limón, el enlace que une a la glucosa con la fructosa se hidroliza (se rompe), obteniéndose una mezcla que se llama azúcar invertido que tiene una molécula de glucosa y una de fructosa por cada molécula de sacarosa que se hidrolizó. En base a esta información, ¿cómo será el sabor dulce de esta mezcla en comparación a la sacarosa sin hidrolizar?

Sugerencia: consultar **Tabla 1**.

Para investigar:

- investigar cuál es la composición de la miel y, de acuerdo con la **Tabla 1** justificar su sabor dulce,
- investigar los usos y la función del sorbitol en los alimentos.

Fuentes de referencia:

- Badui, S.D., *Química de los Alimentos* (2006). Ed. Pearson. México.
- Cubero N., y otros, *Aditivos Alimentarios*, (2002), Ed Mundiprensa, España
- Fennema, O. *Química de los Alimentos* (2000). Ed Acribia. España.
- http://www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/apicola/01_info/e_consumidor/Miel_01.htm

Azúcares	60%, 1h	60% 9 días	100% 25 días
Glucosa	0,07	0,07	14,5
Fructosa	0,28	0,63	73,4
Sacarosa	0,04	0,03	18,4
Maltosa anhidra	0,80	7,0	18,4
Maltosa hidratado	5,05	5,1	-----
Lactosa anhidra	0,54	1,2	1,4
Lactosa hidratado	5,05	5,1	-----

Tabla 2. Agua absorbida (%) a varias HR (humedad relativa ambiente) y tiempos.

Actividad experimental N°7: “Capacidad de absorción de agua de galletitas”

Materiales:

- galletitas elaboradas con miel (pueden ser compradas o hechas en casa),
- galletitas tipo “de agua”,
- balanza tipo granataria de laboratorio.

Desarrollo

1. Tomar un par de las galletitas elaboradas con miel y pesarlas.
2. Dejarlas durante un día sobre una mesada y volver a pesarlas.
3. Repetir la operación todos los días durante 5 días.
4. Hacer lo mismo con otra galletita dulce elaborada con azúcar y con una galletita tipo “de agua”.



Galletitas tipo “agua”



Galletitas dulces

Análisis de los resultados

- a. Relacionar lo observado con la composición de cada uno de los productos (para esto consultar los rótulos de los alimentos trabajados o las recetas) y justificar el comportamiento.
- b. Si se compran dos tipos de galletitas, una elaborada con azúcar (sacarosa) y la otra con miel, ¿cuál permanecerá crujiente durante más tiempo? Justificar la respuesta.

Sugerencia: consultar los datos de la **Tabla 2**.

- c. Deducir de qué manera debe seleccionarse el envase de una galletita para que no se deteriore al pasar el tiempo, siempre que no se abra el envoltorio.
- d. ¿Tiene alguna vinculación lo analizado en el ítem **b** con la composición química de cada producto? Si es así, ¿cómo es la relación?

Consultar:

<http://www.eufic.org/article/es/artid/novedades-ensado-alimentos/>
http://www.calidadalimentaria.net/envases_inteli.php

• Reacciones de pardeamiento

Los azúcares son responsables de las reacciones de pardeamiento que ocurren durante la cocción y/o el procesamiento de alimentos y dan como resultado la formación de productos que aportan colores marrones o pardos y diversos aromas. Entre este tipo de reacciones se pueden distinguir la reacción de *Maillard* y la reacción de caramelización.

Reacción de Maillard

Esta reacción, es en realidad un conjunto de transformaciones muy complejas en las que intervienen hidratos de carbono y aminoácidos o proteínas (ver capítulo “**Las Proteínas**”). Es la responsable del color y el aroma deseable que se generan durante la cocción de alimentos como el pan y el dulce de leche, pero ocasiona también pérdida en el valor nutritivo de las proteínas. Cuando la temperatura de cocción es excesiva puede generar colores muy oscuros y sabores amargos, indeseables en los alimentos, y dar origen a compuestos potencialmente cancerígenos como la acrilamida.

En esta reacción, los factores que influyen son:

a) **Tipo de hidrato de carbono:** los monosacáridos son más reactivos que los disacáridos.

b) **Tipo de aminoácido:** influye principalmente en el aroma generado en la reacción. En la **Tabla 3** se muestran los olores producidos por calentamiento de algunos aminoácidos con glucosa.

Aminoácido	Olor
Valina	Pan de centeno
Fenilalanina	Floral
Alanina	Dulce
Metionina	Podrido, desagradable

Tabla 3. Olores producidos por calentamiento de algunos aminoácidos con glucosa a 100°C.

c) **Concentración de hidrato de carbono y/o aminoácidos o proteínas:** al aumentar la concentración de sustratos, aumenta la intensidad del color.

d) **Tiempo y temperatura de cocción:** al aumentar el tiempo y la temperatura, aumenta la intensidad del color.

e) **pH:** la reacción se ve favorecida a pH alcalinos ($\text{pH} > 7$) y se inhibe a pH ácidos ($\text{pH} < 7$).

f) **Inhibidores:** el agregado de inhibidores como el sulfito, bisulfito y metasulfitos, intervienen en la etapa de inducción y evita o retrasa la formación de productos coloreados.

Actividad experimental N°8:

“Aplicación de la reacción de Maillard en dulce de leche y panificados”.

Primera parte: dulce de leche

Materiales:

- leche
- sacarosa o azúcar común de mesa
- glucosa
- fructosa
- bicarbonato de sodio
- olla
- cuchara
- frascos de vidrio
- cocina o equipo de laboratorio para calentamiento



Desarrollo

1. Disolver el azúcar en medio litro de leche y hervir unos pocos minutos.
2. Agregar todo el bicarbonato, disuelto en un poco de agua.
3. Seguir concentrando y agregando el resto de la leche y la glucosa hasta obtener una consistencia tal que, al colocar una porción de dulce sobre un plato, al enfriarse no se deslice.
4. Interrumpir el calentamiento.
5. Transvasar a un recipiente de vidrio incoloro transparente y dejar enfriar.

Muestra	Leche entera	Sacarosa	Glucosa	Fructosa	Bicarbonato de sodio
1	1 litro	180 g	10 g	-----	0,500 g
2	1 litro	180 g	10 g	-----	1,500 g
3	1 litro	-----	10 g	180 g	0,500 g
4	1 litro	-----	190 g	-----	0,500 g

Tabla 4.

Realizar este procedimiento con todas las muestras de la tabla 4.

Análisis de los resultados

- a. Comparar el color y el sabor de las muestras 1, 3 y 4 y establecer cómo influye el tipo de azúcar en el color y en el sabor de los dulces de leche preparados.
- b. Si el pH del bicarbonato de sodio es alcalino y en la elaboración del dulce de leche se verifica la reacción de Maillard, explicar el porqué se lo utiliza entonces como ingrediente en la elaboración de dulce de leche.

Segunda parte: panificados

Materiales:

- harina de trigo
- levadura deshidratada
- azúcar común de mesa
- sal común de mesa
- agua
- cuchillo
- asadera enmantecada
- horno de cocina



Desarrollo

1. Mezclar 2 ½ tazas de harina de trigo (aprox 300 g), medio sobre de levadura deshidratada (5 g), ½ cucharadita de azúcar (3 g) y ¼ de cucharadita de sal (1.5 g).
2. Agregar agua y mezclar todos los ingredientes.
3. Amasar hasta obtener una masa homogénea y moldeable.
4. Dejar levar la masa hasta que doble su volumen (a 30-35°C).
5. Dividir la masa en 3 partes iguales, volver a amasar y darles forma de bollos.
6. Hacer un corte en la parte superior de los bollos con un cuchillo bien afilado o cutter.
7. Colocar en asadera enmantecada y dejar levar hasta que los bollos dupliquen su volumen inicial.
8. Cocinar los panes durante 15, 30 y 45 minutos en horno moderado (200°C).

Análisis de resultados

- Comparar el color de la corteza de los 3 panes y determinar cómo influye en el color el tiempo de cocción. Justificar la respuesta.
- Cortar por la mitad el pan que se cocinó durante 30 minutos y comparar el color de la miga y de la corteza. Relacionar las observaciones realizadas con la temperatura que alcanza el pan dentro del horno en la superficie (corteza) y en el interior (miga). Justificar la respuesta.

Caramelización

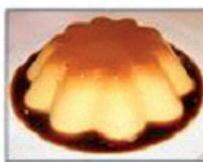
Aunque este grupo de reacciones tiene como único reactivo a los azúcares (no necesita aminoácidos ni proteínas), los factores que influyen en su velocidad son los mismos que en la reacción de Maillard: tipo de azúcar, pH, y tiempo y temperatura de calentamiento. La caramelización se produce cuando una solución concentrada de azúcar es tratada a alta temperatura. Puede ocurrir tanto en medio ácido como alcalino, pero los productos obtenidos dependen de estas condiciones:

- Caramelización en medio ácido:** se produce por la deshidratación de los azúcares y posterior polimerización. En estas reacciones se forman principalmente compuestos de alto peso molecular con doble enlaces conjugados. Por lo tanto, el caramelo obtenido es oscuro y tiene poco aroma.
- Caramelización en medio alcalino:** se producen isomerizaciones de los azúcares y fragmentaciones de las cadenas, generándose compuestos volátiles de bajo peso molecular. El caramelo obtenido en este caso es más claro que el anterior pero tiene más aroma.

Actividad experimental N°9: “Caramelización en medio ácido y alcalino”.

Materiales:

- sacarosa o azúcar común de mesa
- jugo de limón
- bicarbonato de sodio
- agua
- vaso de precipitados
- varilla de vidrio
- equipo de calentamiento



Desarrollo

- Pesar, en diferentes vasos, 50 gramos de sacarosa en cada uno, agregar 100 ml de agua y las sustancias indicadas en la **Tabla 5**.
- Agitar hasta completa disolución del azúcar.
- Calentar agitando suavemente. Controlar el tiempo en que comienza el oscurecimiento en cada vaso.
- Seguir calentando por dos minutos más.

Muestra	Sustancias
1	-----
2	5 cucharadas de jugo de limón
3	1 cucharadita de bicarbonato de sodio

Tabla 5.

Análisis de resultados

- a. Comparar el color y el aroma de los productos obtenidos.
- b. Relacionar estas observaciones con el pH del agua, el pH del bicarbonato de sodio y pH del ácido cítrico.
- c. Justificar los colores y aromas observados.

En la **Tabla 6** se comparan similitudes y diferencias entre la reacción de caramelización y la de Maillard.

	Reacción de Maillard	Caramelización
Similitudes	Son reacciones de pardeamiento. Se producen durante la cocción. Producen compuestos responsables del color y del aroma de alimentos.	
Diferencias	Puede ocurrir incluso a temperatura ambiente.	Requiere muy altas temperaturas.
	Necesitan hidratos de carbono y aminoácidos o proteínas como reactivos.	Sólo necesitan hidratos de carbono como reactivo.
	La intensidad del color aumenta a pH alcalino.	La intensidad del color aumenta a pH ácidos.

Tabla 6.

• **Formación de cristales, “vidrios” y “gomas”**

Los azúcares pueden presentarse en estado sólido en tres formas diferentes: cristalino, vítreo y gomoso. Estas formas se diferencian entre sí por la movilidad y el grado de ordenamiento que tienen las moléculas de azúcar e influyen en la textura y en la conservación de los alimentos. En estado cristalino, las moléculas están muy ordenadas. Es una estructura rígida y estable en el tiempo (si no se modifican las condiciones externas de presión, temperatura, humedad, etc. no se altera). Como ejemplo de estructura cristalina se encuentran el azúcar de mesa (sacarosa) y las pastillas opacas (blancas o de colores) que vienen en tubitos.

La cristalización se produce cuando las moléculas de azúcares tienen tiempo suficiente para poder ordenarse. Por ejemplo, si se deja reposar una solución concentrada de algún azúcar, en pocos días, se obtienen cristales. La velocidad con que los azúcares cristalizan depende del tipo de azúcar, de la concentración de la misma y de la presencia de otras sustancias en el alimento. Por ejemplo, la reducción en la formación de cristales se puede lograr agregando una pequeña cantidad de otro azúcar, ya que actúa como impureza y dificulta el ordenamiento de las moléculas. Por ejemplo, al dulce de leche se le suele agregar pequeñas cantidades de glucosa para evitar la cristalización de la sacarosa que provoca una textura granulosa indeseable.

Actividad experimental N°10: “Obtención de cristales de sacarosa”.

Materiales:

- sacarosa o azúcar común de mesa
- agua
- taza
- vaso de precipitados
- equipo de calentamiento
- vaso largo transparente
- palitos de brochette
- broche
- cámara digital o celular con cámara (opcional)

Desarrollo

1. Colocar 1 taza de agua y 1½ taza de azúcar en un recipiente.
2. Luego de que empieza la ebullición, tapar el recipiente y calentar 5 minutos.
3. Transferir el líquido a un vaso largo.
4. Dejar enfriar hasta temperatura ambiente e introducir un palito de brochette (con cristales de azúcar pegados en la superficie) cuidando de no llegar hasta el fondo del vaso (Figura 9a).
5. Dejar reposar (sin mover) durante 1 ó 2 semanas, realizando observaciones periódicas y registrando los resultados con cámara digital.
6. Una vez terminado el experimento, retirar el palito y dejar secar (Figura 9b).

Análisis de resultados

- a. Establecer cómo influye el tiempo en la cristalización de la sacarosa y explicar el porqué es necesario esperar varios días para obtener cristales.
- b. Predecir de qué forma se modificarían los resultados anteriores si, a la solución de sacarosa antes de calentarla, se le agregaran unas gotas de jugo de limón. (Recordar que el calentamiento en medio ácido produce la hidrólisis de la sacarosa).

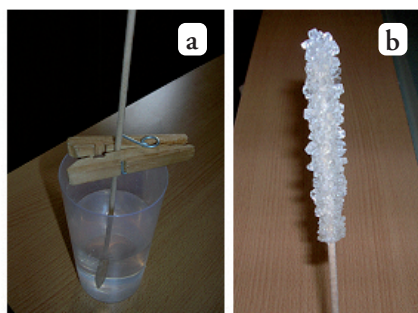


Figura 9. (a) Preparación del palito de brochette para que se formen los cristales. (b) Palito de brochette luego del crecimiento de cristales.

Además de formar cristales, los azúcares pueden presentar estructuras amorfas que pueden ser vítreas (duras) o gomosas (blandas). En estado amorfo las moléculas no están ordenadas, y esta característica le da una textura particular a los alimentos. Los alimentos en estado vítreo, como los caramelos duros y la corteza del pan, son duros y crujientes pero tienen más facilidad de absorber agua que en estado cristalino y se pueden volver blandos (gomosos) cuando absorben agua (humedad del ambiente). Los sólidos gomosos, por el contrario, ya son blandos en su estado natural, como los caramelos blandos y la miga de pan. Estos productos con el

tiempo pueden llegar a cristalizar (en el caso de los caramelos), adquiriendo una textura granulosa o pueden perder agua y pasar a estado vítreo volviéndose duros, como la miga del pan 1 ó 2 días después de que se elaboró, si no se la guardó en una bolsa bien cerrada.

Por lo tanto, es de vital importancia conocer el estado en que se encuentran los alimentos sólidos (cristalino, vítreo o gomoso), para mantener las condiciones adecuadas de almacenamiento (temperatura, humedad, material de envase, etc.) y aumentar su vida útil.



Estado cristalino.
Caramelos "pastillas"



Estado amorfo vítreo.
Cobertura de manzanas



Estado amorfo gomoso.
Caramelos masticables

Figura 10. Ejemplos de estados cristalino y amorfo.

Actividad experimental N°11: "Obtención de caramelo de sacarosa en estado amorfo".

Materiales:

- azúcar
- jugo de limón
- agua
- vaso de precipitados
- termómetro (que alcance 200°C)
- papel aluminio
- equipo de calentamiento

Desarrollo

1. Mezclar en un recipiente 150 g de azúcar, 50 ml de agua y 5 gotas de jugo de limón.
2. Tapar el recipiente y calentar a ebullición.
3. Medir la temperatura y volcar una porción de la solución (aproximadamente una cucharada) sobre papel aluminio.
4. Continuar calentando hasta que la solución aumente en 10°C su temperatura y volver a volcar una porción del mismo tamaño sobre el papel aluminio.
5. Repetir el procedimiento, sacando muestra cada 10°C, hasta llegar a los 170-180°C.
6. Dejar enfriar todas las muestras.

Análisis de resultados

- a. Establecer en forma general la tendencia que existe entre la temperatura de ebullición de la solución azucarada y la concentración de sacarosa.
- b. Comparando la textura de los caramelos obtenidos por calentamiento a distintas temperaturas, determinar cómo se relaciona el estado del azúcar (vítreo o gomoso) con el contenido de agua de la solución.
- c. Justificar el cambio de color que se observa en algunas muestras a distintos tiempos, explicando qué reacción de pardeamiento está ocurriendo.

2.3. Polisacáridos

Los polisacáridos son polímeros lineales o ramificados de elevado peso molecular formados por cientos o miles de monosacáridos, unidos entre sí mediante enlaces glucosídicos. Según su origen y estructura química, se los puede clasificar en almidones, celulosa y gomas vegetales.

Almidones: son polisacáridos vegetales. Fisiológicamente son sustancias de reserva que se encuentran principalmente en los granos de cereales, tubérculos, frutas y en varias legumbres. En la industria de alimentos se emplean, no solamente almidones nativos (sin modificación) sino, también, sus productos derivados: jarabes y almidones modificados.

Celulosa: es el principal polisacárido estructural del reino vegetal (a pesar de no utilizarse como aditivo debido a su gran insolubilidad en agua); a partir de ella se obtienen una gran cantidad de derivados como la celulosa microcristalina (CMM), la metilcelulosa (MC) y la carboximetilcelulosa (CMC), que tienen buenas propiedades espesantes y estabilizantes.

Gomas vegetales: son productos que se utilizan como espesantes o gelificantes en diversos productos alimentarios. Según la fuente de las que se extraen se las puede agrupar de la siguiente manera:

- obtenidas de subproductos vegetales (cáscaras y semillas de frutas): pectinas (1)
- derivados de algas: alginatos, carragenes, agar-agar (2)
- derivados de semillas: goma guar y goma garrofin (3)
- obtenidos de exudados de plantas: goma arábiga, goma tragacanto y goma Baraya (4)
- obtenidas con el auxilio de microorganismos por biotecnología: goma xantán (5)



Harinas



Vegetales: fuentes de fibras alimentarias



(1)

1. CÁSCARA Y SEMILLAS DE CÍTRICOS. Fuente de pectinas.

Son polisacáridos derivados del ácido galacturónico con diferentes grados de metilación.

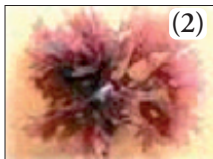


(2)

2. ALGAS

Algas marrones: fuente de alginatos. Son polisacáridos derivados de un ácido poliurónico (ácido algínico).

Algas rojas: fuente de carragenes. Son polisacáridos constituidos por mezclas de varios galactanos parecidos entre sí con grupos semiester sulfatos unidos a las unidades de azúcar. Los carragenanos comerciales contienen diferentes proporciones de los tres tipos principales: lambda, iota y kappa.



(2)



(2)



(2)

3. DERIVADOS DE SEMILLAS. Fuente de goma guar y garrofin.

La goma de algarroba, o goma garrofin se obtiene de las semillas de algarrobo *Ceratonia siliqua*, un árbol que crece en las regiones mediterráneas.



(3)



(3)



(4) Goma arábica

4. EXUDADOS DE PLANTAS. Fuente de goma arábica.

La goma arábica aparece como un exudado resinoso sobre heridas y grietas de la corteza de los árboles cuyo objetivo es la protección de la herida contra la invasión de enfermedades.

5. OBTENIDA CON EL AUXILIO DE MICROORGANISMOS POR BIOTECNOLOGÍA. Fuente de goma xantán.

La goma xantán es un exopolisacárido producido por *Xanthomonas campestris*, un patógeno de las coles. El microorganismo se cultiva a escala industrial por fermentación aerobia en un medio formado básicamente por jarabe de glucosa obtenido a partir de la hidrólisis del almidón de maíz. La goma se forma como un polisacárido exocelular.



(5) Hoja de col dañada por *Xanthomonas campestris*.



Fotografía de una placa de agar con cultivo de *Xanthomonas campestris*

2.3.1. Estructura química y propiedades funcionales

La principal aplicación de los polisacáridos en alimentos es como agentes espesantes o gelificantes. La diferencia en el comportamiento depende de la estructura tridimensional que tiene el polisacárido, de su concentración y de la interacción con otros componentes del alimento (proteínas, lípidos, azúcares, iones, etc.). Estos factores van a determinar cómo interactúan sus cadenas entre sí y con el agua. Un gel es una estructura tridimensional que retiene una gran cantidad de agua en su interior. Para que puedan formarse las cadenas de polisacáridos deben tener zonas de unión entre sí pero, también tienen que poder interactuar con el agua que queda retenida en los espacios huecos de la estructura. Si las zonas de unión son débiles o no existen, el polisacárido no puede formar gel pero aumenta la viscosidad de la mezcla ya que sus cadenas interactúan con el agua y la “inmovilizan” en la dispersión. Para ambos tipos de comportamiento es necesario lograr previamente una buena dispersión del polisacárido.



Figura 11. Esquema del comportamiento como espesantes y gelificantes de los hidrocoloides.

En la **figura 11** se muestra un esquema general del comportamiento de los polisacáridos como espesantes y gelificantes, sin embargo, las condiciones necesarias para que cada polisacárido gelifique o actúe como espesante son particulares de cada uno de ellos y dependen de su estructura química.



Espesante (postre)



Estabilizante (yogurt)



Gelificante (flan)

Figura 12. Propiedades funcionales de Polisacáridos.

• Almidones

Son polisacáridos vegetales que se encuentran principalmente en los granos de cereales (trigo, arroz, maíz, cebada, centeno), tubérculos (papa, batata, mandioca), y legumbres (garbanzo, soja). Están compuestos, a su vez, por dos tipos de polisacáridos, la amilosa y la amilopectina, ambas constituidas por unidades de glucosa. La diferencia entre ellas es que la amilosa es una molécula lineal, con uniones α -(1,4) y la amilopectina es ramificada y posee uniones α -(1,4) y α -(1,6) (**Figura 13**).

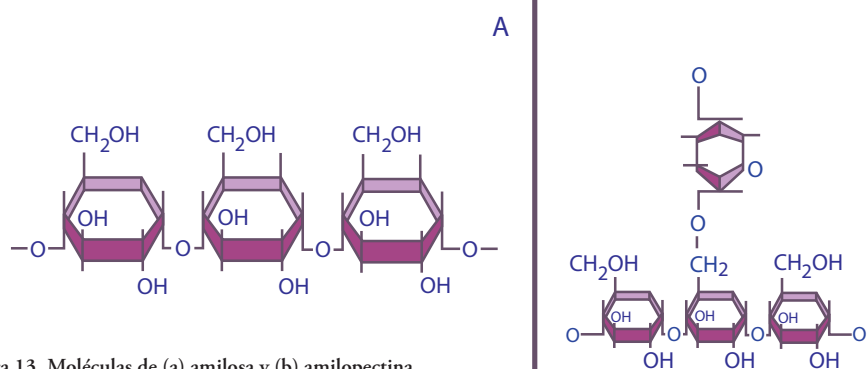


Figura 13. Moléculas de (a) amilosa y (b) amilopectina.



Cereal (maíz)



Tubérculo (papa)



Legumbre (soja)

Estos dos polisacáridos se agrupan formando pequeñas partículas llamadas “gránulos”, que son características de cada tipo de almidón. Por microscopía es posible identificar el tipo de almidón por la forma y el tamaño de sus gránulos (Figura 14).

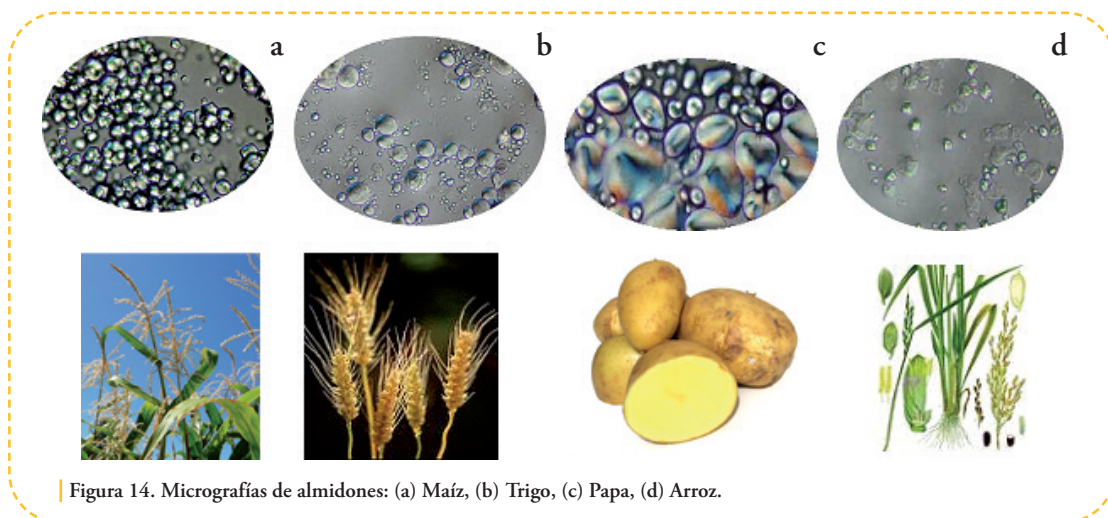


Figura 14. Micrografías de almidones: (a) Maíz, (b) Trigo, (c) Papa, (d) Arroz.

Almidones Nativos

Maíz: la mayoría de los gránulos son angulares y algunos redondeados. Los diámetros van de 5 a 25 μm .

Trigo: posee gránulos relativamente pequeños y grandes. Ambos son generalmente esféricos. La superficie de estos gránulos puede ser lisa o estriada. Los gránulos pequeños miden aproximadamente 5-10 μm de diámetro, mientras que los grandes están entre valores de 25-40 μm .

Papa: la mayoría de estos gránulos son grandes, ovalados y particularmente lisos. Pueden observarse los anillos de crecimiento (anillos concéntricos). El tamaño varía entre 15-100 μm de diámetro.

Arroz: los gránulos son de tamaño pequeño y con bordes irregulares. Su diámetro va de 3-8 μm .

Actividad experimental N°12: “Reconocimiento de almidones por microscopía”.

Primera parte

Materiales:

- harina de trigo
- almidón de maíz
- arroz
- papa
- agua
- porta y cubreobjetos
- microscopio (100X – 400X)

Desarrollo

1. Preparar las muestras de almidones como se indica a continuación:

- **harina de trigo:** suspender una cucharadita de harina de trigo en agua y colocar una gota sobre un portaobjeto,
- **almidón de maíz (maicena):** suspender una cucharadita de almidón de maíz en agua y colocar una gota sobre portaobjeto,
- **arroz:** remojar un puñado de arroz durante 12 horas. Machacarlo y colocar una gota del agua de la suspensión en un portaobjeto,
- **papa:** cortar una papa y frotarla sobre un portaobjetos.

2. Colocar un cubreobjetos sobre el portaobjetos que contiene la muestra.

3. Observar al microscopio con aumento de 100X y 400X.

4. Recordar que es necesario que la muestra se halle húmeda para poder realizar la observación. En caso de que se seque agregar suavemente una gota de agua con pipeta o gotero.

5. Dibujar todas las observaciones y, si es factible realizarlo, registrar utilizando cámara fotográfica.

Análisis de resultados

a. Caracterizar, la forma y tamaño relativo de los gránulos de distintos almidones y realizar un informe escrito de lo observado.

Segunda parte

Materiales:

- polvo leudante
- sopas instantáneas
- agua
- porta y cubreobjetos
- microscopio (100X – 400X)



Polvo leudante



Polvo para preparar
sopa crema

Desarrollo

1. Preparar las muestras de almidones como se indica a continuación:

- **polvo leudante (polvo de hornear):** suspender una cucharadita de polvo leudante en agua y colocar una gota sobre portaobjeto,
- **sopas instantáneas:** suspender una cucharadita de polvo para preparar sopa (de diferentes sabores) en agua y colocar una gota sobre portaobjeto.

2. Colocar la muestra en el portaobjetos y cubrir con un cubreobjeto.

3. Realizar las observaciones en el microscopio de igual forma que en la primera parte.

4. Dibujar todas las observaciones y, si es factible realizarlo, registrar utilizando cámara fotográfica.

Análisis de resultados

- Identificar los almidones presentes en el polvo de hornear y en el polvo para preparar sopa (usar los resultados de la primera parte de esta actividad experimental).
- Comparar las respuestas del ítem anterior con la información brindada en los rótulos (etiquetas) de dichos productos.

Gelatinización y gelificación

Las cadenas de amilosa y de amilopectina están organizadas dentro del gránulo de almidón de maneras muy compactas, estabilizadas por interacciones de puente de hidrógeno intra e intermoleculares. Debido a esta estructura tan compacta, el almidón es insoluble en agua fría pero, si se lo calienta, los enlaces de hidrógeno se rompen y el agua comienza a ingresar al gránulo provocando el hinchamiento del mismo y la consecuente pérdida del orden interno. Durante el hinchamiento también se produce la liberación de amilosa que queda en dispersión coloidal y esto provoca un aumento en la viscosidad de la pasta de almidón. Todo este proceso se llama gelatinización y la temperatura a la cual ocurre varía entre 60 y 95°C aproximadamente, dependiendo del tipo de almidón. Generalmente los gránulos de mayor tamaño, como los de papa, son menos compactos y más fácilmente hidratables, por lo tanto, su temperatura de gelatinización es menor, comparada con la correspondiente a almidones con granulos más pequeños y compactos como el maíz.

El proceso de gelatinización se puede estudiar por microscopía (Figura 15). Los gránulos de almidón que no han sufrido tratamiento térmico presentan una marcada cruz que atraviesa el hilum (centro de crecimiento del gránulo). La pérdida de esta cruz indica la pérdida del orden molecular y se usa como criterio de gelatinización.

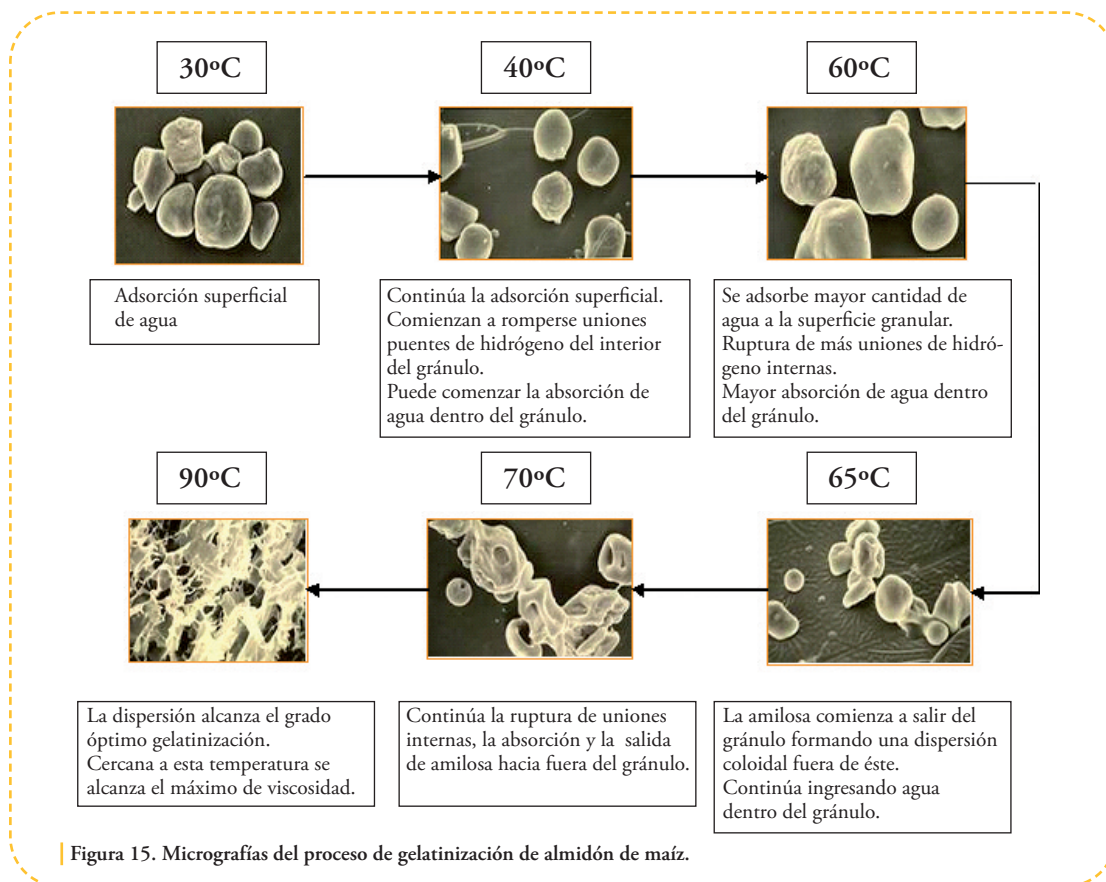


Figura 15. Micrografías del proceso de gelatinización de almidón de maíz.

Cuando el almidón gelatinizado se enfría, las cadenas de amilosa comienzan a acercarse y se establecen nuevos puentes de hidrógenos entre ellas. De esta manera se forma una red tridimensional que es capaz de retener agua en su interior. Este proceso se denomina gelificación. Sin embargo, el gel que se forma no es estable en el tiempo. Esto se debe a que las cadenas de amilosa y las partes de lineales de las cadenas de amilopectina, continúan acercándose, fenómeno que se conoce como retrogradación y tiene como consecuencia que parte del agua que estaba retenida dentro del gel comienza a salir. Esta exudación de agua se denomina sinéresis. Como los puentes de hidrógeno se favorecen al disminuir la temperatura, el proceso de retrogradación y la consecuente sinéresis son más pronunciados a bajas temperaturas. Esto explica el porqué al guardar una salsa blanca en la heladera se forma en la superficie de la misma una capa de agua.

La retrogradación del almidón, también, es la responsable del envejecimiento del pan (endurecimiento). Durante el almacenamiento, las zonas lineales de las cadenas de amilopectina se acercan y expulsan el agua que estaba entre ellas, provocando que la miga se seque y se vuelve dura y la corteza absorbe ese agua y se ablanda.

Actividad experimental N°13: “Gelatinización del almidón”.

Materiales:

- almidón de maíz
- agua
- cuchara
- vasos de precipitado
- tubos de ensayo
- equipo de calentamiento
- termómetro (que alcance 100°C)
- porta y cubreobjetos
- microscopio (100X – 400X)

Desarrollo

1. Colocar en un vaso de precipitado 1 cucharada de almidón de maíz (maizena) y agregar media taza de agua fría.
2. Calentar con cuidado, agitando constantemente y controlando la temperatura con un termómetro sumergido en el sistema almidón - agua.
3. Tomar muestras cuando alcance 50°C, 70°C, 80°C y 95°C y colocarlas en tubos de ensayos debidamente rotulados.
4. Dejar reposar las muestras hasta que lleguen a temperatura ambiente.
5. Examinar luego la rigidez y transparencia de cada una de las muestras.
6. Realizar observación microscópica de todas las muestras.
7. Esquematizar lo que observa.

Análisis de resultados

En base a los resultados obtenidos por micrografía y, de acuerdo con la viscosidad de las muestras obtenidas, establecer en forma aproximada, cuál es la temperatura de gelatinización del almidón.

Sugerencia: consultar la figura 15.

Las características que presentan los geles de almidón (brillo, rigidez, estabilidad frente a la retrogradación, etc.) son aspectos fundamentales a tener en cuenta para formular un alimento. Los principales factores que afectan estas características son el tipo de almidón, su concentración y la presencia de sustancias como azúcar, sal y ácidos orgánicos.

a) **Tipos de almidón:** cada almidón forma geles con características particulares. Por ejemplo, un gel de almidón de maíz es más rígido y traslúcido que uno de almidón de papa.

b) **Concentración de almidón:** los geles de almidón se forman a partir de una determinada concentración (que depende del tipo de almidón) y por debajo de la cual la dispersión no gelifica, ya que no puede formarse una red lo suficientemente rígida para retener toda el agua presente.

c) **Temperatura de calentamiento:** es necesario alcanzar la temperatura de gelatinización del almidón para que al enfriarse gelifique. Por otro lado, una temperatura muy elevada puede provocar una ruptura excesiva de los gránulos y pérdida de viscosidad.

d) **Sacarosa y NaCl:** el agregado de estas sustancias en una concentración adecuada retrasa la sinéresis debido a que retienen parte del agua.

e) **Ácido:** el calentamiento en medio ácido, produce la hidrólisis de los enlaces glicosídicos, obteniéndose maltodextrinas (polisacáridos de bajo peso molecular), maltosa y glucosa. Estos productos no tienen la capacidad de formar estructuras tridimensionales y esto reduce la viscosidad y la fuerza del gel.

Actividad experimental N°14: “Geles de almidón”.

Materiales:

- *almidón de maíz*
- *jugo de limón*
- *sal común de mesa*
- *sacarosa o azúcar común de mesa.*
- *cuchara*
- *vasos de precipitado*
- *termómetro (que alcance 100°C)*
- *equipo de calentamiento*

Desarrollo

1. *Mezclar 1 cucharada de almidón (5 g) de maíz con medio vaso de agua (100 ml).*
2. *Calentar suavemente y agitar hasta que alcance la temperatura de gelificación (estimada en el ítem anterior).*
3. *Mantener a esa temperatura durante 1 minuto.*
4. *Repetir la experiencia, agregando antes del calentamiento las siguientes sustancias:*
 - *tres cucharadas soperas de jugo de limón,*
 - *una cucharadita de sal,*
 - *dos cucharadas de azúcar.*
5. *Dejar descansar a temperatura ambiente.*

Análisis de resultados

- a. *Establecer las diferencias que se observan en la consistencia de todas las muestras, luego de*

24 horas de reposo a temperatura ambiente.

b. Estimar si se modificarían los resultados observados si, en lugar de almacenar los geles a temperatura ambiente, se hubieran guardado en la heladera. Justificar la respuesta.

Almidones modificados

Además de los almidones nativos (sin modificaciones) existen en el mercado una amplia gama de almidones modificados, con características particulares. Entre ellos se destacan los almidones esterificados, entrecruzados, parcialmente hidrolizados y pregelatinizados.

Almidones esterificados: tienen mayor estabilidad frente a la retrogradación y se pueden utilizar en alimentos congelados.

Almidones entrecruzados: presentan alta estabilidad frente al calentamiento incluso en medio ácido. Son buenos espesantes y estabilizantes, pero no gelifican.

Almidones parcialmente hidrolizados: forman geles débiles. Se los utiliza en la industria de caramelos.

Almidones pregelatinizados: estos almidones sufrieron un proceso de gelatinización y un posterior secado. Se los emplea en postres instantáneos que no necesitan cocción, ya que se hidratan fácilmente en agua fría.

• Celulosa

La celulosa es un polímero lineal formado por unidades de glucosa unidas mediante enlaces β -(1,4). Es el componente principal de la pared de todas las células vegetales y se encuentra en frutas, vegetales y granos y, también, la producen algunos microorganismos. A diferencia de los animales (herbívoros) el hombre carece de las enzimas necesarias para transformarla en glucosa, no puede utilizarla como nutriente y por lo tanto la elimina en las heces. Este polisacárido constituye en los alimentos la llamada fibra cruda o salvado.



Actividad experimental N°15: “Reconocimiento de celulosa por microscopía”.

Materiales:

- *cebolla*
- *tomate*
- *sopas instantáneas de distintos sabores: cebolla, espárragos, tomate, entre otros.*
- *agua*
- *porta y cubreobjetos*
- *microscopio (100X – 400X)*
- *cámara digital o celular con cámara (opcional)*

Desarrollo

Primera parte

1. Preparar las muestras como se indica a continuación:
 - *cebolla, tomate, entre otros: sacar una capa muy delgada (casi transparente) y colocarla sobre un portaobjetos.*
2. Colocar un cubreobjetos sobre el portaobjetos que contiene la muestra.
3. Observar al microscopio con aumento de 100X y 400X.
4. Dibujar todo lo observado y, en la medida de lo posible, fotografiar con cámara digital o celular.
5. Reconocer el tejido celulósico en cada caso.

Segunda parte

1. Preparar las muestras como se indica a continuación:
 - *sopas instantáneas: suspender una cucharadita de polvo para preparar sopa (de diferentes sabores, por ejemplo, cebolla, espárragos, tomate,) en agua y colocar una gota sobre portaobjeto.*
2. Colocar un cubreobjetos sobre el portaobjetos que contiene la muestra.
3. Observar al microscopio con aumento de 100X y 400X.
4. Dibujar todo lo observado y en la medida de lo posible fotografiar con cámara digital o celular.

Análisis de resultados

- a. Identificar el tejido celulósico presente en polvos para preparar sopa de distintos sabores (cebolla, espárragos, tomate), empleando el microscopio.
- b. Comparar estos resultados con la declaración de ingredientes de los alimentos estudiados, según información brindada por los rótulos.

• Gomas vegetales

Pectinas

Las pectinas están presentes en las frutas, principalmente, en los cítricos, la manzana y el membrillo. Son polisacáridos constituidos por ácido galacturónico (ácido obtenido por oxidación de la galactosa). Los grupos ácidos están parcialmente esterificados con grupos metilos y según la cantidad de estos grupos, se las divide en:

- pectinas de alto grado de metilación (ATM): más del 50% de los grupos ácidos están metilados.
- pectinas de bajo grado de metilación (BTM): menos del 50% de los grupos ácidos están metilados.

Estos dos tipos de pectinas gelifican bajo condiciones completamente distintas. Las pectinas ATM gelifican en condiciones de bajo pH (cercano a 3) y alta concentración de sólidos solubles (65%). Este gel se forma por la interacción pectina-agua-azúcar-ácido. Este tipo de gomas están presentes en mermeladas y jaleas.

Las pectinas BTM gelifican en presencia de iones divalentes (calcio), los cuales actúan como puente entre los grupos carboxilos de cadenas adyacentes. A diferencia de los geles con pectinas ATM, estos se pueden formar incluso en ausencia de sólidos solubles y a pH neutro. Se las encuentra en postres lácteos, por ejemplo.



Jalea (ATM)



Yogurt firme (BTM)

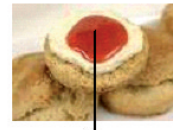
Actividad experimental N°16: “Geles de pectina”.

Materiales:

- membrillos
- sacarosa o azúcar común de mesa
- paño e hilo
- cuchillo
- olla
- cocina o equipo de calentamiento usado en laboratorios
- frascos de vidrio



Membrillos



Jalea de membrillos

Desarrollo

1. Lavar los membrillos, cortarlos al medio, pelarlos y retirar el centro y las semillas.
2. Poner las cáscaras, el centro y las semillas en un paño y atar con hilo formando una bolsita.
3. Colocar en una olla destapada las mitades de membrillo junto con la bolsita.
4. Cubrir con exceso de agua.
5. Llevar a fuego suave y cocinar hasta que los membrillos estén muy cocidos.
6. Colocar un paño dentro de un colador grande y un recipiente debajo. Poner allí a colar los membrillos, sin apretarlos, durante toda la noche. Al día siguiente recuperar el jugo que haya escurrido, medirlo y agregar la mitad en peso en azúcar. (Ejemplo: para un litro de jugo, medio kilogramo de azúcar).
7. Poner a calentar a fuego suave, revolviendo, hasta que se disuelva el azúcar.
8. Luego subir el fuego, revolviendo de vez en cuando hasta que alcance la consistencia deseada, (probar sacando un poquito y dejándolo que se enfríe). Esta última cocción puede llevar de 15 a 40 minutos.
9. Conservar en frascos esterilizados.

Análisis de resultado

- a. Establecer qué tipo de pectina se halla presente en el membrillo (ATM o BTM). Responder con la ayuda de las condiciones de gelificación de cada una de las muestras (pH, concentración de azúcar, presencia de calcio).
- b. Determinar si es posible realizar una jalea de duraznos siguiendo este mismo procedimiento. Justificar.
- c. Justificar si es posible elaborar una jalea reducida en calorías (sin azúcar) siguiendo este procedimiento.

Bibliografía de referencia:

- Badui, S.D., *Química de los Alimentos* (2006). Ed. Pearson. México.
 - Cubero N., y otros, *Aditivos Alimentarios*, (2002), Ed Mundiprensa, España.
 - Fennema, O. *Química de los Alimentos* (2000). Ed Acribia. España.
- d. Investigue si un postre lácteo gelificado (por ejemplo un yogur firme) declara el uso de pectinas en su rótulo, ¿a qué tipo de pectina se refiere? Justificar.

Carragenes

Los carragenes son polímeros sulfatados de unidades de galactosa. Según el grado de sulfatación y la posición de los carbonos sustituidos por los ésteres-sulfatos, se distinguen diferentes fracciones cuyas principales son la kappa (κ), la iota (ι) y la lambda (λ) carragen.

El kappa carragen tiene la capacidad de gelificar, mientras que el lambda carragen es espesante y el iota tiene propiedades intermedias. La presencia de cationes divalentes, como el calcio (presente en la leche), favorece la interacción entre las cadenas de carragen (actúa como puente entre grupos sulfato) y aumenta la viscosidad de la mezcla o la rigidez del gel. Además estas gomas interaccionan con las proteínas de la leche (caseínas) aumentando la fuerza del gel. Es por estos motivos que los carragenes se emplean principalmente en productos lácteos.

Goma guar y goma garrofin

Estas gomas se extraen de semillas. Estas dos gomas se utilizan como espesantes en productos congelados, yogures, productos para repostería, etc.

Goma xantán

La goma xantán es sintetizada por varios microorganismos. Se la utiliza como espesante en productos cocinados, salsas, bebidas y productos lácteos.

Sinergia

Muchas veces los polisacáridos tienen la capacidad de actuar de forma sinérgica con otro. Esto significa que su poder espesante o gelificante se potencia al emplearse mezclas de dos polisacáridos. Algunas mezclas que tienen esta acción sinérgica son las gomas guar y garrofin con los carragenes y con la goma xantán. Para que esto suceda los polisacáridos deben tener zonas que puedan interaccionar entre sí, reforzando las uniones entre las cadenas.

Para investigar

- a. Buscar en rótulos de distintos productos: yogures, mermeladas reducidas en calorías, mayonesa, polvos para preparar sopas, flanes, mousse, postres, bebidas, etc., el empleo de polisacáridos.
- b. Explicar qué función cumple cada uno en estos productos. (Ver capítulo "Los Aditivos").

3. LAS PROTEÍNAS

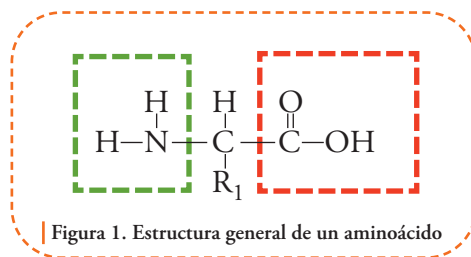
3.1. Introducción

Las proteínas son moléculas de gran tamaño constituidas por carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno. Algunas poseen además azufre y fósforo y, en menor proporción, hierro, cobre y magnesio.

Estas sustancias desempeñan funciones fundamentales en el organismo, como la regulación de procesos bioquímicos (forman parte de hormonas, vitaminas y enzimas), defensa (formación de anticuerpos), transporte (por ejemplo, transporte de oxígeno en la sangre por medio de la hemoglobina), aporte energético (4 kcal/g de proteína), catálisis (aceleran la velocidad de las reacciones químicas), contracción muscular (a través de la miosina y la actina), estructura y sostén del organismo (tejido conjuntivo).

3.2. Estructura química

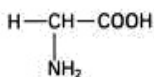
Las proteínas están formadas por cientos o miles de aminoácidos, que son moléculas más simples y se caracterizan por tener un grupo carboxilo ($-\text{COOH}$) y un grupo amino ($-\text{NH}_2$) unidos al mismo carbono.



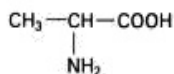
Poseen además una cadena lateral (R_1), que es diferente para cada aminoácido (hay 20 tipos de cadenas laterales y por lo tanto, 20 aminoácidos distintos). Dependiendo de las características del grupo R_1 , los aminoácidos se dividen en: no polares, polares y con carga eléctrica (ácidos y básicos).

NO POLARES

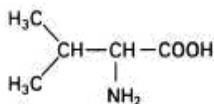
Glicina (Gly)



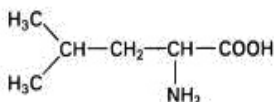
Alanina (Ala)



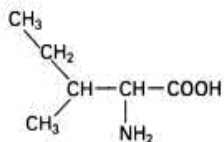
Valina (Val)



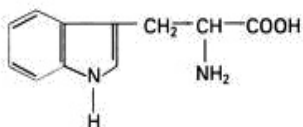
Leucina (Leu)



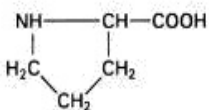
Isoleucina (Ile)



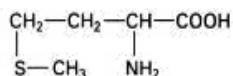
Triptófano (Trp)



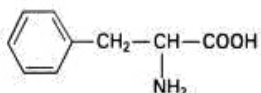
Prolina (Pro)



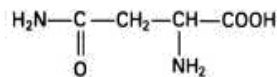
Metionina (Met)



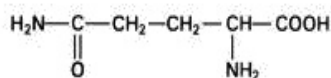
Fenilalanina (Fen)

**POLARES**

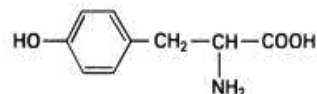
Asparagina (Asn)



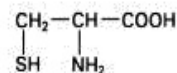
Glutamina (Gln)



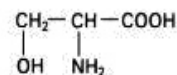
Tirosina (Tyr)



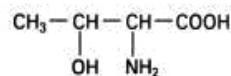
Cisteína (Cys)



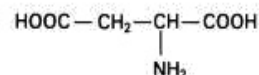
Serina (Ser)



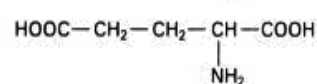
Treonina (Thr)

**CON CARGA ELÉCTRICA****Ácidos**

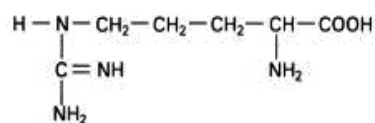
Ácido aspártico (Asp)



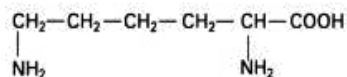
Ácido glutámico (Glu)

**Básicos**

Arginina (Arg)



Lisina (Lys)



Histidina (His)

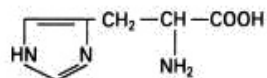
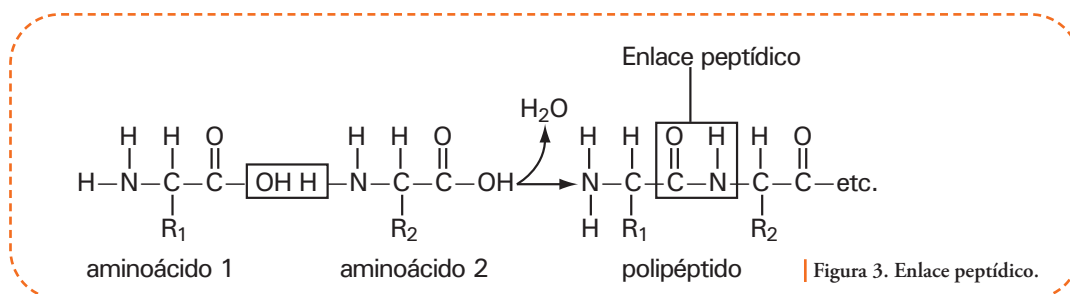


Figura 2. Estructura química de los 20 aminoácidos.

Los aminoácidos se unen entre sí a través de enlaces peptídicos que son enlaces covalentes entre el grupo -COOH de un aminoácido y el grupo -NH_2 de otro.



La forma que adoptan las proteínas en el espacio depende de la secuencia de aminoácidos (tipos de aminoácidos presentes y orden en el que se unen) y de las condiciones externas, como el pH, la concentración de sales y la temperatura, entre otros. La estructura nativa de una proteína (estructura que no fue modificada por ningún agente externo) puede presentar cuatro niveles de organización, aunque el cuarto nivel no siempre existe:

3.2.1. Estructura primaria:

es la secuencia de aminoácidos unidos por enlace peptídico. (Figura 4a).

3.2.2. Estructura secundaria:

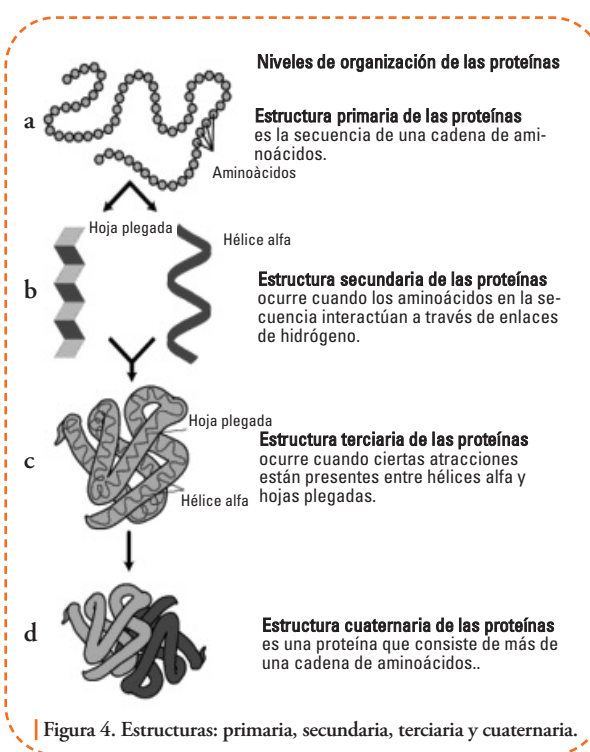
es el plegamiento regular y periódico que adoptan las proteínas. Hay dos tipos principales: hélice alfa y hoja plegada. Dentro de una misma proteína, se pueden encontrar zonas con distintas estructuras secundarias y otras zonas sin una estructura definida (Figura 4b).

3.2.3. Estructura terciaria:

es la organización que adquiere la proteína en el espacio cuando interaccionan distintos tramos de la cadena polipeptídica, los cuales pueden tener una estructura secundaria definida o no. Dentro de este tipo de estructuras se encuentran las proteínas globulares y las fibrilares. (Figura 4c).

3.2.4. Estructura cuaternaria:

en este tipo de estructuras hay más de una cadena polipeptídica y cada una forma una subunidad de la proteína. Ejemplo de proteínas con estructura cuaternaria son la hemoglobina



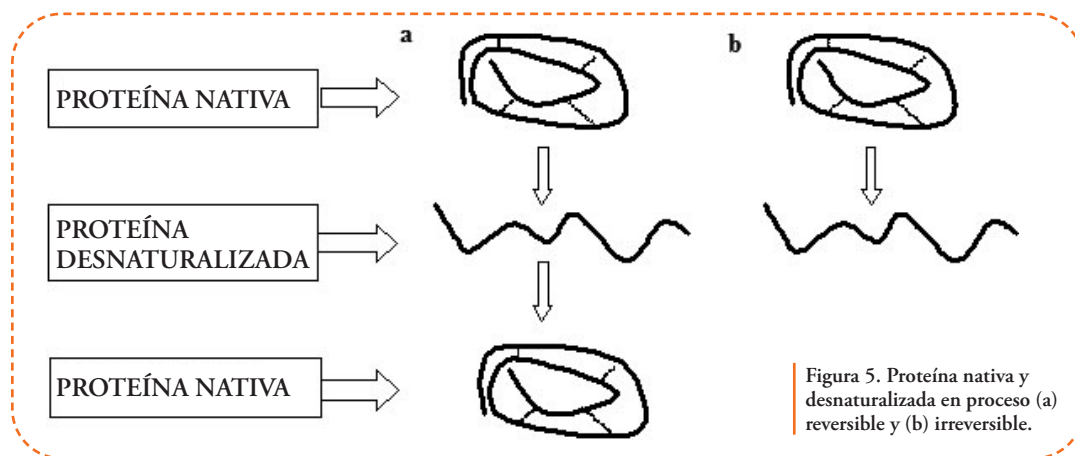
(pigmento de la sangre), la miosina (una de las proteínas contráctiles del músculo) y la caseína (proteína de la leche) (**Figura 4d**).

Estas estructuras se estabilizan por diferentes interacciones intermoleculares, tales como puente disulfuro (uniones covalentes entre grupos -SH de algunos aminoácidos), puente de hidrógeno (entre el oxígeno de un C=O de un enlace peptídico y el hidrógeno de un NH de otro enlace), interacciones electrostáticas (pueden ser atractivas entre grupos con distinta carga o repulsiva entre grupos con igual carga), interacciones hidrófobas (entre cadenas laterales alifáticas o aromáticas) y fuerzas de Van der Waals (entre grupos con dipolos permanentes o inducidos, como el enlace peptídico y el grupo alcohol de la serina). (Ver capítulo “La Química en los Alimentos”).

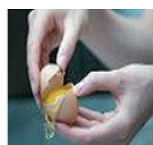
3.2.5. Desnaturalización

Durante la preparación de alimentos, el cambio de temperatura, el amasado, el batido, el aumento de acidez o el agregado de sales, pueden modificar estas estructuras provocando la desnaturalización de la proteína, es decir, la pérdida de las estructuras secundaria, terciaria o cuaternaria, sin pérdida de la estructura primaria (sin ruptura de la cadena).

Muchas veces la desnaturalización es reversible y la proteína vuelve a su forma nativa, es decir adopta la misma forma que tenía antes de desnaturalizarse. En cambio, otras veces, el proceso es irreversible.



Harina y masa, desnaturalización por trabajo mecánico (amasado)



Clara de huevo y merengue, desnaturalización por batido



Huevo crudo y huevo frito, desnaturalización por acción del calor



Figura 6. Algunos ejemplos de desnaturalización.

3.3. Propiedades funcionales

Una de las principales propiedades de las proteínas es su capacidad para formar distintas estructuras en los alimentos como espumas (merengue), emulsiones (mayonesa, manteca), geles (gelatina, clara de huevo duro) y masas (panes). Aunque son estructuras con características muy diferentes todas tienen en común que se forman a partir de la proteína desnaturalizada, es decir, la proteína tiene que perder su estructura nativa y reacomodarse para formar las nuevas estructuras.

3.3.1. Geles

Los geles son redes tridimensionales capaces de retener mucha agua en su interior. Para que pueda formarse es necesario que haya un balance entre las fuerzas atractivas que mantienen unidas a las cadenas proteicas adyacentes y las fuerzas repulsivas que permiten que se formen huecos o cavidades donde queda retenida el agua. De lo contrario, pueden ocurrir dos cosas: si las fuerzas atractivas predominan, las proteínas tienen demasiados puntos de contacto y las cavidades no se forman o son muy pequeñas, dando como resultado un precipitado. En cambio, si predominan las fuerzas repulsivas y las cadenas no pueden acercarse lo suficiente, la red no se forma.

En la **Tabla 1** se resumen estas fuerzas:

Fuerzas atractivas	Fuerzas repulsivas
Atracción electrostática entre grupos con distinta carga	Repulsión electrostática entre grupos con la misma carga
Puente de hidrógeno	Interacciones proteína – agua
Puente disulfuro	
Interacciones hidrofóbicas	

Tabla 1. Fuerzas atractivas y repulsivas que intervienen en la formación de un gel.

Como ejemplos de geles, se encuentra la gelatina y la clara de huevo duro. La gelatina es una proteína soluble que se obtiene por hidrólisis del colágeno, que es otra proteína pero insoluble, que forma parte del tejido conectivo de la piel, músculos y tendones de los animales. Las moléculas de gelatina forman una estructura tridimensional gracias a que las cadenas interaccionan entre sí principalmente mediante puentes de hidrógenos. Este tipo de interacciones se forman en frío y se rompen al aumentar la temperatura. Es por este motivo que para formar un gel de gelatina, es necesario colocarlo en la heladera y una vez que el gel se formó, si permanece un tiempo a temperatura ambiente, se desarma (**Figura 7**). Este ciclo se puede repetir muchas veces, dando a este tipo de gel la característica de reversible.

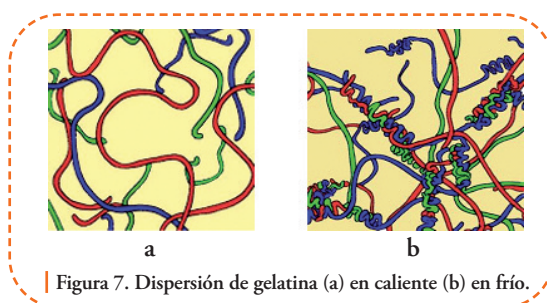


Figura 7. Dispersión de gelatina (a) en caliente (b) en frío.

La clara de huevo está compuesta por 88% de agua y 12% de proteína, de los cuales la

albúmina es la más importante. Esta proteína también tiene la capacidad de formar geles, pero a diferencia de los de gelatina, son irreversibles. Esto se debe a que la estructura tridimensional que se forma luego que la albúmina se desnaturaliza por calor (cuando se hierve o fríe un huevo), se estabiliza por uniones disulfuro, que son enlaces covalentes y por lo tanto, la energía que se necesitaría para romperlos, destruiría también los enlaces peptídicos (también covalentes).

Actividad experimental N°17: “Geles reversibles e irreversibles”

Materiales:

- gelatina sin sabor, 1 sobre.
- vaso de plástico (preferentemente transparente)
- huevo
- olla
- cocina
- heladera



Desarrollo

Geles reversibles

1. Preparar, aproximadamente, 200 ml de gelatina sin sabor, según las indicaciones del envase del producto.
2. Almacenar en la heladera durante 24 h.
3. Retirar la gelatina de la heladera y observar la consistencia del gel formado.
4. Calentar luego en baño de agua o a baño María, a 100°C durante 30 minutos.
5. Volver a colocar la muestra en la heladera durante 24 h.
6. Repetir este procedimiento 3 veces.
7. Reservar una pequeña muestra luego de cada enfriamiento.

Geles irreversibles

1. Hervir un huevo durante 12 minutos.
2. Sacar la cáscara y separar la clara de la yema.
3. Almacenar la clara de huevo en heladera durante 24 h.
4. Retirar la clara de la heladera y observar la consistencia del gel formado.
5. Calentar en baño de agua a 100°C durante 30 minutos.
6. Volver a colocar la muestra en la heladera durante 24 h.
7. Repetir este procedimiento 3 veces.
8. Reservar una pequeña muestra luego de cada enfriamiento.

Análisis de los resultados

- a. Comparar entre sí las cuatro muestras obtenidas, en cada caso (con la gelatina y con el huevo). Establecer, luego, de qué manera influye el cambio de temperatura en las consistencias de los geles, sean estos reversibles e irreversibles.
- b. Elegir una de estas dos proteínas para preparar una tortilla de papas. Justificar.

c. Elegir una de estas dos proteínas como agente gelificante para preparar un yoghurt firme. Justificar.

Las características de los geles, no solamente dependen del tipo de proteína, sino también de su concentración y del resto de los ingredientes que están presentes en el alimento, tales como sales y azúcares.

Actividad experimental N°18: “Efecto de la concentración proteica en geles reversibles”

Materiales:

- gelatina sin sabor
- vasos de plástico (preferentemente transparentes)
- heladera

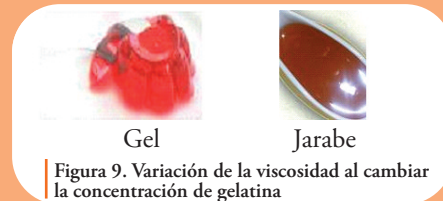


Figura 9. Variación de la viscosidad al cambiar la concentración de gelatina

Desarrollo

1. Preparar 3 dispersiones de gelatina sin sabor siguiendo las indicaciones del rótulo, pero con las siguientes concentraciones:
2. Según indicaciones del rótulo del producto.
3. La mitad de concentración que la muestra “a”.
4. El doble de concentración que la muestra “a”.

Análisis de resultados

- a. Comparar la estructura y consistencia de los geles obtenidos en cada caso.
- b. Teniendo en cuenta que un gel es una red tridimensional que posee zonas de unión entre las cadenas proteicas y zonas donde queda retenida el agua, justificar los resultados obtenidos.

Para investigar:

sugerir cómo es posible evaluar la influencia del agregado de azúcar y sus concentraciones en las características de un gel reversible. Proponer una actividad experimental para estudiarlo.

3.3.2. Espumas

Las espumas son dispersiones de burbujas de aire en una fase continua que puede ser líquida como la espuma de una cerveza, semisólida como un merengue o sólida como un bizcochuelo.



Espuma de cerveza



Merengue



Bizcochuelo

Figura 10.
Ejemplos de espumas alimentarias.

La función que cumplen las proteínas en la formación de espumas es fundamental, ya que durante el batido se despliegan (desnaturalizan) y se colocan en la interfase aire-agua, orientando los grupos hidrofóbicos hacia el centro de las burbujas y los grupos hidrofílicos hacia la fase continua acuosa. De esta manera, forma una película resistente que rodea a la burbuja y la estabiliza.

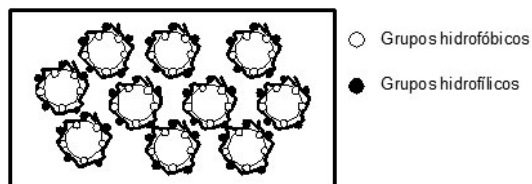


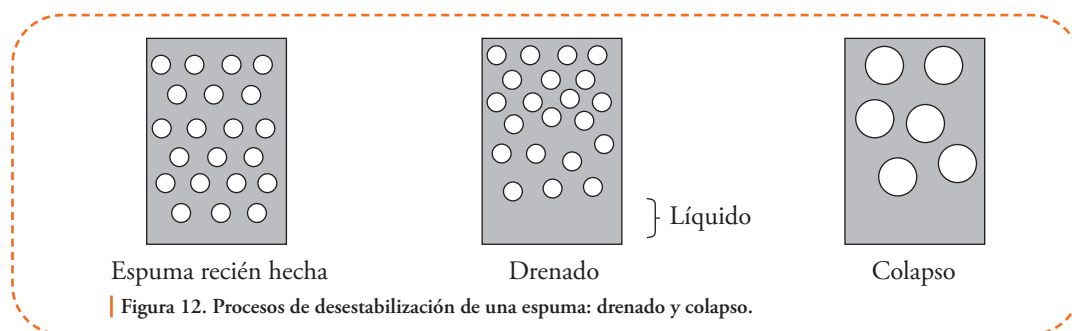
Figura 11. Espuma estabilizada por una proteína.

La albúmina, por ejemplo, es una de las proteínas con mejores propiedades espumantes, ya que puede incorporar mucho aire durante el batido y además la espuma que forma es bastante estable en el tiempo (no se desarma rápidamente). Otras proteínas, como las presentes en la cerveza, tienen buena capacidad para incorporar aire, pero baja estabilidad, ya que pocos minutos después de servir la cerveza en un vaso, la espuma desaparece completamente.

Estas dos características de las proteínas, su capacidad para incorporar aire y para estabilizar las espumas formadas, dependen, no solamente, del tipo de proteína, sino también de su concentración, de la presencia de otras sustancias en el alimento (sales, ácidos, azúcares, polisacáridos y lípidos), de la temperatura y de la forma de batido (potencia de la batidora, forma de las aspas, tiempo de batido, forma del recipiente donde se realiza el batido, etc.).

Estos factores influyen, en mayor o menos medida, en el tamaño de la burbuja y/o en la viscosidad de la fase continua. Es esperable que una espuma más estable, tenga burbujas de menor tamaño y una fase continua con una viscosidad elevada, capaz de “inmovilizar” a las burbujas.

Los principales procesos de desestabilización de espumas líquidas y semisólidas son el drenado y el colapso.



El **drenado** es la pérdida de líquido de la espuma, debido a que el líquido que rodea a las burbujas cae por efecto de la gravedad y las burbujas suben hacia la superficie, debido a la diferencia de densidad entre ambas fases. El **colapso** ocurre cuando dos o más burbujas se acercan demasiado y la película de líquido que las separa se rompe provocando la unión de las mismas. Ambos procesos suceden simultáneamente y el resultado final es la pérdida total del aire de la espuma.

Actividad experimental N°19:

“Capacidad espumante y estabilidad de espumas de albúmina y gelatina”

Materiales:

- claras de huevo
- gelatina sin sabor
- recipiente preferentemente graduado
- batidora (eléctrica o manual)

Desarrollo

1. Colocar dos claras de huevo en un recipiente, preferentemente, transparente y graduado.
2. Medir el volumen de las claras (V LÍQUIDO).
3. Batir con batidora eléctrica durante dos minutos (o con batidora de mano durante 5 minutos).
4. Observar si se incorporó todo la clara de huevo en la espuma y medir el volumen de espuma formada (V ESPUMA).
5. Observar cuánto tiempo tarda la espuma en reducir su volumen a la mitad.
6. Preparar una solución de gelatina sin sabor al 10%.
7. Repetir todo el procedimiento realizado con la clara de huevo, utilizando el mismo recipiente y la misma batidora.

Análisis de resultados

- a. Calcular la capacidad espumante, como el volumen de espuma que se forma a partir de 100 ml de dispersión proteica.
- b. Establecer cuál de las proteínas estudiadas posee mayor capacidad para formar espumas estables. Justificar.
- c. Comparando el tiempo que tarda cada espuma en perder la mitad del aire incorporado, determinar cuál es la que posee mayor estabilidad.

Nota

Capacidad espumante de una proteína.

Se calcula como:

$$= (VE / VL) \cdot 100$$

Donde:

VE: es el volumen de espuma y

VL: es el volumen del líquido antes de batir.

Tener en cuenta que cuando no se incorpora todo el líquido en la espuma, el volumen de espuma (VE) se calcula restando al volumen total (VT), el volumen de líquido no incorporado (VLni).

$$VE = VT - VLni.$$

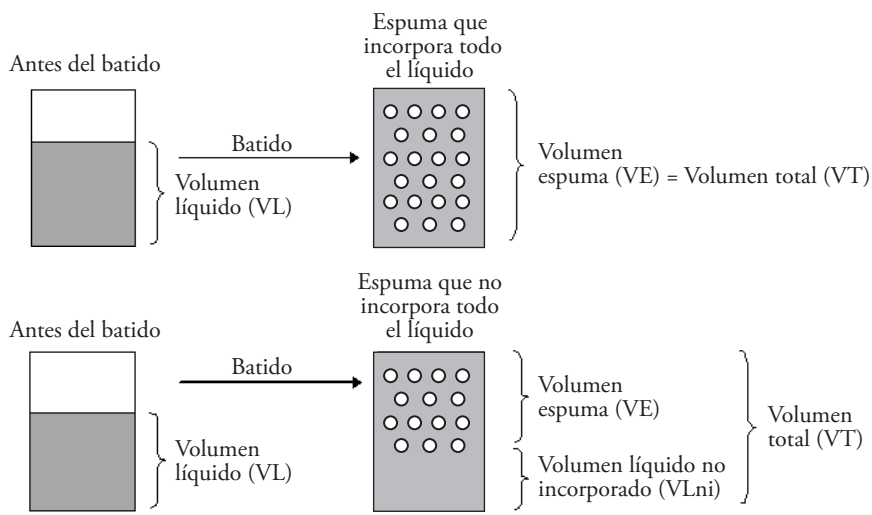


Figura 13. Esquema de volumen de espuma y de líquido.

Actividad experimental N°20: "Espumas de albúmina con agregado de distintas sustancias"

Materiales:

- claras de huevo
- azúcar
- jugo de limón
- sal
- recipiente preferentemente graduado
- batidora (eléctrica o manual)

Desarrollo

Repetir el mismo procedimiento que en la actividad anterior (19), pero agregando a la clara de huevo, antes del batido, las siguientes sustancias:

1. 2 cucharadas de azúcar
2. 10 cucharadas de azúcar
3. 3 cucharadas de jugo de limón
4. 1 cucharada de sal

Análisis de resultados

- a. Calcular la capacidad espumante para cada caso.
- b. Comparar el tiempo que tarda cada espuma en perder la mitad del aire incorporado.
- c. En base a estos resultados, determinar cómo influye el agregado de azúcar, jugo de limón y sal de cocina en la capacidad y estabilidad de cada una de las espumas.

Para investigar

¿Cuáles son las proteínas presentes en la leche?

¿Cómo son las propiedades espumantes de estas proteínas en comparación con las de albúmina y gelatina?

¿Cómo podría corroborarlo experimentalmente? (Tener en cuenta que la concentración proteica de la leche es aproximadamente del 5%).

Referencias

1. Badui, S.D., *Química de los Alimentos* (2006). Ed. Pearson. México.
2. Pilosof, A.M.R, Bartholomai, G.B. *Caracterización Funcional y Estructural de Proteínas* (2000). Ed Eudeba. Argentina.
3. Varnam A., *Leche y productos lácteos* (1995), Ed Acribia, España.
4. Veisseyre R., *Lactología técnica* (1988) Ed Acribia, España.

3.3.3. Emulsiones

Las emulsiones también son dispersiones, pero en este caso de dos líquidos inmiscibles: uno acuoso y el otro lipídico (puede ser un aceite o una grasa, ver capítulo “Los Lípidos”). Cuando las gotas son de aceite y la fase continua es acuosa, la emulsión se denomina “aceite en agua”, como por ejemplo la mayonesa o la crema de leche. En cambio, si las gotas son acuosas y la fase continua es un aceite o una grasa, como en la manteca o la margarina, la emulsión se llama “agua en aceite”.



Mayonesa
emulsión aceite en agua (o/w)



Margarina
emulsión agua en aceite (w/o)

Figura 14. Ejemplos de emulsiones agua en aceite y aceite en agua.

En las emulsiones, las proteínas también cumplen un papel muy importante, ya que análogamente como lo hacen en las espumas, se colocan en la interfase, en este caso aceite/agua, orientando los grupos hidrofílicos hacia la fase acuosa y los hidrofóbicos hacia la fase lipídica, estabilizando las gotas en la fase continua.

La mayonesa, además de las proteínas presentes en la clara y en la yema del huevo, posee fosfolípidos en la yema (ver capítulo “Los Lípidos”) que ayudan a estabilizar las gotas de aceite.

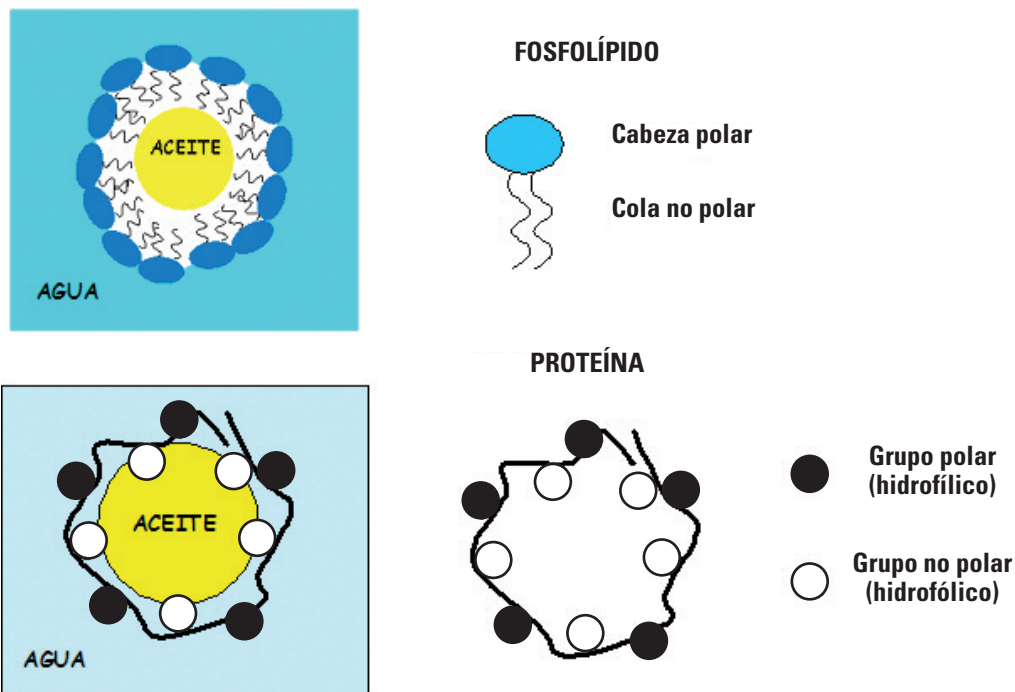


Figura 15. Comparación entre gota de aceite estabilizada por fosfolípidos y por proteína.

Actividad experimental N°21: “Salsas emulsionadas: mayonesa”

Mayonesa y sus ingredientes básicos

Materiales:

- huevos
- aceite
- azúcar
- sal
- jugo de limón
- recipiente
- batidora (eléctrica o manual)

Desarrollo

1. Mezclar en un recipiente 1 cucharadita de azúcar, 1 cucharada de jugo de limón y una media cucharadita de sal.
2. Agregar una yema de huevo y homogeneizar el sistema sin batir.
3. Enseguida, usando batidora eléctrica regulada a velocidad baja, batir durante 30 segundos.

4. Mientras se continúa batiendo, empezar a adicionar el aceite lentamente y, con batido constante, hasta alcanzar la viscosidad adecuada (Tener en cuenta que una yema de huevo puede incorporar hasta 4 ó 5 veces su peso en aceite).

5. Repetir todo el procedimiento reemplazando la yema de huevo por:

I. una clara de huevo,

II. medio huevo entero.

Análisis de resultados

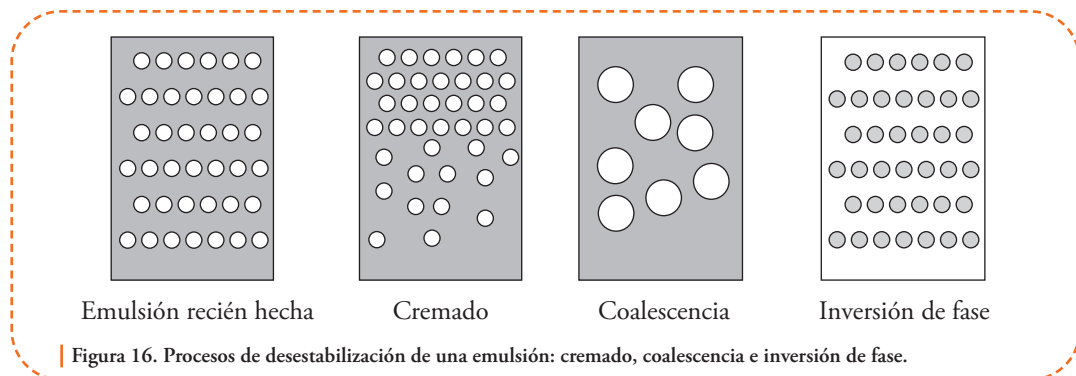
a. Comparar la cantidad de aceite que se logra incorporar en cada caso.

b. Observar las muestras con ayuda del microscopio y compararlas con una mayonesa comercial.

c. Determinar cuál de las tres incorpora mayor cantidad de aire durante el batido.

Justificar la respuesta.

Cuando la emulsión está recién preparada, las gotas están uniformemente distribuidas en toda la emulsión. Sin embargo, con el transcurso del tiempo comienzan a moverse y tienden a juntarse entre ellas, provocando la desestabilización del sistema. Los principales procesos de desestabilización en emulsiones aceite en agua son el cremado, la coalescencia y la inversión de fase.



El **cremado** se produce como consecuencia de la diferencia de densidad entre ambas fases; las gotas de aceite al ser menos densas que la fase acuosa, tienden a subir hacia la superficie, formándose en la parte superior una emulsión más concentrada en aceite y en la parte inferior una emulsión con menor cantidad de gotas.

La **coalescencia** es el resultado de la unión de dos o más gotas, para formar una gota de mayor tamaño. Esto a su vez favorece que el cremado sea más rápido.

El tercer proceso de desestabilización, la **inversión de fase**, es la transformación de una emulsión aceite en agua en otra agua en aceite (o viceversa). Esto ocurre, solamente, si se batien o agitan en exceso ciertas emulsiones y es la base del proceso de elaboración de manteca a partir de crema de leche.

Actividad experimental N°22: “Estabilidad de emulsiones”

Materiales:

- mayonesa
- olla
- cocina

Desarrollo

1. Colocar 3 ó 4 cucharadas de cada emulsión en un jarro pequeño.
2. Calentar suavemente y observar los cambios que ocurren.
3. Dejar enfriar.

Análisis de resultados

Establecer qué inconvenientes se pueden presentar cuando se emplea mayonesa para preparar una comida que requiera cocción. Justificar el comportamiento observado en el laboratorio.

Actividad experimental N°23: “Emulsiones aceite en agua y agua en aceite: Inversión de fases”

Materiales:

- crema de leche
- recipiente
- batidora (eléctrica o manual)
- papel aluminio
- balanza



Crema de leche
Emulsión o/w (aceite en agua)



Manteca
Emulsión w/o (agua en aceite)

Desarrollo

1. Pesar 200 ml de crema de leche y colocarlos en un recipiente.
2. Batir la crema con batidora eléctrica a velocidad máxima hasta que se invierta la emulsión (se observará la separación de suero de la crema).
3. Unir con una espátula y retirar el suero.
4. Darle forma rectangular dentro de un papel manteca y enfriar en heladera.
5. Retirar del papel y pesar.
6. Calcular el rendimiento de manteca obtenido.

Rendimiento:
$$\frac{\text{Masa manteca} \times 100}{\text{Masa crema}}$$

Análisis de resultados

- a. Describir el proceso de obtención de manteca.
- b. Evaluar por qué es necesario batir para producir la inversión de fase.
- c. Comparar con el proceso industrial de obtención de manteca.

Para investigar

- Buscar en un rótulo de manteca, en uno de crema de leche y en uno de “crema de leche light” cuál es el % de grasa de cada uno y relacionarlos con los rendimientos calculados en el Trabajo Experimental N°23.
- Buscar en el supermercado una “crema de leche light” y copiar sus ingredientes, según lo que se indica en el rótulo. Establecer luego si es posible obtener manteca por batido de ella. Justificar la respuesta.

Bibliografía de referencia:

- Coenders, A. *Química culinaria. Estudio de lo que le sucede a los alimentos antes, durante y después de cocinados.* (1996) Ed Acribia. España.
- Linden, G., Lorient, D. *Bioquímica agroindustrial. Revalorización alimentaria de la producción agrícola* (1996). Ed Acribia. España.
- Varnam A., *Leche y productos lácteos* (1995), Ed Acribia, España.

3.3.4. Masas

Las masas panarias son estructuras complejas, elaboradas a partir de harina, agua y levadura. La harina es un polvo fino que se obtiene de la molienda de diferentes cereales como trigo, maíz, avena, cebada, centeno, etc. La harina de trigo, que es la más empleada en panadería y pastelería, contiene aproximadamente 75% de almidón, 9-11% de proteínas, 1-2% de lípidos, 1-2% de minerales y 11-14% de agua (humedad).



Figura 17.
Ejemplos de productos de panadería.

Las proteínas presentes en la harina de trigo son de dos tipos; las gliadinas que son globulares y las gluteninas, que son fibrilares. Ambos tipos de proteínas intervienen en la formación del gluten que es una estructura tridimensional viscosa y elástica, que retiene el CO_2 producido por las levaduras durante la fermentación. Para que se forme el gluten es necesario amasar (desnaturalizar) las proteínas en presencia de agua. Durante el amasado se establecen puentes disulfuro entre las cadenas de gluteninas y las gliadinas se colocan en los huecos que se forman. Esta estructura de gluten es de fundamental importancia para poder producir el levado y la estructuración de las masas panarias.



Figura 18. Formación de gluten durante el amasado.

Actividad experimental N°24: “Formación de masas”

Materiales:

- harina
- levadura deshidratada
- recipiente
- cuchara
- asadera enmantecada
- horno



Figura 19. Panes con diferentes masas.

Desarrollo

1. Mezclar con cuchara en un recipiente, medio sobre de levadura deshidratada (5 g), 250 g de harina y cantidad necesaria de agua.
2. Separar la preparación en dos partes iguales.
3. Amasar una de las preparaciones hasta obtener un bollo liso que no se pegue en los dedos. Darle forma de pan y colocarlo en asadera enmantecada.
4. Colocar la otra parte de la preparación (pero sin amasarla) en la misma asadera.
5. Cocinar en horno moderado hasta que el pan amasado esté dorado por fuera.
6. Dejar enfriar y cortar ambos productos.

Análisis de resultados

Determinar para cada producto obtenido:

- a. volumen,
 - b. cantidad, tipo y homogeneidad de los alvéolos,
 - c. elasticidad del producto al traccionarlo y luego de llevarlo a la boca y masticarlo.
- Discutir cuál es la incidencia del amasado en las características de las masas obtenidas.

Para investigar

Los 4 tipos de estructuras estudiadas en este capítulo: geles, espumas, emulsiones y masas, tienen en común que para su formación es necesario la desnaturalización de las proteínas y su posterior reorganización para formar la nueva estructura con las características deseadas.

Para comprender mejor qué es lo que sucede en el alimento se pide comparar:

- ¿cuáles son las proteínas que intervienen en cada caso?
- ¿cómo se realiza su desnaturalización?
- ¿qué características presentan las estructuras formadas?

Fuentes de referencia:

1. Cheftel, J.C., Cuq, J. L., Lorient, D. Proteínas alimentarias. (1989). Ed Acribia. España.
2. Fennema, O. Química de los Alimentos (2000). Ed Acribia. España.
3. Linden, G., Lorient, D. Bioquímica agroindustrial. Revalorización alimentaria de la producción agrícola (1996). Ed Acribia. España.
4. Ashlimme E., La leche y sus componentes. Propiedades química y físicas (2002), Ed Acribia, España.
5. Hosene R., Principios de ciencia y tecnología de los cereales (1991), Ed. Acribia, España.
6. Quaglia. G., Ciencia y tecnología de la panificación (1991), Ed Acribia, España.
7. Varnam A., Leche y productos lácteos (1995), Ed Acribia, España.
8. Veisseyre R., Lactología técnica (1988) Ed Acribia, España.

4. LOS LÍPIDOS

4.1. Introducción

Bajo la denominación de lípidos se agrupa un conjunto complejo de sustancias químicas de estructuras diferentes que poseen en común la propiedad de ser solubles en solventes no polares tales como éter, benceno y otros, y ser escasamente soluble o insoluble en solventes polares como el agua.



Aceite

(lípidos líquidos a temperatura ambiente)



Manteca

(lípidos sólidos a temperatura ambiente)

Figura 1.
Grasas y aceites comestibles

Los lípidos de interés en el campo de los alimentos son principalmente ésteres de la glicerina y ácidos grasos carboxílicos de número par de átomos de carbono. Su presencia en los alimentos contribuye a incorporar aromas, sabores y micronutrientes así como también modificar su textura y palatabilidad. Dan consistencia y estructura a muchos productos, saciedad al consumirlos y color (por ejemplo: el color amarillento de los carotenoides), facilitan la absorción de vitaminas liposolubles (A, D, E y K). El consumo de los ácidos linoleico y linolénico, integrantes de algunos triglicéridos, son indispensables para conservar una buena salud.

Para experimentar e investigar

- Comprar en el supermercado un paquete de galletitas de agua común y otro paquete de galletitas iguales a las anteriores pero en su versión "diet".
- Tomar una de cada paquete y estudiar y comparar su facilidad para quebrarse.
- Tomar una de cada paquete y estudiar y comparar su sabor.
- Buscar en la etiqueta de cada una, cuál es su contenido de grasa.
Relacionar los resultados observados en los puntos b) y c) con los hallados en el d).

4.2. Clasificación

Dado que el número de sustancias consideradas como lípidos es muy amplio, se torna difícil su clasificación. Una manera de ordenarlas es la siguiente:

4.2.1. Lípidos simples. Ésteres de ácidos grasos y alcoholes:

- **Grasas y aceites:** ésteres de la glicerina con ácidos grasos monocarboxílicos. Si se presentan al estado líquido a temperatura ambiente se los denomina *aceites* y, si en cambio, se presentan sólidos se los denomina *grasas*.

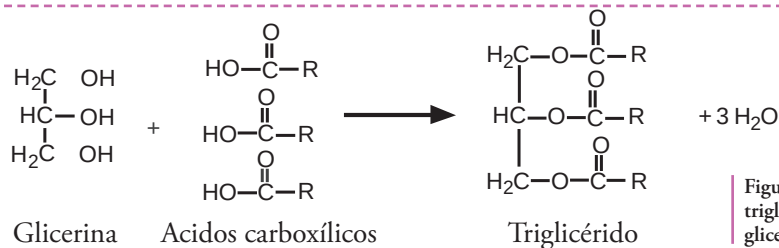


Figura 2. Formación de un triglicérido a partir de glicerina y ácidos carboxílicos.



Grasa



Aceite de semilla



Aceite de oliva

Figura 3. Manteca y aceites comestibles compuestos principalmente por ésteres de glicerina.

- **Ceras:** ésteres de alcoholes monohidroxilados y ácidos grasos.

n y m representan el número de veces que se repite el grupo CH_2 , siendo los valores más frecuentes para n entre 8 y 20 y para m entre 16 y 36.

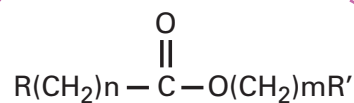


Figura 4. Estructura general de una cera.

4.2.2. Lípidos compuestos. Lípidos simples conjugados con moléculas no lipídicas:

- **Fosfolípidos:** ésteres que contienen ácido fosfórico en reemplazo de un ácido graso, combinado con un compuesto nitrogenado (base).



Figura 5. Las manzanas presentan en su superficie ceras que las protegen del deterioro.

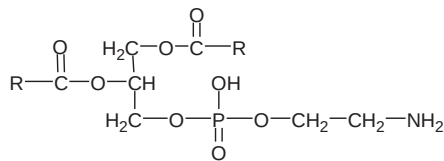
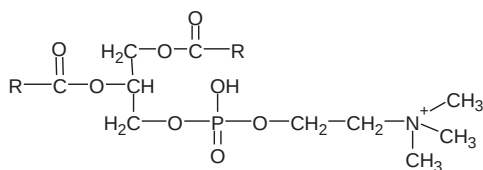


Figura 6. Ejemplos de fosfolípidos.



Figura 7. Lecitina de soja (a) : fosfolípido extraído principalmente de porotos de soja (b). Muy usado como emulsionante en alimentos.

- **Glucolípidos:** compuestos de hidratos de carbono, ácidos grasos y esfingosinol, también llamados cerebrósidos.
- **Lipoproteínas:** son macromoléculas que estructuralmente están formadas por una parte lipídica y una proteica, cuya función es empaquetar los lípidos insolubles en el plasma proveniente de los alimentos (exógeno) y los sintetizados por nuestro organismo (endógenos), que son transportarlos desde el intestino y el hígado a los tejidos periféricos y viceversa; devolviendo el colesterol al hígado para su eliminación del organismo en forma de ácidos biliares. En la actualidad, las lipoproteínas se clasifican según su densidad en: quilomicrones; VLDL, lipoproteínas de muy baja densidad; IDL, lipoproteínas de densidad intermedia; LDL, lipoproteínas de baja densidad y HDL, lipoproteínas de alta densidad.

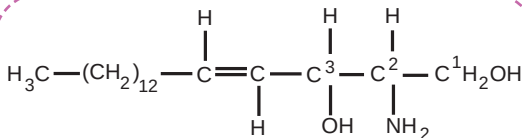


Figura 8. Ejemplo de glucolípido.

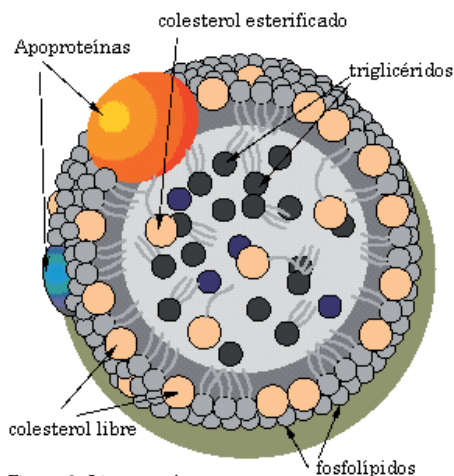
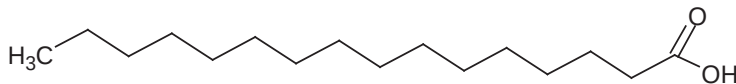


Figura 9. Lipoproteínas.

4.2.3. Lípidos asociados

- Ácidos grasos



Ácidos grasos

Figura 10. Ejemplo de ácido graso saturado (ácido palmítico).

- Pigmentos

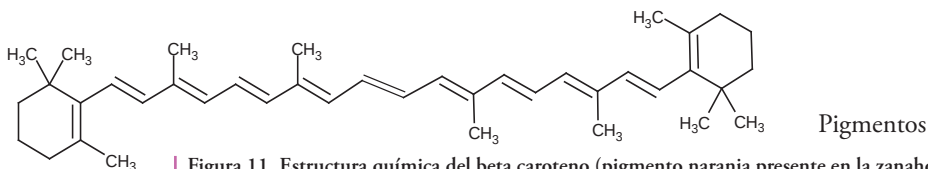


Figura 11. Estructura química del beta caroteno (pigmento naranja presente en la zanahoria).

- **Vitaminas liposolubles**, tales como las vitaminas A,D,E y K.

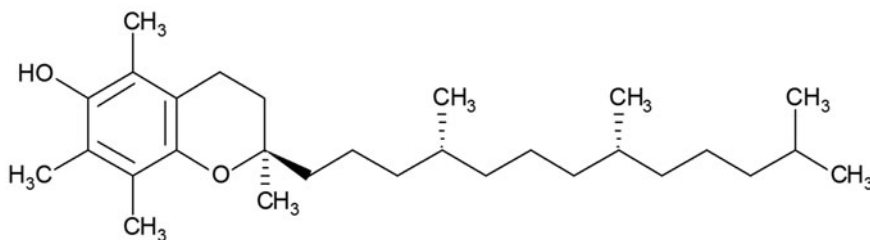


Figura 12. Estructura química de la vitamina E (α -Tocoferol).

- **Esteroles**, como por ejemplo el colesterol.

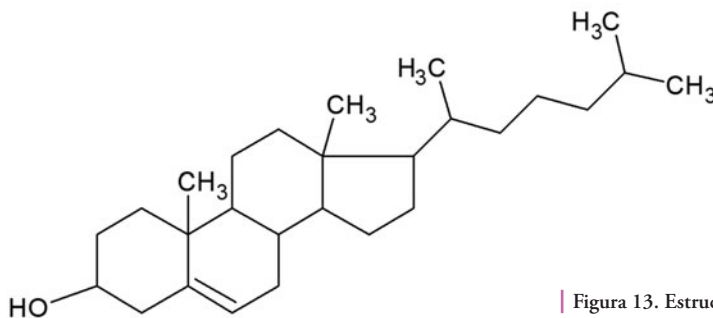


Figura 13. Estructura química del colesterol.

4.3. Obtención de algunos aceites comestibles

4.3.1. De semillas

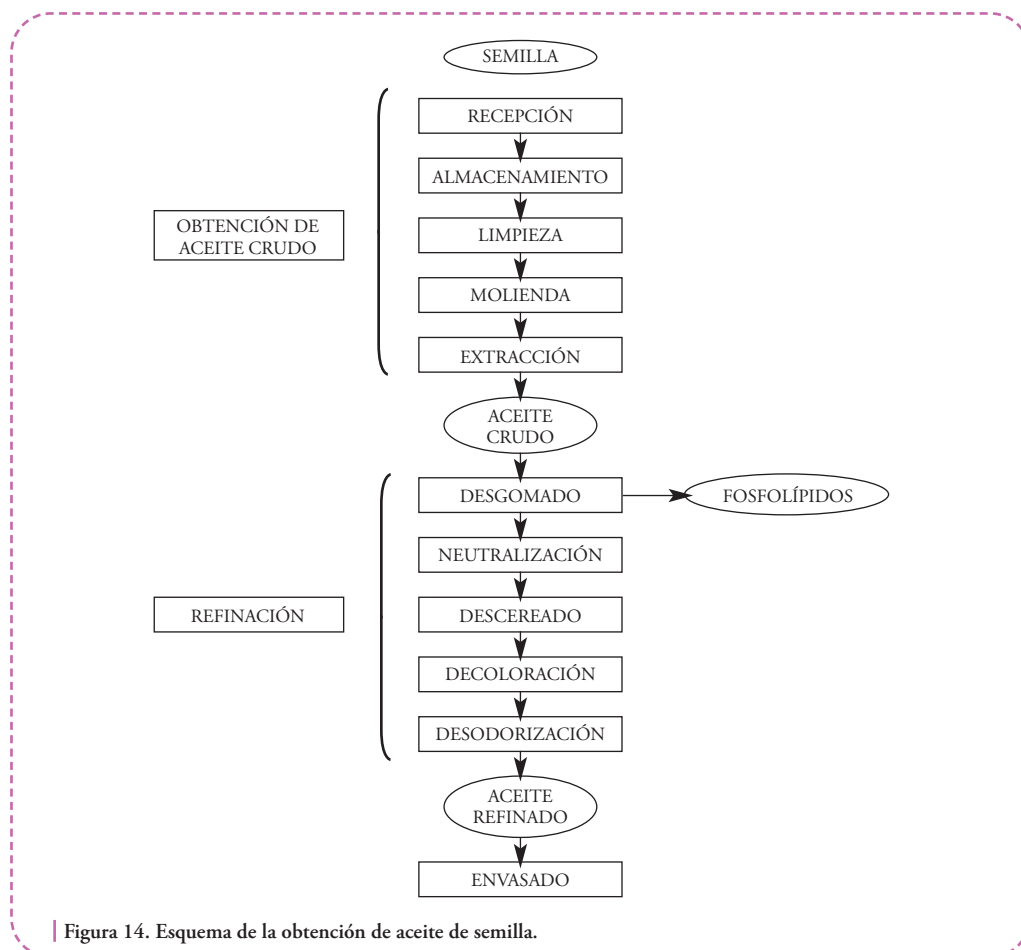
La industrialización de semillas oleaginosas rinde básicamente un producto principal, el aceite, y un subproducto (o coproducto) denominado harina de extracción. En nuestro país, los principales aceites elaborados son el de soja y girasol. En el siguiente diagrama se muestran las distintas etapas involucradas en este proceso:

Para investigar

- ¿Qué se entiende por vitaminas?
- ¿Qué alimentos son fuentes adecuadas de las vitaminas liposolubles A, D, E y K?
- ¿Cuál es la importancia de su consumo adecuado?
- ¿Cuál es la relación entre el beta caroteno y la vitamina A?
- ¿Qué son los fitosteroles?

Bibliografía de referencia:

- 1) Badui, S.D., *Química de los Alimentos* (2006). Ed. Pearson. México.
- 2) Fennema, O. *Química de los Alimentos* (2000). Ed Acribia. España.



Maíz



Girasol



Arroz

Figura 15. Algunas fuentes de aceites de semilla.

La primera etapa para la obtención de aceite de semilla en la planta es la *recepción* de la semilla. En este punto se realiza un control de calidad físico-químico y sanitario. La verificación del estado sanitario de las semillas está a cargo de un perito receptor de granos. Es importante que la materia prima esté libre de granos dañados por insectos, hongos, clima, por de-

ficiente manipulación física o condiciones inapropiadas de almacenamiento. Para el caso de la soja, por ejemplo, porotos dañados producirán aceite más oscuro, con mayor contenido de clorofila y alto nivel de fosfolípidos no hidratables. Este elevado contenido de fosfolípidos dificulta, posteriormente, las etapas de refinado mientras que altos niveles de clorofila demandarán una mayor decoloración.



Figura 16. Semillas de maíz, girasol y maní.

Una vez ingresada, la mercadería se almacena en condiciones de humedad adecuadas (aproximadamente 14 %), previniendo las reacciones de alteración. Posteriormente se realizan las operaciones de *limpieza* donde se eliminan cuerpos extraños previamente al ingreso de la semilla a la molienda.

En general la limpieza se realiza por varios métodos:

- separación por tamaño o tamizado donde se eliminan partículas de tamaños superiores o inferiores al calibre buscado,
- separación por densidad, en la que la materia prima se somete a la acción de una corriente de aire a alta velocidad. Esta corriente arrastra las partículas más livianas (hojas, pequeños tallos) y las separa de la semilla limpia,
- separación magnética, la materia prima se hace pasar sobre una serie de imanes que retienen las partículas metálicas (alambres, tuercas) que podrían deteriorar los equipos.

Le sigue luego el proceso de *molienda* durante el cual las semillas pasan por molinos descascaradores donde por impacto se separa la cáscara de la pulpa. Este material pasa por un sistema de selección por tamaño (zarandas) y densidad (separadores neumáticos).

La cáscara proveniente de la semilla se utiliza como combustible en las calderas y el vapor producido por éstas se usa para abastecer los requerimientos térmicos del proceso.



Figura 17. Molino de aceite, emprendimiento familiar.

Para continuar luego con el proceso de *extracción*, existen dos métodos:

- a. por prensas continuas y
- b. por solventes.

La primera de ellas, más antigua, es la que tiene menores rendimientos. Por este motivo

está siendo reemplazada por la tecnología de solventes. El prensado aún se emplea en nuestro país en viejas plantas o en combinación con nuevas unidades de extracción por solvente. Éstas forman un sistema mixto en el que la semilla parcialmente extraída (expeller) es ahora tratada con disolvente (hexano) para separar el aceite remanente.

La temperatura óptima de extracción está en el rango de 60 a 65° C. Valores superiores llevarían a una excesiva presurización del extractor y posibles escapes de solvente. Por el contrario, temperaturas inferiores reducen la velocidad de extracción.

La humedad de la materia prima debe estar entre el 9,5 y el 10,5 %, dado que a valores inferiores el material tiene tendencia a romperse.

La relación solvente / semilla es 1:1. La semilla se pone en contacto con el solvente para extraer el aceite y posteriormente se destila para separar el aceite y recuperar el solvente.

El aceite obtenido por extracción por solventes, se conoce como aceite crudo. Éste contiene una serie de impurezas que no lo hacen apto para su consumo, por lo que debe ser sometido a un proceso de *refinación*. Este proceso, si bien produce pérdidas de algunos nutrientes, disminuye el riesgo de enranciamiento y mejora los caracteres organolépticos.

La refinación consta de varias etapas en las que se eliminan gomas, pigmentos, metales, hidroperóxidos, ceras y ácidos grasos libres.

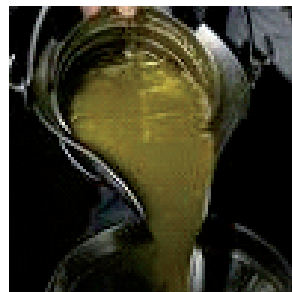


Figura 18. Aceite crudo.



Figura 19. Aceite refinado.

Las diferentes etapas de un proceso típico de refinación son:

- desgomado
- neutralización
- descerado o “winterizado”
- decoloración
- desodorización

El *desgomado* es un tratamiento con agua caliente, con agregado de ácido fosfórico o cítrico, que insolubiliza los fosfolípidos y otras materias coloidales.

Luego de un tiempo de contacto, las dos fases son separadas por centrifugación.

En la *neutralización*, el aceite previamente calentado es tratado con una solución alcalina. Los ácidos grasos libres, responsables de la acidez y la oxidabilidad de los aceites se eliminan en la fase acuosa bajo forma de jabones en centrífugas autolimpiantes. Un proceso posterior de lavado elimina los jabones residuales de neutralización para obtener un aceite neutro.

En otra etapa de la refinación, los aceites pasan por un proceso de *desmargarinado* o “*winterizado*” en el que son enfriados y mantenidos a baja temperatura. De esta forma

se favorece la formación y posterior separación de los cristales de bajo punto de fusión. Con ello se evita la turbidez del aceite cuando se lo almacena a bajas temperaturas, especialmente durante el invierno.

En la etapa de *decoloración o blanqueado*, los aceites neutros son tratados con arcillas decolorantes donde se eliminan la clorofila y los carotenoides hasta ajustar los colores a las especificaciones de calidad de cada aceite.

Una vez “winterizado”, neutralizado y blanqueado el aceite es desodorizado.

Sustancias como aldehídos y cetonas, que frecuentemente causan olores desagradables, son eliminados al tratar el aceite a temperaturas de 240 / 250°C en columna de vacío y con un ligero arrastre de vapor de agua. Deben evitarse tratamientos prolongados a altas temperaturas ya que hay peligro de originar una polimerización.

El aceite refinado es *envasado* principalmente en botellas de PET. Para la fabricación de estos envases la materia prima se seca, plastifica e inyecta en moldes para producir preformas que luego se transformarán en la botella final durante el soplado.

La principal causa de deterioro de los aceites es la oxidación, producto del contacto con el oxígeno del aire. Por tal motivo para extender la vida útil del producto se desplaza el oxígeno contenido en el aceite y en el interior del envase por un gas inerte. En general el gas empleado es nitrógeno, dado que además de no ser reactivo es abundante, poco soluble y no altera el sabor ni el aroma de los alimentos.



Figura 20. Diferentes materiales de envasado para aceites de semilla: vidrio, hojalata y PET (polietilenotereftalato).

4.3.2. De oliva

La calidad de los alimentos es controlada en nuestro país por una labor conjunta de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos y el Ministerio de Salud (ANMAT: Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica del cual depende el INAL, Instituto Nacional de Alimentos). En ambos casos sus páginas web permiten acceder a información valiosa e información sobre legislación vigente sobre aceite de oliva, entre otros casos.



Figura 21. Aceitunas (olivas) y aceite de oliva.

4.4. Propiedades de las grasas y aceites

Como las grasas y los aceites son mezclas de triglicéridos (TG) no poseen una única temperatura de fusión sino que funden en un rango de temperatura que es característico de cada mezcla. De esto se puede inferir que cuanto mayor sea la diferencia entre los puntos de fusión de los TG que componen la mezcla, mayor será el rango. A su vez, el punto de fusión de cada TG depende de:

- el tipo de ácido graso que contiene,
- el tipo de cristal que forma el TG.

a) Tipos de ácidos grasos.

Los ácidos grasos son ácidos carboxílicos con un número par de carbonos, generalmente entre 4 y 20 carbonos y pueden ser saturados o no saturados. Generalmente no se encuentran solos en la naturaleza sino que forman parte de los triglicéridos. Cuando los tres ácidos grasos de un triglicérido son iguales entre sí, el mismo se llama homoglicéridos, mientras que si son diferentes se llaman heteroglicéridos, siendo estos últimos los más abundantes. Los ácidos grasos saturados más frecuentes en los triglicéridos alimentarios son los siguientes:

NOMBRE COMÚN	CANTIDAD DE ÁTOMOS DE CARBONO	NOMENCLATURA QUÍMICA	FUENTES
Ácido Butírico	4	ácido butanoico	manteca
Ácido Caproico	6	ácido hexanoico	manteca
Ácido Caprílico	8	ácido octanoico	aceite de coco, leche de cabra
Ácido Cáprico	10	ácido decanoico	aceite de coco, leche de cabra
Ácido Láurico	12	ácido dodecanoico	aceite de coco
Ácido Mirístico	14	ácido tetradecanoico	aceite de palma
Ácido Palmítico	16	ácido hexadecanoico	aceite de palma
Ácido Estearico	18	ácido octadecanoico	grasas animales
Ácido Araquídico	20	ácido eicosanoico	grasas animales

Tabla 1. Algunos ejemplos de ácidos grasos saturados.

Sus direcciones web son las siguientes:

www.alimentosargentinos.gov.ar/programa_calidad/calidad

www.anmat.gov.ar

Para investigar

Uno de los aceites más valorados en nuestros días es el aceite de oliva. Las características de la materia prima y su proceso de extracción son muy diferentes a los aceites de semilla.

Por tal motivo se sugiere investigar:

- ¿cómo se obtiene el aceite de oliva?
- ¿cómo se los clasifica y en qué se basa tal clasificación?
- ¿cuáles son los varietales más comúnmente consumidos en nuestro país y en qué se diferencian?

Referencia bibliográfica:

Guía de aplicación de Buenas Prácticas de Manufactura. Extracción de aceite de oliva. Ing Agr. José Luis Marginet Campos, Lic. Florencia Mabel Rembado, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, Dirección Nacional de Alimentos, Ministerio de Economía de la Nación, en : http://www.alimentosargentinos.gov.ar/programa_calidad/calidad/guias/Guia_BPM_Aceite_de_Oliva.pdf

Estos ácidos se encuentran especialmente asociados al reino animal. Por ejemplo el ácido caproico, el ácido caprílico y el ácido cáprico (6, 8 y 10 átomos de carbono respectivamente) se hallan presentes en la leche de cabra y en sus derivados, brindando los caracteres organolépticos particulares que se encuentran, por ejemplo, en los quesos de cabra.

El ácido butírico se halla presente en la crema de leche de vaca. Cuando se separa del éster (hidrólisis), y debido a la posibilidad del ser humano de detectar su presencia en pequeñas cantidades a través del olfato, podemos advertir cuándo una manteca está rancia y no se debe consumir. Tampoco se encuentra presente en margarinas de origen vegetal. Su detección química es una de las maneras en que se pueden descubrir adulteraciones de manteca con margarinas.

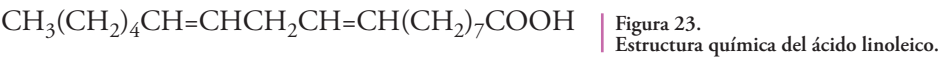
En el caso de los *ácidos grasos no saturados*, característicos de los aceites vegetales, se encuentran los siguientes:

1. los **monoinsaturados**: poseen sólo un doble enlace.



El ácido oleico posee un doble enlace entre los carbonos 9 y 10. (Recordar que el carbono 1 corresponde al C del grupo carboxilo –COOH).

2. los **poliinsaturados**: poseen dos o más dobles enlaces

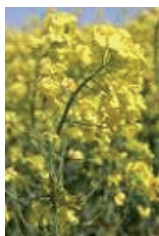


El ácido linoleico presenta dos dobles enlaces: uno entre los carbonos 9 y 10 y otro entre los carbonos 12 y 13.

La presencia de estos ácidos grasos en los triglicéridos de los distintos alimentos es variable. A modo de ejemplo mostramos la siguiente tabla:

	Butírico	Caproico	Caprílico	Cáprico	Láurico	Mirístico	Palmitico	Estearico	Estearico	Oleico	Linoleico
	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	18.1	18.2	18.3
Algodón							21	2	28	44	
Cacao							25	35	32	3	
Maní							11	3	52	30	
Canola							6	2	59	20	9
Coco			6	4	47	19	8	3	6	2	
Girasol							7	5	22	61	
Maíz							6	2	35	52	
Manteca de Cerdo							26	14	44	9	
Manteca	4	2	1	3	3	14	37	12	13	2	
Palma						3	52	5	18	12	2
Oliva							12	3	75	7	
Soja							10	2	19	62	3

Tabla 2. Composición porcentual de ácidos grasos de algunas grasas y aceites.



Planta de canola y sus semillas

Figura 24.



Palma aceitera y sus semillas

El punto de fusión de los triglicéridos está directamente relacionado con la composición de ácidos grasos que posee. Cuanto mayor sea la interacción entre las cadenas de los mismos, mayor será el punto de fusión del triglicérido. Es por este motivo que los triglicéridos compuestos por ácidos grasos saturados, que tienen una estructura más lineal que los no saturados, se acomodan de forma más eficiente, generando un empaquetamiento bastante fuerte que da origen a compuestos sólidos.

Esta interacción es más fuerte cuanto mayor es el número de carbonos de la molécula. Es decir, a mayor peso molecular del ácido graso saturado, mayor será su punto de fusión (PF). (Ver Tabla 1)

En el caso de los ácidos grasos no saturados, la sola presencia de un doble enlace genera la posibilidad de isomería cis o trans. Esto origina que la interacción de las moléculas sea mucho menor que en el caso de los ácidos grasos saturados, dando lugar a productos de menor punto de fusión.

La isomería cis-trans de los ácidos grasos de los triglicéridos afecta los puntos de fusión de los triglicéridos. Los trans presentan valores más elevados que los isómeros cis, al poder empaquetarse mejor y así interactuar más las cadenas de los ácidos grasos.

El efecto de la isomería cis-trans queda de manifiesto en los PF del ácido oleico (13°C) y eláidico, su isómero trans, 46°C. El primero de ellos es líquido a temperatura ambiente y el segundo se presenta al estado sólido.

b) Tipo de cristales

Cuando los triglicéridos son homoglicéridos la interacción entre las cadenas de los

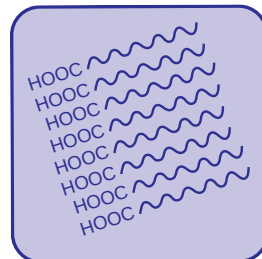


Figura 25. Empaquetamiento de ácidos grasos saturados.

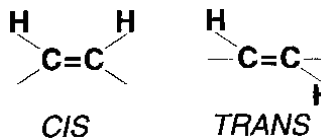


Figura 26. Estructura en cis y en trans de los dobles enlaces

Para investigar

- Graficar la composición en ácidos grasos de los aceites de girasol, soja y de una manteca (o mantequilla para otros países hispanoparlantes).
- En base a estos gráficos y las características de los ácidos grasos (saturados- no saturados y sus porcentajes), justificar sus puntos de fusión.
- Buscar en libros o en Internet esos valores y comparar con lo respondido en el punto b.

ácidos grasos es fuerte y se genera un empaquetamiento compacto con la formación de un solo tipo de cristal. Por el contrario, en los triglicéridos heterogéneos (la mayoría de los que se presentan en la naturaleza), los ácidos grasos poseen distinta longitud de cadena, pueden ser saturados o no y existir distintos tipos de isómeros. Estos factores no promueven un ordenamiento compacto único sino que dan origen a distintos tipos de cristales.

Las principales formas cristalinas que podemos encontrar en las grasas son las siguientes:

- α (alfa) de geometría hexagonal,
- β' (beta prima) de geometría ortorrómbica,
- β (beta) de geometría triclinica.

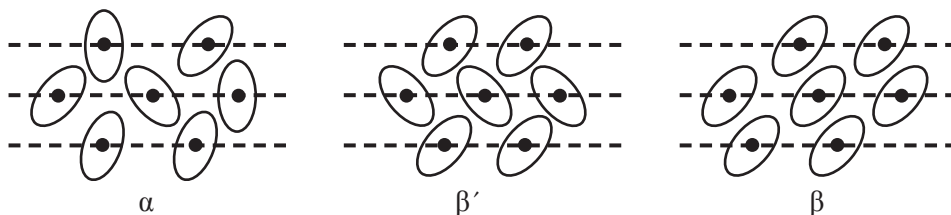


Figura 27. Principales estructuras cristalinas de los triglicéridos.

El tamaño del cristal y su orientación determinan la textura, la tersura, la sensación en la boca y las propiedades funcionales de una grasa.

Si tomamos una muestra de una grasa y vamos estudiando su comportamiento en un gráfico de temperatura en función del tiempo, podemos obtener diferentes resultados. A modo de ejemplo se presenta el comportamiento de dos lípidos A y B. Cada uno de los tramos horizontales del gráfico muestra la fusión de un tipo determinado de cristal de la materia grasa. El lípido A muestra dos y el B varios. Esto sugiere que la variedad de cristales es mayor y que la fusión de esa grasa no se realiza por intervalos prolongados como en el caso A, sino que es un continuo desde el comienzo hasta el fin. La aplicación de este lípido en un alimento, hace que sea más agradable al paladar que el primero, permitiendo obtener productos que se adecuan mejor a las exigencias de los consumidores.

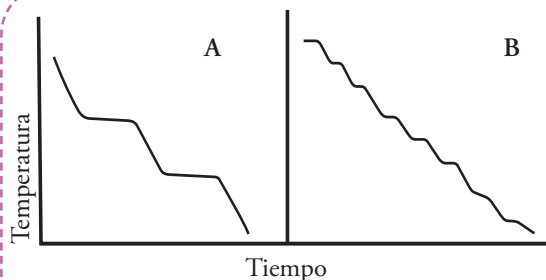
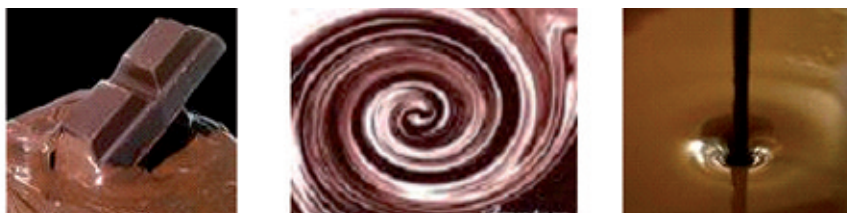


Figura 28. Ejemplos de curvas de fusión de algunas grasas.

Esta capacidad de cristalizar en distintas formas cristalinas se denomina polimorfismo y se presenta en la elaboración de chocolates, las margarinas, sebos y otros derivados lipídicos.

Para investigar

- ¿Cuál es la estructura química de los ácidos omega-3 y omega-6?
- ¿Cuál es la importancia de su ingesta?
- ¿En qué alimentos se los encuentra más comúnmente?

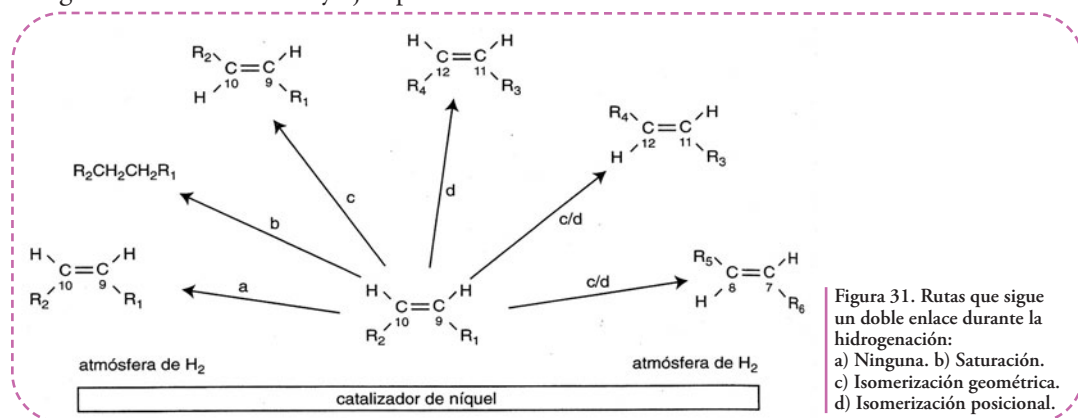


4.5 Los procesos de modificación de triglicéridos

Los triglicéridos presentes en los productos naturales pueden experimentar cambios químicos para modificar sus propiedades físicas y químicas. Se destacan entre ellas:

4.5.1. Hidrogenación. Mediante este proceso se transforman los aceites líquidos en semisólidos o sólidos. Estos productos hidrogenados se convierten en bases grasas para la fabricación de margarinas.

- En la hidrogenación ocurren tres procesos:
 1. saturación de las dobles enlaces
 2. isomerización geométrica cis-trans
 3. isomerización posicional.



4.5.2. Interesterificación. Este proceso consiste en una modificación de la ubicación de los restos de ácidos grasos de los ésteres de glicerina.

Por ejemplo a partir de triestearina (EEE) y trioleína (OOO) se pueden obtener los siguientes triglicéridos:

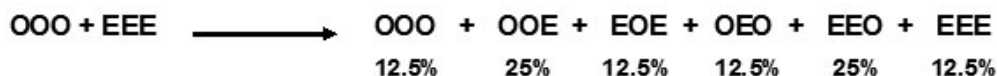


Figura 32. Interesterificación entre triestearina (EEE) y trioleína (OOO).

A diferencia de la hidrogenación, estas reacciones no afectan la saturación y no producen isomerizaciones; sólo promueven una reacomodación de los ácidos grasos en las moléculas de los triglicéridos.

4.5.3. Fraccionamiento. Es la separación de un aceite en dos o más fracciones mediante un enfriamiento controlado.



Figura 33. Obtención de diferentes materias grasas (shortening) a partir de aceites por aplicación de los métodos citados.

4.6. Los fosfolípidos

Los fosfolípidos en general son aquellos lípidos que contienen ácido fosfórico. Se obtienen como subproducto en la elaboración de aceite refinado (ver figura 9). En el campo de la ciencia y la tecnología de los alimentos, la expresión suele limitarse a los derivados del ácido glicerofosfórico, que están formados por una molécula de glicerina esterificada en las posiciones 1 y 2 por dos ácidos grasos, con la posición 3 esterificada por un ácido fosfórico que lleva unidas además otras estructuras, dependiendo del fosfolípido de que se trate. De forma genérica se denominan "lecitinas", aunque se considera que la lecitina propiamente dicha es la fosfatidilcolina.

Por sus características anfífilas (uno de los extremos polar y el otro apolar) es empleado como emulsionante (ver aplicaciones en el capítulo "Las Proteínas").

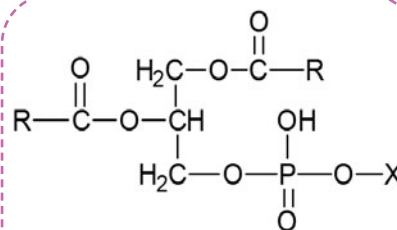


Figura 34. Estructura general de un fosfolípido, donde X representa la colina, etanolamina, serina o inositol.

4.7. Alteraciones de los lípidos

Los aceites y las grasas, sufren alteraciones que dan lugar a cambios de sabor, aromas extraños o la formación de compuestos tóxicos.

El enranciamiento químico se produce tanto en grasas y aceites crudos como elaborados. La acción del oxígeno atmosférico, catalizada por la presencia de luz solar, promueve la oxidación de los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados. Este proceso se ve favorecido por las altas temperaturas y la presencia de cationes metálicos polivalentes como es el caso del hierro y el magnesio. Los productos de reacción (peróxidos e hidroperóxidos) son muy tóxicos.



Figura 35. Freidora familiar, freidora industrial y tradicional sartén para cocción de alimentos con materias grasas.

Estos efectos pueden mitigarse en los aceites elaborados incorporando aditivos antioxidantes tales como BHT (butilhidroxitolueno), BHA (butilhidroxianisol) y galatos de octilo.

4.8. Funcionalidad de lípidos en masas

Para finalizar, y a modo de conclusión de todo lo visto con referencia a los lípidos en los alimentos, sus propiedades se traducen en una funcionalidad diferente para cada tipo cuando se hallan presentes en alimentos elaborados.

Una de las funciones más importantes de los lípidos es ablandar los productos de panadería y pastelería, en especial en aquellos que contienen poca sacarosa o no contienen sacarosa.

Los lípidos pueden estar dispersos en forma muy diferente en los distintos tipos de productos horneados. En los pasteles friables generalmente están finamente dispersos; en las pastas y bollos suelen estar dispersos en partículas relativamente grandes.

Si al amasar pastas y bollos se evita la mezcla íntima de los lípidos con los restantes ingredientes, tiene lugar la formación de capas de masa y se forman productos hojaldrados. Las consistencias laminosa y tierna son propiedades diferentes y no totalmente compatibles. Cuanto más se mezclan la harina y la grasa, el producto se hace más tierno y menos hojaldrado.

Los distintos lípidos pueden diferir notablemente en su capacidad para aumentar la friabilidad de las masas y se han intentado explicar estas diferencias. Una teoría propone que cuanto mayor sea la superficie cubierta por los lípidos mayor será su capacidad para hacer más friables las masas. La superficie cubierta por la grasa está condicionada por diversos fac-

Para investigar

- ¿A qué se llama fluidos caloportadores?
- ¿Qué diferencias presentan los lípidos y el agua como fluidos caloportadores?
- ¿Cómo funcionan las freidoras de papas fritas comerciales?

Referencia bibliográfica:

Bello Gutierrez J., *Ciencia y tecnología culinaria*, Capítulo 2, Díaz de Santos Editor, 1998.

Para investigar

- Describir la estructura de una freidora familiar.
- Justificar la forma en que se la emplea (tapada o destapada, con control de temperatura o no, con canasta filtrante).
- Explicar por qué no es conveniente agregar aceite nuevo a uno ya usado.

tores, incluyendo la naturaleza de los lípidos, su concentración, la temperatura, la manipulación y grado de la mezcla.



Figura 36. Masa friable(desmenuzable) de una tarta dulce y masa no friable de un pan.

4.8.1. Naturaleza de los lípidos. Los aceites (líquidos) cubren superficies mucho mayores por molécula que las grasas (grasas). La plasticidad de un lípido está también relacionada con su capacidad para aumentar la friabilidad de las masas. Los lípidos más plásticos se extenderán presumiblemente con mayor facilidad y cubrirán una mayor superficie de harina teniendo así un mayor efecto sobre la friabilidad de la masa.



Figura 37. La presencia de aceite o grasa afecta la friabilidad del producto.

4.8.2. Concentración. Si se mantienen constantes los restantes factores, la capacidad para aumentar la friabilidad de las masas aumenta con la concentración de los lípidos.

4.8.3. Temperatura. Cuanto mayor es la temperatura, mayor es la plasticidad de los lípidos y más blandos se hacen. Las grasas se extienden más fácilmente y cubren una mayor superficie de harina con un mismo grado de amasado que a menor temperatura, a la que la grasa es menos plástica. La plasticidad de algunos lípidos es mucho más sensible a las variaciones de temperatura que la de otros, dependiendo esto de los puntos de fusión de los triglicéridos constituyentes.

4.8.4. Manipulación. El batido, corte o agitación de las grasas plásticas las ablanda, pudiendo así extenderse más fácilmente. El grado de mezcla de los lípidos con la harina, la intensidad de la agitación tras la adición del líquido y la forma de enrollar y manejar la masa también condicionan la extensibilidad y capacidad para aumentar la friabilidad de las masas. El mayor grado de mezcla y manipulación tras la adición de líquido puede aumentar el desarrollo del gluten y contrarrestar el creciente aumento de friabilidad resultante de la mayor dispersión de la grasa.



Figura 38. El amasado manual o mecánico afecta la friabilidad de las masas.

Actividad experimental N°25: “Funcionalidad de los lípidos”

Materiales:

- harina de trigo 000
- manteca
- aceite comestible
- sal común de mesa
- recipiente de cocina
- cuchillo
- tenedor
- papel encerado
- palo de amasar
- fuente de horno
- cortante para galletitas

Desarrollo

Primera parte: preparación de muestras

1. Mezclar la harina y la sal en un recipiente.
2. Agregar la manteca (cortada con cuchillo hasta tamaño arroz) o el aceite, según corresponda (ver tabla 3).
3. Agregar agua de a poco sobre la masa mientras se mezcla con tenedor.
4. Amasar con el tenedor y hacer una bola de masa (no tocar con la mano).
5. Colocar la masa sobre un papel encerado.
6. Manipular rápidamente la masa sobre el papel para formar una bola cohesiva.
7. Aplastar la masa y cubrirla con otro papel encerado.
8. Extender la masa con palo de amasar hasta medio centímetro de espesor.
9. Retirar el papel superior y cortar la masa con un molde.
10. Pinchar la masa en el centro y bordes.
11. Con los recortes de masa sobrante (luego de cortarla con el molde) amasarlos bien y cortarlos con un molde.
12. Hornear a 220°C hasta cocción.
13. Dejar enfriar durante 10 minutos antes de evaluar.

Ingredientes	Control	M1	M2	M3
Harina común	100 g	100 g	100 g	100 g
Sal	2 g	2 g	2 g	2 g
Manteca	----	----	50 g	25 g
Aceite	----	50 ml	----	C/N
Agua	C/N	C/N	C/N	

Tabla 3. Variables en la elaboración de galletitas.

Segunda parte: análisis sensorial

Evaluar cada producto según su aceitosidad, friabilidad y hojaldrabilidad

Aceitosidad

- Colocar una galletita de cada muestra sobre una servilleta de papel.*
- Dejar reposar durante 30 minutos.*
- Retirar la galletita y medir el diámetro de la mancha de materia grasa en el papel.*

Friabilidad

- Desgranar una galletita de cada muestra con la yema de los dedos.*
- Evaluar la capacidad que poseen para desmenuzarse, tomando trozos de las galletitas obtenidas entre el dedo pulgar e índice de una mano e imprimiendo fuerza para tratar de romperla. Ver Tabla 4 para calificar la friabilidad.*

Hojaldrabilidad

- Cortar una galletita de cada muestra a la mitad.*
- Observar las cantidades de capas de masa que se forman en cada caso.*

Expresar los resultados obtenidos teniendo en cuenta la siguiente tabla:

Aceitosidad	Friabilidad	Hojaldrabilidad
Ninguna	No friable	Poco hojaldrado
Aceitoso	Friable	Medianamente hojaldrado
Muy aceitoso	Muy friable	Muy hojaldrado

Tabla 4. Escala de valores para distintos atributos.

Análisis de resultados

- Evaluar cómo influye el tipo de materia grasa (aceite o manteca) en:*
 - la aceitosidad*
 - la friabilidad*
 - el hojaldramiento*
- Evaluar cómo influye la concentración de materia grasa (manteca) en:*
 - la aceitosidad*
 - la friabilidad*
 - el hojaldramiento*
- ¿Qué sensación produce al paladar el masticar cada una de las muestras?*
- ¿Cómo afecta el amasado a la friabilidad y el hojaldramiento de la masa de galletita?*

Actividades Integradoras Para investigar

Primera Parte

1. Describir el proceso de elaboración de una manteca en la industria láctea.
2. Explicar cómo se fabrica una margarina.
3. ¿Qué problemas puede ocasionar el consumo de grasas trans?
4. ¿Por qué es posible que se encuentren grasas trans en una margarina y no en una manteca?

Segunda Parte

- a. Buscar rótulos de distintas galletitas.
- b. Analizar qué tipos de materia grasa y en qué cantidad, se emplea/n en sus elaboraciones consultando la lista de ingredientes declarada en las etiquetas. ¿Cuál es el efecto de su empleo en cada galletita analizada?
- c. Averiguar qué se entiende en la industria por “Shortening” y cuál es su empleo.
- d. Establecer una manera de reconocer sensorialmente la presencia de diferente concentración de lípidos en, por ejemplo, galletitas.
- e. Determinar una manera de reconocer, sensorialmente, la presencia de grasas con punto de fusión elevado (mayor de 30°C) en, por ejemplo, tapas para empanadas o facturas (cañoncitos, medialunas, sacramentos, bizcochitos de grasa).

Referencia bibliográfica:

- a. Badui Dergal S., *Química de los Alimentos*, Ed Pearson, Cuarta Edición, México, 2006, Capítulo 4.
- b. Primo Yúfera E., *Química de los Alimentos*, Ed Síntesis, 1998, España, Capítulo 5.

5. LAS ENZIMAS

5.1. Introducción

Las enzimas son proteínas globulares que actúan como catalizadores biológicos, es decir, incrementan la velocidad de una reacción bioquímica. No se consumen durante la misma y, en general, presentan un alto grado de especificidad: **cada enzima cataliza un único tipo de reacción química**, o en el caso de ciertas enzimas, reacciones muy semejantes.

La mayoría de las reacciones en organismos vivos no ocurrirían a velocidad apreciable sin catálisis. Las enzimas incrementan la velocidad de las reacciones bioquímicas entre 10^8 y 10^{20} veces, comparado con la velocidad a la que ocurriría la reacción espontáneamente.

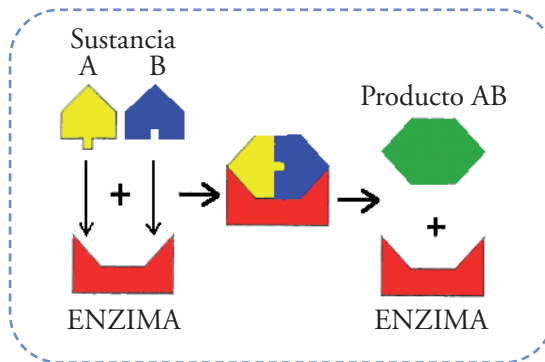
En una reacción catalizada enzimáticamente, la enzima se combina temporalmente con el reactivo o el **sustrato** (S), formando un **complejo enzima-sustrato** (E—S). Entonces, a medida que la reacción avanza, el **producto** (P) se libera y la **enzima** (E) vuelve a su estado original:



La enzima es, generalmente, más grande que el sustrato y la combinación de la enzima y el sustrato depende, normalmente, de fuerzas débiles, tales como puentes de hidrógeno, fuerzas de van der Waals e interacciones hidrofóbicas para unir la enzima con el sustrato. La pequeña parte de la enzima a la que se une el sustrato se conoce como el **sitio activo** de la enzima.

En forma general, cada molécula de enzima es capaz de transformar, en cada segundo, de 100 a 1000 moléculas de sustrato en producto. El número de estas moléculas transformadas en producto por molécula de enzima en cada segundo, se conoce como **número de recambio**.

Algunas enzimas se asocian con estructuras de carácter no proteico, denominadas cofactores, que son necesarias para su funcionamiento. Entre ellos encontramos iones metálicos como el Zn^{2+} o el Fe^{2+} , y también moléculas orgánicas que se denominan **coenzimas**.



5.2. Nomenclatura

En general, se han nombrado a las enzimas de manera empírica y poco sistemática, ya sea, tomando como base el sustrato sobre el que actúa y colocando la terminación *-asa* (por ejemplo proteasa, que es una enzima que hidroliza proteínas destruyendo en enlace peptídico entre dos aminoácidos) o haciendo alusión a la reacción química genérica que cataliza (reductasa, hidrolasa, que aceleran reacciones de reducción química e hidrólisis, respectivamente).

5.3. Modelo de la acción de las enzimas

La forma en que se une la enzima con el sustrato para catalizar las distintas reacciones ha sido explicada por distintos modelos. Entre ellos mencionaremos los dos siguientes:

5.3.1. El modelo de la "llave-cerradura"

La alta especificidad de las enzimas condujo a Emil Fisher en 1894 a deducir que ambas moléculas (enzima y sustrato) se complementan geoméricamente, y sus formas moleculares encajan, exactamente, una con otra. Esto se conoce, comúnmente, como el modelo de "llave-cerradura", en el que la enzima es una especie de cerradura y el sustrato una llave que encaja de forma perfecta en la cerradura. Sin embargo, si bien este modelo explica la especificidad de las enzimas (una enzima para cada sustrato y para cada reacción en condiciones definidas de temperatura, fuerza iónica y pH), falla al explicar la estabilización del estado de transición (E-S) que las enzimas logran.

De manera sistemática, miembros de la IUPAC (Internacional Union of Pure and Applied Chemistry) y del IUB (Internacional Union of Biochemistry) y posteriormente de la IUBMB (Internacional Union of Biochemistry and Molecular Biology), idearon un sistema de identificación, de modo tal que cada enzima puede ser identificada por un código numérico, encabezado por las letras EC (Enzyme Commission), seguidas de cuatro números separados por puntos.

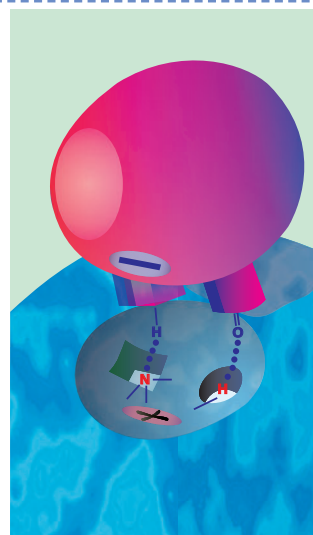


Figura 1. Modelo de llave-cerradura.

5.3.2. El modelo del encaje inducido

En 1958 Daniel Koshland sugiere una modificación al modelo de la llave-cerradura. Postula que las enzimas son estructuras bastante flexibles y, entonces, el sitio activo puede ser reformado por la interacción con el sustrato. Como resultado de esto, la estructura proteica que compone el sitio activo puede ser modificada en su estructura espacial, para lograr posiciones precisas que permitan a la enzima encajar en el sitio activo y llevar a cabo su función catalítica.

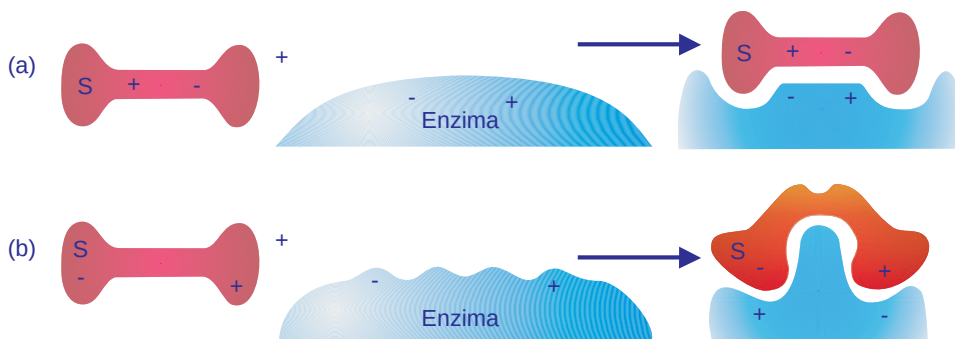


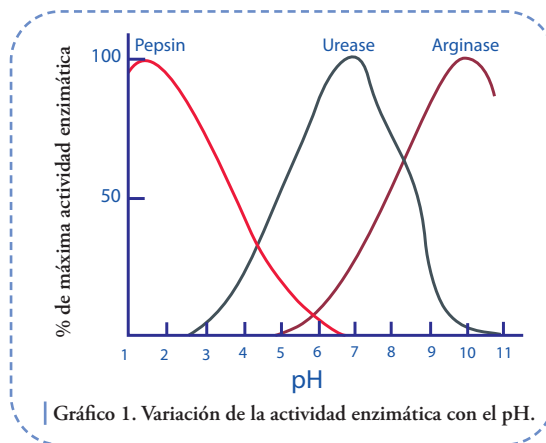
Figura 2. Modelo del encaje inducido.

5.4. Cuantificación de la actividad enzimática

La velocidad de una reacción enzimática se mide por la cantidad de producto formado en unidad de tiempo. Hay muchas variables que pueden influir en la actividad enzimática. Las más importantes son:

5.4.1. pH y concentración iónica

La actividad enzimática se halla vinculada con el estado iónico de la molécula y, especialmente, de la parte proteica, puesto que las cadenas polipeptídicas contienen grupos que pueden ionizarse (principalmente grupos carboxilos y aminos de los aminoácidos constituyentes) en un grado que depende del pH existente. El pH óptimo de las enzimas varía ampliamente, pero la gran mayoría tiene su pH óptimo entre 4 y 8. Por otra parte, mientras algunas enzimas muestran una amplia tolerancia a los cambios del pH, otras trabajan bien, sólo, en un rango estrecho. Cualquier enzima que se someta a valores extremos de pH, se desnaturaliza



5.4.2. La temperatura

La temperatura óptima para la mayoría de las reacciones enzimáticas se halla entre 30°C y 40°C. Al aumentar la temperatura, la velocidad de reacción aumenta y, para casi todas las enzimas, un incremento de 10°C duplica e incluso triplica la velocidad de reacción. Sin embargo, ese mismo aumento de temperatura acelera también la inactivación de la enzima por desnaturalización térmica.

Habitualmente la desnaturalización a alta temperatura es irreversible, debido a que se rompen las fuerzas débiles de enlace al aumentar la vibración térmica de los átomos componentes, fenómeno que daña la estructura tridimensional.

La mayoría de las enzimas son, pues, muy termolábiles y, habitualmente, es suficiente aplicar una temperatura de 40 a 80°C por 2 a 5 minutos, a fin de destruir su actividad.



Figura 3. Papines, coliflor y chauchas supercongelados, blanqueados previamente.

La reversión de la desnaturalización es un proceso lento, pero durante el almacenamiento prolongado de los alimentos procesados, existe tiempo suficiente para la regeneración detectable de algunas enzimas. De esta manera, la estabilidad de los alimentos con respecto al daño de estos por las enzimas es una función tanto de la "profundidad" de la inactivación térmica como del tiempo y condiciones de almacenamiento.

5.4.3. La disponibilidad de agua

La disponibilidad de agua, medida como actividad de agua (ver capítulo “La Química en los Alimentos”), tiene una fuerte influencia sobre la velocidad de las reacciones. La actividad enzimática aumenta al aumentar el contenido de “agua libre” y ello ocurre, no sólo en las reacciones hidrolíticas en las que el agua es uno de los reactantes obvios, sino también en las reacciones no-hidrolíticas.

En la práctica es de gran importancia el efecto de la cantidad de humedad de los alimentos sobre la velocidad de la reacción enzimática. Incluso en los alimentos denominados desecados la acción enzimática procede a una velocidad medible.



Figura 4. Pollo (alta aw, alimento perecedero) y azúcar (baja aw, alimento no perecedero)

5.5. Las enzimas en los alimentos

Las enzimas pueden ejercer, según las circunstancias del caso, una acción deseada o no deseada desde el punto de vista de la tecnología de alimentos. La diferencia entre un efecto beneficioso o desfavorable sobre los alimentos que pueden resultar de estas acciones enzimáticas puede ser, a veces, sutil, dependiendo de la intensidad de la reacción enzimática.

5.5.1. Efectos beneficiosos de la acción enzimática

Entre estos pueden mencionarse las complejas reacciones enzimáticas que determinan la rigidez cadavérica y la posterior maduración de la carne y productos derivados, con las respectivas modificaciones de las características de su tejido muscular. Por otra parte, la preparación de la malta o cebada germinada, primer paso de la elaboración de la cerveza, se basa en la acción de las amilasas y proteasas propias del cereal en germinación. La elaboración de la masa del pan, por acción de las enzimas del cereal y de la levadura y la maduración de la crema, de los quesos y de las frutas, son otros tantos ejemplos de procesos que serían imposibles sin la valiosa intervención de enzimas.



Figura 5. Las enzimas intervienen en la fermentación de masas panarias.

5.5.2. Efectos no deseados o deterioros producidos en alimentos por acción enzimática

Entre estos efectos, deben mencionarse los fenómenos de pardeamiento de los alimentos (ver actividad experimental N° 28), los cuales se manifiestan por la aparición de manchas oscuras en el tejido vegetal (pardeamiento enzimático). Los compuestos de la reacción no son tóxicos pero, la preocupación de los tecnólogos es el aspecto, color y presentación de frutas y verduras, que indudablemente tienen gran importancia comercial y culinaria.

Durante el procesamiento de productos tanto animales (matanza) como vegetales (frutas, hortalizas, molienda de cereales), la destrucción de los tejidos por acción, generalmente me-

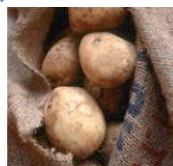


Figura 6. El Pardeamiento de papas. Mantener cortadas es un efecto no deseado.

cánica, puede liberar enzimas de sus estructuras tisulares. Las consiguientes transformaciones metabólicas no controladas pueden conducir entonces, a veces, a reacciones enzimáticas que van en desmedro de la calidad del alimento. Así, la lipoxidasa puede dar origen a productos de oxidación de los lípidos que generan sabor rancio o amargo en derivados de cereales y también destruir los carotenos (pigmentos de color naranja presente en vegetales). También, una excesiva proteólisis enzimática puede conducir a un deterioro del tejido, como sucede en la putrefacción de productos cárneos y marinos.

Por otra parte, el reblandecimiento exagerado o la pérdida de consistencia de frutas y hortalizas que han sobrepasado su estado de madurez, tienen su origen en una pectinólisis no controlada por pectinasas. En el fruto fresco e intacto, estas enzimas se encuentran separadas de su sustrato, las pectinas (polisacárido que brinda estructura rígida a las paredes celulares de los vegetales) Pero, al producirse la ruptura celular en el fruto alterado se genera, entonces, su reacción de deterioro.

5.6. Uso de enzimas exógenas en industrias de alimentos

A continuación se describe el uso de enzimas agregadas en diferentes etapas del procesamiento de alimentos, en la industria molinera y panadera, la industria de carnes y derivados y la lechera.

5.6.1. Industria molinera y panadera

• Alfa y beta-amilasa.

La enzima alfa-amilasa cataliza la hidrólisis de la cadena lineal (amilosa) y la ramificada (amilopectina) del almidón, rompiendo enlaces 1,4 interiores (endoamilasa) para formar una mezcla de dextrinas; por ello, se la conoce como enzima dextrinogénica con poca producción de maltosa.

Por su acción, la alfa-amilasa genera fragmentos menores que pueden ser utilizados por la enzima beta-amilasa.

La beta-amilasa actúa sobre la amilosa y amilopectina del almidón hidrolizando las uniones α (1-4), dando maltosa (disacárido reductor formado por la unión α (1-4) de dos moléculas de glucosa). Mientras la amilosa es transformada totalmente en maltosa, la cadena ramificada de la amilopectina se conserva en un 40-45% sin hidrolizar.

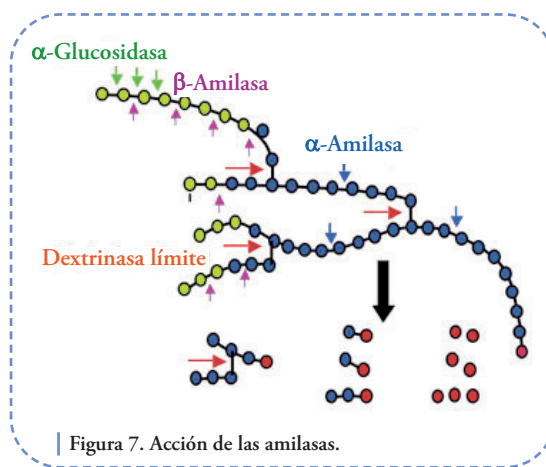


Figura 7. Acción de las amilasas.

El uso de la alfa-amilasa para mejorar el valor panificador de harinas se basa en el hecho de que un adecuado y mantenido desprendimiento de dióxido de carbono depende de la cantidad de maltosa y glucosa fermentables que estén presentes en la masa, cuya formación

depende, a su vez, de la acción sincronizada de la alfa- y la beta-amilasa.

La presencia de una cantidad suficiente de alfa-amilasa durante el esponjamiento y fermentación de la masa, promueve la producción de mayor contenido de azúcares fermentables en la masa, lo que conduce a una aceleración de la fermentación, un mayor desprendimiento gaseoso y un aumento del volumen y textura del pan con una miga de porosidad más fina y de costra más uniforme y coloreada.

Su adición debe ser bastante cuidadosa para evitar una sobreproducción de dextrina residual y con ello una miga gomosa y pegajosa.

• Proteasas

Generan el desdoblamiento hidrolítico de proteínas y péptidos hasta aminoácidos. La conveniencia de agregar proteasa queda, generalmente, restringida a harinas de trigo duro, ricas en gluten; mientras que, en harinas pobres o medianamente ricas en gluten puede originar un reblandecimiento exagerado de la masa.

En los casos en que la adición de proteasa es conveniente, se produce una mayor extensibilidad y elasticidad de la masa. El pan resultante adquiere mayor volumen por una mejor retención de gas, mejorando su textura y simetría, como también sus condiciones de conservación y aún de aroma.

5.6.2. La industria de la carne y derivados

• Proteasas microbianas

Producen la ruptura de enlaces peptídicos promoviendo la producción de carnes más blandas.

Durante el proceso de maduración de la carne, que sigue al de rigidez cadavérica, las transformaciones causadas por las catepsinas (proteasas) suministran a la carne una textura blanda, jugosa, masticable, de sabor agradable y apta para la cocción y digestión. Como esta maduración natural suele ser prolongada (12 días), se puede acelerar artificialmente mediante la adición de proteasas tales como la papaína, para así aumentar la ternura de la carne. Al atacar por proteólisis las fibras musculares y/o los componentes del tejido conectivo (por ejemplo colágeno) se logra una ruptura de los enlaces peptídicos de las proteínas y con ello el ablandamiento de la carne.

En la carne liofilizada la aplicación de estas proteasas tiene el efecto de facilitar la rehidratación, al aumentar, por la proteólisis, la capacidad de fijación de agua.



Figura 8. "Falling number", instrumento que mide la actividad de las amilasas.



Figura 9. "Gluten index", aparato que permite medir la cantidad y calidad del gluten de una harina.



Figura 10. Las carnes envasadas al vacío pueden mejorarse por agregado de proteasas.

5.6.3. La industria lechera

- **Renina y pepsina**

Por maceración de trozos de estómagos de terneros (alimentados sólo con leche) en agua salada, se obtiene el llamado cuajo, cuyo principio activo es la enzima renina. Si los terneros ingieren leche y también forraje, se va formando pepsina, la cual constituye en el animal adulto la proteasa más activa del estómago.

El empleo de estas enzimas en la elaboración de quesos genera la coagulación de la leche en presencia de sales de calcio, con formación de la "cuajada".



Figura 11. Acción de las amilasas.

- **Enzimas coagulantes de origen microbiano**

Debido a la mayor demanda mundial de carne como alimento, no resulta, actualmente, muy económico matar terneros aún no destetados para obtener el cuajo. Además de la pepsina, a veces, en mezcla con la renina, se están aplicando en quesería, cada vez en mayor escala, enzimas coagulantes de origen microbiano.

- **Enzimas auxiliares de la maduración de quesos**

Para abreviar el proceso de maduración y mejorar la calidad de los quesos se recurre a la aplicación adicional de lipasas y proteasas. Las primeras hidrolizan triglicéridos liberando ácidos grasos y las proteasas hidrolizan proteínas produciendo péptidos y aminoácidos. Cuando los aminoácidos, péptidos y ácidos grasos son de bajo peso molecular, generan aromas característicos que son atributos muy apreciados en un buen queso.



Figura 12. Proteasas y lipasas afectan la calidad de quesos maduros.

- **Lactasa**

Cataliza la hidrólisis de la lactosa (disacárido) en glucosa y galactosa (monosacáridos), siendo estos últimos, más dulces que la lactosa y más fácilmente asimilables. Esto se aplica en la elaboración de leches deslactosadas, destinadas a personas que presentan intolerancia a la lactosa por déficit de su lactasa intestinal.



Figura 13. Envase de leche parcialmente deslactosada.

5.6.4. La industria cervecera

- **La preparación de la malta**

Tiene por objeto lograr la transformación de los componentes proteicos y amiláceos insolubles de la cebada en otros tantos solubles en el proceso de germinación. Estos compo-

nentes solubles pasarán, posteriormente, al caldo de fermentación (mosto indirecto). Mientras que esto sucede en la malta verde, por la actividad ejercida por las proteasas y amilasas propias del cereal, durante la germinación de la malta y la posterior incorporación de agua, resulta conveniente una suplementación enzimática (enzimas exógenas), tales como amilasas y proteasas.

• Proteasas

Otra aplicación importante de proteasas vegetales o microbianas tiene lugar en la cerveza ya terminada, susceptible de experimentar enturbiamientos de origen no biológico que le pueden comunicar un aspecto desagradable. Los factores causantes de estos enturbiamientos son el oxígeno, la luz, el calor, trazas metálicas y, especialmente, la presencia de proteínas de alto peso molecular, provenientes ya sea de la cebada o de la levadura. Estas proteínas coagulan por influencia del oxígeno y también de los taninos y carbohidratos existentes, especialmente, después del almacenamiento en frío de la cerveza ya terminada.

Mediante la adición de proteasas, como la papaína, estas proteínas se desdobl原因 en sus componentes hidrosolubles (péptidos hasta aminoácidos), que ya no causan precipitaciones o enturbiamientos.

• Amilasas

También puede recurrirse a una adición de amilasas a la cerveza para mejorar su estabilidad y lograr, a la vez, un desdoblamiento mayor de las dextrinas.



Figura 14.
Enzimas en la elaboración de cervezas.

Actividad Experimental N° 26: Efecto de la ptialina en la hidrólisis de almidón

Materiales:

- 6 tubos de ensayos aptos para ser calentados
- un recipiente para calentar agua a 37°C (vaso de precipitados de 250 ml o jarro chico de metal)
- un termómetro que permita controlar 37°C
- una pipeta de vidrio o plástica
- reactivo de Fehling (se compra en droguerías)
- solución de yodo iodurada (lugol)

Desarrollo

1. Colocar media cucharadita, tamaño café, al ras de almidón de maíz en un tubo de ensayos rotulado Tubo A que contenga agua hasta su cuarta parte. Homogeneizar suavemente.
2. En un segundo tubo rotulado, Tubo B, mezclar la misma cantidad de almidón del ensayo anterior, la misma cantidad de agua y aproximadamente 1 ml de saliva. Homogeneizar.
3. Colocar ambos tubos en un baño de agua a 37°C durante 30 minutos.
4. Tomar luego de finalizado el calentamiento dos porciones de 1 ml. del tubo A y transferirlos a los tubos de ensayos N° 1 y 2 y tomar también dos porciones de 1 ml del tubo de ensayos B y transferirlos a los tubos 3 y 4.

5. Efectuar las reacciones que se detallan a continuación:

	REACCIÓN DE FEHLING	REACCIÓN CON IODO
TUBO N° 1	X	
TUBO N° 2		X
TUBO N° 3	X	
TUBO N° 4		X

Consignar en cada caso lo que se observa

Reacción de Fehling

1. Agregar 1 ml del reactivo de Fehling a los tubos de ensayos N° 1 y 3.
2. Colocar en un vaso o jarro conteniendo agua en ebullición.
3. Observar el color de la solución y la presencia o no de precipitado al cabo de 5 a 10 minutos de calentamiento.

Reacción de iodo

1. Agregar 3 ó 4 gotas de la solución de lugol a los tubos de ensayos N° 2 y 4.
2. Observar el color de la solución.

Análisis de resultados

- a. Comparar los resultados de la reacción con solución de yodo de los tubos 2 y 4.
- b. Comparar los resultados de la reacción con solución de Fehling de los tubos 1 y 3.
- c. Explicar los resultados analizando lo que ha ocurrido con la dispersión de almidón en cada uno de los tubos de ensayos.

Actividad experimental N° 27: “Efecto de la papaína sobre la gelatina”

Materiales:

- una jarro de metal
- una jarra para medir volúmenes
- 4 vasos descartables
- 1 kiwi bien maduro
- 1 sobre de postre de gelatina en polvo.

Desarrollo

1. Preparar un postre de gelatina de tamaño chico de acuerdo con las indicaciones del envase.
2. Dividir la preparación en 4 partes iguales y transferirlas a 4 vasos descartables, preferentemente, de material transparente.
3. Llevar a heladera hasta que estén bien firmes.

4. Retirar, luego, de la heladera y colocar sobre la superficie de ellos una cucharada de las siguientes preparaciones:

Vaso 1	Puré de kiwi bien maduro
Vaso 2	Puré de kiwi bien maduro hervido durante dos minutos
Vaso 3	Puré de kiwi bien maduro
Vaso 4	Puré de kiwi bien maduro hervido durante dos minutos

Luego continuar con el siguiente procedimiento:

5. Cubrir los vasos con papel film y dejar el vaso 1 y el vaso 2 a temperatura ambiente y los vasos 3 y 4 en la heladera.
6. Realizar observaciones a intervalos regulares de tiempo, por ejemplo cada tres horas y anotar lo observado cada vez.

Análisis de resultados

Sobre la base de las anotaciones realizadas explicar y justificar las diferencias observadas entre:

- a. vaso 1 y vaso 2
- b. vaso 3 y vaso 4
- c. vaso 1 y vaso 3
- d. vaso 2 y vaso 4

Actividad experimental N° 28: “Efecto del blanqueado sobre peroxidasas en vegetales”

Materiales:

- papas y manzanas frescas (peladas y cortadas en rodajas de diferente grosor y en cubos de diferente tamaño)
- guayacol (solución al 1% v/v en etanol 95 %)
- peróxido de hidrógeno (0,5 % v/v)
- pipetas plásticas o goteros
- un jarro para calentar (o un vaso de precipitados de 500 ml)
- reloj con segundero

Desarrollo

1. Blanquear unos trozos de papa y manzana de la siguiente manera:
 - llevar a ebullición aproximadamente 300 ml de agua,
 - sumergir piezas de cada una de las muestras en el agua hirviendo y dejarlas en contacto durante 2 minutos. Luego sacarlas y sumergirlas en un recipiente que contenga agua helada.
2. Ensayar la presencia de peroxidasa para evaluar el proceso de blanqueo realizado, de la siguiente manera:
 - cortar un pedazo de muestra y agregarle 2 ó 3 gotas de guayacol al 1% y 2 ó 3 gotas de agua oxigenada al 0,5 %. La actividad de peroxidasa se indica por el desarrollo de un

color rojo parduzco. Si no se observa la aparición del color en tres minutos y medio, se puede considerar que el proceso de blanqueado ha sido realizado en forma correcta.

3. Ensayar la presencia de peroxidasa en una muestra sin blanquear.

Análisis de resultados

- a. Sobre la base de lo observado en el laboratorio, explicar cómo se conservan vegetales súper congelados, tales como zanahoria, brócoli, chauchas, ensalada rusa, arvejas (prestar especial atención al tamaño de las porciones, envases y temperaturas).
- b. Explicar por qué es importante conservar la “cadena de frío” para estos productos.

Para investigar

- a) Encontrar los motivos por los cuales las frutas son más blandas a medida que van madurando.
- b) Averiguar por qué motivo los tomates “larga vida” mantienen su pulpa firme durante más tiempo.
- c) Describir el proceso de “blanqueado” de hortalizas previo a su almacenamiento en congelación y justificarlo.

Bibliografía de referencia:

- Badui Dergal, S. *Química de los Alimentos* (2006). Editorial Pearson Educación, México.
- Fennema, O. *Química de los Alimentos* (2000). Ed Acribia. España.
- The Nuffield Foundation, *Química avanzada Nuffield*. Ciencia de la alimentación, Capítulo 2, Editorial Reverte.

6. LOS ADITIVOS

6.1. Introducción

El Código Alimentario Argentino (CAA) define a los aditivos como todo ingrediente agregado a los alimentos con el objeto de cumplir alguna de las siguientes funciones:

- mejorar el valor nutritivo,
- aumentar la estabilidad o capacidad de conservación,
- incrementar la aceptabilidad de los alimentos, mejorando sus características sensoriales (aroma, sabor, color, textura),
- permitir la elaboración económica y, en gran escala, de alimentos de composición y calidad constante en función del tiempo.

A su vez, los aditivos no deben agregarse a los alimentos para:

- enmascarar técnicas y procesos defectuosos de elaboración y/o de manipulación,
- provocar una reducción considerable del valor nutritivo de los alimentos,
- perseguir finalidades que pueden lograrse con prácticas lícitas de fabricación, económicamente factibles,
- engañar al consumidor.

6.2. Rotulación

Todos los ingredientes de los alimentos, incluyendo los aditivos, deben estar declarados en el rótulo (etiqueta), enumerados de mayor a menor proporción en el producto. Esto significa que el ingrediente que está primero en la lista es el más abundante y el último es el menos abundante en cada alimento. Es por este motivo, que los aditivos que se agregan en muy pequeñas cantidades, se encuentran entre los últimos ingredientes de la lista. Muchas veces, en lugar del nombre, los aditivos se identifican por un número de 3 ó 4 dígitos precedido por la sigla “INS”, que significa “International Numbering System”². Si el producto es importado de Europa, el número que identifica al aditivo es el mismo, pero la sigla “INS” es reemplazada por “E”.

Todos los aditivos incluidos en el CAA¹, están autorizados por el JECFA, que es la Comisión Conjunta de Expertos sobre Aditivos Alimentarios de la Organización Mundial de la Salud – OMS- y la Organización de Alimentos y Agricultura -FAO-, creada en 1956 para evaluar la seguridad de los aditivos alimentarios. Esta comisión establece, además, la ingesta diaria admitida (IDA) de cada uno, que es la máxima cantidad de un aditivo que puede ser consumida en la dieta diaria, durante toda la vida, sin que represente un riesgo para la salud. Este valor se expresa como la cantidad de aditivo (expresada en mg) por kg de peso corporal por día (mg/kg peso/día). Un exceso de este valor de forma periódica puede acarrear diferentes problemas a la salud, dependiendo de cada aditivo. Cabe destacar que como el IDA depende del peso de las personas, los niños son los más susceptibles a los efectos adversos de los aditivos.

1. Para consultar on line el CAA remitirse a: <http://www.anmat.gov.ar/CODIGO/CAA1.HTM>

2. Para consultar sobre aditivos alimentarios e INS remitirse a:

http://www.anmat.gov.ar/CODIGO/Capitulo_XVIII_Aditivos_2007-05.pdf

6.3. Clasificación

Según la función principal que desempeñan en los alimentos, los aditivos se dividen en categorías. En la **Tabla 1** se muestran los más importantes.

ADITIVO	ABREVIATURA	EJEMPLO	ALIMENTOS QUE LOS CONTIENEN
Conservante	CONS	Ácido benzoico y sus sales, ácido sórbico y sus sales, ácido propiónico y sus sales, dióxido de azufre y sulfitos, nitratos y nitritos.	Mayonesas, mermeladas, salsas, productos de panadería.
Acidulante	ACI	Ácido cítrico, ácido acético, ácido fosfórico.	Mermeladas, mayonesas, gaseosas.
Antioxidante	ANT	BHA, BHT, galatos.	Aceite, margarinas, aderezos.
Edulcorante	EDU	Ciclamato de sodio, sacarina, aspartame, acelsulfame.	Bebidas, productos de pastelería, lácteos, productos bajos en calorías.
Colorante	COL	Tartrazina, amarillo ocaso, caramelo, azul patente V.	Bebidas, golosinas, yogures, flanes, helados.
Aromatizante/ Saborizante	ARO	Maltol.	Bebidas, caramelos, productos de panadería.
Resaltador del Sabor	EXA	Glutamato de sodio, maltol, etilmaltol.	Caldos, sopas deshidratadas, aderezos.
Espesante	ESP	Almidones, goma guar, goma garrofin, goma xantán.	Mermeladas, yogures batidos o bebibles, helados.
Gelificante	GEL	Carragenes, gelatina, pectina	Flanes, yogures firmes, jaleas.
Estabilizante	EST	Goma guar, goma tara, goma garrofin, goma xantán, carragenina.	Leche chocolatada, bebidas.
Emulsionante	EMU	Lecitina, mono y diglicéridos, polisorbatos.	Chocolates, embutidos, margarinas, helados.
Leudante Químico	RAI	Bicarbonato de sodio o de amonio.	Panificados.

| Tabla 1. Principales grupos de aditivos, sus funciones y aplicaciones.

6.3.1. Conservantes

Los conservantes son sustancias que prolongan la vida útil de los alimentos, ya que impiden o retardan la alteración de los mismos provocada por microorganismos, como bacterias, hongos y levaduras. Los más utilizados son los ácidos benzoicos, sórbico y propiónico y sus sales, los sulfitos y los nitritos. Estos conservantes se caracterizan por tener acción específica, es decir que actúan sobre un tipo particular de microorganismo y a un pH determinado.

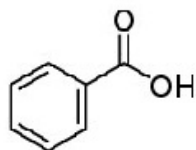


Figura 1. Aditivos conservantes.

• Ácido benzoico y sus sales

La sal de benzoato de sodio es uno de los conservantes más empleados en la industria de alimentos. Actúa de forma óptima a pH entre 2,5 y 4, por lo que se la utiliza en alimentos muy ácidos como jugos de frutas, postres y mermeladas. Este conservante controla el crecimiento de bacterias y levaduras y, en menor grado, el de hongos. Tanto el ácido benzoico como sus sales no son tóxicos si se los ingiere en las concentraciones permitidas en los alimentos pero, un exceso de este aditivo, puede provocar convulsiones del tipo epiléptico.



Figura 2. Alimentos en los cuales se emplea comúnmente este aditivo.

• Ácido sórbico y sus sales

El ácido sórbico es un ácido graso insaturado (ver capítulo “Los Lípidos”) y, por lo tanto, no tiene limitaciones en su consumo. Este ácido y sus sales, además, tienen la ventaja de ser activos en medios poco ácidos y de carecer prácticamente de sabor. Su principal inconveniente es que son comparativamente caros y se pierden, en parte, cuando el producto se somete a ebullición. Son especialmente eficaces contra hongos y levaduras, y menos contra las bacterias. Se emplea en quesos, jugos de frutas, pan, vino y mermeladas, entre otros.



Figura 3. Alimentos en los cuales se emplea comúnmente este aditivo.

• Ácido propiónico y sus sales

El ácido propiónico es un líquido con olor muy fuerte, por lo cual se utilizan principalmente sus sales. Actúan a pH menores a 6 y se los emplea en panes, quesos y frutas deshidratadas. Al igual que el ácido sórbico, es un ácido graso y, por lo tanto, se metaboliza como tal y no tiene efecto tóxico sobre el hombre. Su acción principal es contra hongos y es poco eficaz sobre levaduras y bacterias.



Figura 4. Alimentos en los cuales se emplea comúnmente este aditivo.

• Sulfitos y dióxido de azufre

Bajo este nombre se agrupan muchas sustancias que, en solución ácida, liberan ácido sulfuroso (H_2SO_3) e iones sulfito (SO_3^{2-}) y bisulfito (HSO_3^-). Los más utilizados son las sales de sodio y de potasio de sulfitos (Na_2SO_3 y K_2SO_3), de bisulfitos (NaHSO_3 y KHSO_3) y de metabisulfitos ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ y $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$). El dióxido de azufre (SO_2) es un gas que se comercializa en estado líquido a presión. Estos conservantes tienen la desventaja de presentar sabores desagradables en dosis altas y pueden causar problemas bronquiales, en especial en personas con asma. Sin embargo, son muy utilizados en derivados de frutas ya que además de inhibir el crecimiento de bacterias, hongos y levaduras, inhiben el oscurecimiento enzimático y actúan como antioxidante. Por lo tanto, son utilizados en la conservación de jugos de uva, mostos y vinos, así como para la de la sidra y vinagre.



Sidra



Vino blanco

Figura 5. Alimentos en los cuales se emplea comúnmente este aditivo

• Nitratos y nitritos

Los nitritos y nitratos de sodio o de potasio (NaNO_2 , KNO_2 , NaNO_3 , KNO_3), son conservantes que desempeñan dos funciones muy importantes en productos cárnicos: inhiben el desarrollo del *Clostridium botulinum* y promueven el color característico de las carnes curadas (jamón cocido, salchichas, longaniza, etc.). Sin embargo, el uso de estos conservantes presenta ciertos riesgos. El primero es el de la toxicidad aguda en dosis altas, ya que se une a la hemoglobina de la sangre, formando un compuesto que no es capaz de transportar el oxígeno. Esta intoxicación puede ser mortal; se conocen varios casos fatales por ingestión de embutidos con cantidades muy altas de nitritos, producidos por un mal mezclado del aditivo con los otros ingredientes durante su fabricación. Otro riesgo del uso de nitratos y nitritos es la formación de nitrosaminas, que son sustancias consideradas cancerígenas y se forman durante el calentamiento de nitritos en presencia de aminas (presentes en pescados y productos fermentados).



Fiambres embutidos



Jamón cocido

Figura 6. Alimentos en los cuales se emplean comúnmente estos aditivos.

Para investigar

Las mermeladas, los budines, alfajores, hamburguesas, son alimentos que suelen ser preparados en las casas y se consumen en el día o en la semana si se los cuida adecuadamente. Si estos productos se producen de forma industrial y deben llegar a lugares muy distantes, el tiempo que media entre su elaboración y su consumo es, muchas veces, de varios días y, a veces, meses. En estos casos surge la necesidad del uso de aditivos conservantes para aumentar la vida útil de los productos.

Para conocer mejor sobre este tema se sugiere:

a. tener a mano la etiqueta de:

1. una mermelada,
2. un budín,
3. un alfajor y

4. una hamburguesa comprada en algún comercio.

- b. listar los ingredientes que figuran en las etiquetas de cada uno de los cuatro productos elegidos,
- c. reconocer en cada uno de los productos qué aditivo conservante se les ha agregado,
- d. con la ayuda de bibliografía específica señalar las ventajas y desventajas del consumo de alimentos que llevan en su composición tales aditivos.

Bibliografía sugerida:

Cubero N. y otros, *Aditivos alimentarios* (2002), Editorial Mundiprensa, España.

6.3.2. Acidulantes

Los acidulantes son sustancias que, además, de disminuir el pH de los alimentos, cumplen un gran número de funciones, como por ejemplo: ayudan a inhibir el crecimiento microbiano, actúan como saborizantes, otorgan el medio ácido necesario para permitir la gelificación de las pectinas, inhiben la cristalización de la sacarosa (azúcar común), inhiben reacciones de oscurecimiento, entre otros. Los ácidos más utilizados en la industria de alimentos son el ácido fosfórico (bebidas colas), el ácido acético (encurtidos, escabeches, conservas vegetales) y el ácido cítrico (mermeladas, jugos, gaseosas).

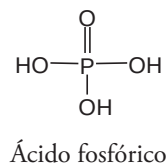
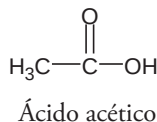
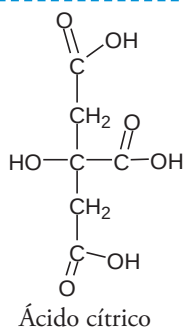


Figura 7. Algunos aditivos acidulantes.



Ácido Cítrico



Ácido Acético

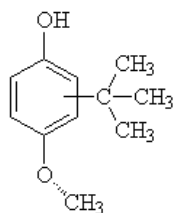


Ácido Fosfórico

Figura 8. Alimentos en los cuales se emplean comúnmente estos aditivos.

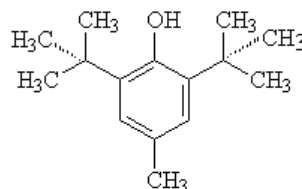
6.3.3. Antioxidantes

Los antioxidantes son sustancias que prolongan la vida útil de los alimentos que contienen aceites o grasas en su composición, ya que retardan la rancidez (oxidación) de las mismas. Como ejemplos de estas sustancias se pueden citar el BHA (butilhidroxianisol), BHT (butilhidroxitolueno) y galatos, entre otros.



BHA
Hidroxianisol butilado

2001 A.M. Helmenstein
Licensed to About, Inc.



BHT
Hidroxitolueno butilado

2001 A.M. Helmenstein
Licensed to About, Inc.

Figura 9. Principales antioxidantes

Para investigar

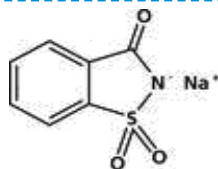
- Buscar productos en comercios de alimentos: barritas de cereal, mayonesa y margarina.
- Copiar los ingredientes que indica el rótulo (incluir los aditivos).
- Identificar los aditivos conservadores que se declaran.
- Establecer luego, de acuerdo con las características de cada producto, sobre cuál de los ingredientes del producto actúan esos aditivos.

Bibliografía sugerida:

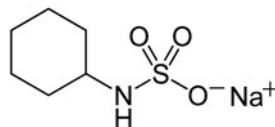
Cubero N. y otros, *Aditivos alimentarios* (2002), Editorial Mundiprensa, España.

6.3.4. Edulcorantes

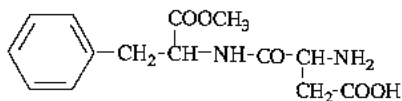
Los edulcorantes son sustancias naturales o sintéticas que aportan sabor dulce a los alimentos. Pueden ser nutritivos (aportan calorías), como los azúcares o no nutritivos como la sacarina, el ciclamato, el aspartamo y el acelsulfame-K, entre otros. La sacarosa (o azúcar de mesa) es el azúcar que se toma como referencia por su sabor dulce, pero, ni este azúcar ni el resto (glucosa, fructosa, lactosa, etc.) son considerados aditivos. Por otro lado, los edulcorantes no nutritivos tienen la ventaja de tener un poder edulcorante entre 30 y 500 veces más que el de la sacarosa, aunque su sabor dulce no es exactamente igual y, muchas veces, se utilizan mezclas de edulcorantes para asemejar mejor el dulzor de la sacarosa.



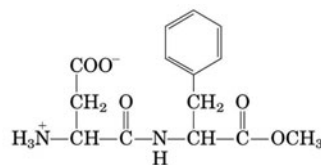
Sacarina



Ciclamato



Aspartamo



Acelsulfame-K

Figura 10. Principales edulcorantes.

- **Sacarina**

Se utiliza, principalmente, sus sales de sodio o de calcio. Es entre 300 y 500 veces más dulce que la sacarosa y es estable a pH ácidos y a altas temperaturas. Sin embargo presenta un sabor amargo o “metálico” residual.

- **Ciclamato**

Es uno de los edulcorantes más utilizados, en forma de sales de sodio o de calcio. Es entre 30 y 50 veces más dulce que la sacarosa, pero tiene una salida tardía del sabor dulce.

- **Sinergia entre ciclamato y sacarina**

La combinación de estos dos edulcorantes potencia el sabor dulce de ambos, ya que el sabor amargo o “metálico” residual de la sacarina, es enmascarado por el sabor dulce del ciclamato que se percibe más tarde. De esta manera, el sabor dulce tiene una mayor duración.

- **Aspartamo**

Este edulcorante está compuesto por dos aminoácidos (ácido aspártico y fenilalanina). Es entre 150 y 200 veces más dulce que la sacarosa y no posee sabor residual, pero es inestable a altas temperaturas durante periodos prolongados. Los productos que contienen este edulcorante deben declarar en su rótulo “contiene fenilalanina” ya que un pequeño porcentaje de la población padece de fenilceturonia, que es una enfermedad causada por la falta de una enzima que metaboliza este aminoácido y puede provocar daños cerebrales.

- **Acelsulfame-K**

El acelsulfame – K es la sal de potasio de los ácidos acetoacético ($\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{COOH}$) y sulfámico (NH_2SOOOH). Es entre 150 y 200 veces más dulce que la sacarosa y es estable a las altas temperaturas y pH ácidos. En general no presenta sabores desagradables, excepto a altas concentraciones.

- **Sinergia entre aspartamo y acelsulfame-K**

Estos dos edulcorantes presentan sinergia entre sí, debido a que el sabor dulce del acelsulfame se advierte muy rápidamente pero, también, decae con facilidad mientras que el aspartamo tiene un sabor dulce que se libera más lentamente y perdura por más tiempo. El empleo de estos dos edulcorantes juntos permite que el sabor dulce se mantenga por más tiempo.

- **Ingesta Diaria Admitida (IDA)**

Como el resto de los aditivos, los edulcorantes tienen valores de IDA establecidos por el CAA según recomendaciones del JECFA. En la **Tabla 2** se muestran los IDA de los edulcorantes más comunes.

Edulcorante	IDA (mg / kg peso por día)
Acelsulfame-K	15
Aspartamo	40
Ciclamato	11
Sacarina	2,5

Tabla 2. Valores de IDA de algunos edulcorantes.

Los edulcorantes son ampliamente utilizados para reemplazar a la sacarosa, no solamente en aquellos productos bajas calorías, destinados a personas que desean hacer dietas para adelgazar o personas diabéticas, sino también, en la mayoría de los productos en polvos para preparar postres tipo mousse, flanes, gelatinas o bebidas con sabores frutales, que están dirigidos a niños. Como se discutió anteriormente, la ingesta que se admite por día de cada aditivo depende del peso de cada persona y, por lo tanto, esta cantidad es mucho menor para los niños que para las personas adultas. A diferencia del resto de los aditivos, que solamente declaran en el rótulo el nombre del mismo o su número de INS, en los edulcorantes, también, debe indicarse la concentración de los mismos. Esta información permite a los consumidores, calcular qué cantidad de producto puede consumir sin poner en riesgo su salud.

En el siguiente ejemplo se calcula la cantidad de una bebida frutal preparada, disolviendo un sobre de polvo en un litro de agua, que puede consumir un chico de 30 kg.

Primer paso: buscar en el rótulo del producto cuál es la concentración de cada edulcorante.

Tamaño de porción	100 ml
Ciclamato	73.1 mg
Sacarina	6.4 mg

Segundo paso: calcular cuánto edulcorante puede consumir el chico de 30 kg por día:

Cantidad de edulcorante por día = IDA x peso corporal

$$\text{Ciclamato: } \frac{11 \text{ mg}}{\text{kg peso corporal}} \times 30 \text{ kg peso corporal} = 330 \text{ mg ciclamato}$$

$$\text{Sacarina: } \frac{2,5 \text{ mg}}{\text{kg peso corporal}} \times 30 \text{ kg peso corporal} = 75 \text{ mg sacarina}$$

Tercer paso: calcular en qué volumen de bebida está esa cantidad de edulcorante

$$\begin{array}{rcl} 73,1 \text{ mg ciclamato} & \underline{\hspace{2cm}} & 100 \text{ ml bebida} \\ 330 \text{ mg ciclamato} & \underline{\hspace{2cm}} & \times = 451 \text{ ml bebida} \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} 6,4 \text{ mg sacarina} & \underline{\hspace{2cm}} & 100 \text{ ml bebida} \\ 75 \text{ mg sacarina} & \underline{\hspace{2cm}} & \times = 1.172 \text{ ml bebida} \end{array}$$

Por lo tanto, en este caso, el limitante es el ciclamato y el chico sólo puede consumir por día 451 ml de bebida, lo que equivale a menos de 2 vasos (250 ml).

Para investigar

A continuación se muestra la lista de ingredientes de una bebida concentrada sabor naranja.

Ingredientes: agua, jugo concentrado de naranja, acidulante: ácido cítrico, edulcorantes: ciclamato de sodio (740 mg/100 ml producto concentrado) y sacarina (100 mg/100 ml producto concentrado), aromatizante/saborizante, conservantes: benzoato de potasio y sorbato de potasio, espesante: goma guar, antioxidante: eritorbato de sodio y ácido ascórbico, colorantes: amarillo oca y tartrazina.

Según las indicaciones de uso del envase, el producto listo para consumir se prepara mezclando una parte de bebida concentrada con 9 partes de agua.

Preparando la bebida de esa forma, ¿cuánto producto listo para consumir puede beber por día un chico de 20 kg sin poner en riesgo su salud?

Para investigar

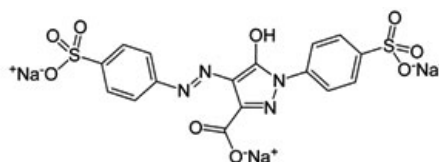
Buscar en rótulos de bebidas que contengan edulcorantes, la concentración de cada uno y la forma de preparación del producto. Con esta información, calcular qué cantidad de bebida se puede consumir por día sin poner en riesgo tu salud.

6.3.5. Colorantes

El color es el primer atributo que se evalúa en un alimento antes de comprarlo o consumirlo, ya que se lo relaciona con el estado de conservación, la calidad o el sabor que espera de un producto. Estos aditivos pueden utilizarse para darle el color característico a productos que de forma natural no poseen color, como caramelos y yogures o para reforzar el color natural que se pierde durante el procesamiento de los alimentos, como por ejemplo, en mermeladas.

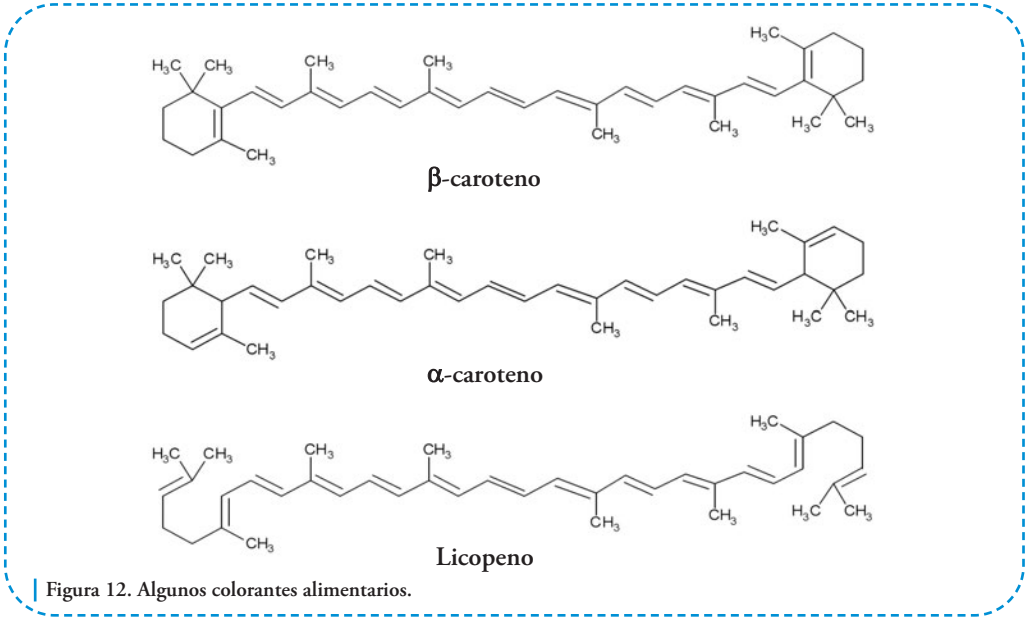
Los colorantes pueden ser naturales o sintéticos. A su vez los naturales pueden ser de origen vegetal, animal o mineral y son, en general, menos estables a cambios de pH y temperatura que los colorantes sintéticos.

Los colorantes sintéticos se obtienen por síntesis química y pueden ser moléculas nuevas o síntesis de moléculas iguales a las que se encuentran en el medio natural.



Tartrazina (colorante sintético)

Figura 11. Algunos colorantes alimentarios.



En la **Tabla 3** se muestran los colorantes más utilizados en alimentos y sus fuentes.

Colorante	Color	Fuente
Cúrcuma	Amarillo anaranjado	Planta tropical Cúrcuma longa (azafrán indio)
Riboflavina (vitamina B12)	Amarillo anaranjado	Levadura o por biosíntesis
Carmín	Rojo	Cuerpos desecados del insecto Coccus cacti
Caramelo	Marrón y pardo	Calentamiento de azúcares en presencia de distintas sustancias (ácidos, bases o sales)
Beta caroteno	Amarillo – Naranja - Rojo	Vegetales o por biosíntesis.
Betalaínas	Violeta - rojizo	Remolacha roja.
Dióxido de titanio	Blanco	Mineral
Tartrazina	Amarillo	Sintético
Amarillo ocaso	Amarillo - naranja	Sintético
Amaranto	Rojo intenso - bordó	Sintético
Rojo 40	Rojo	Sintético
Ponceau 4R	Rojo	Sintético
Indigotina	Azul rojizo	Sintético
Azul brillante	Azul - púrpura	Sintético
Azul patente	Azul	Sintético
Negro brillante	Negro	Sintético

Tabla 3. Principales colorantes utilizados en alimentos.

Para investigar

- Buscar en los rótulos de pastillas de colores o lentejas de chocolate con cobertura azucarada de colores, qué colorantes se utilizan (consultar la lista de ingredientes de la etiqueta). ¿Cómo se combinan estos colorantes para formar los distintos colores: verde, marrón, rojo, etc.?
- Buscar dos alimentos en los que se emplee el colorante tartrazina. Buscar luego en la bibliografía sugerida las características del uso de este colorante y establecer si es pertinente brindar a los consumidores mayor información sobre el empleo del mismo. Justificar.

Bibliografía sugerida:

Cubero N. y otros, *Aditivos alimentarios* (2002), Editorial Mundiprensa, España.

6.3.6. Aromatizantes y saborizantes

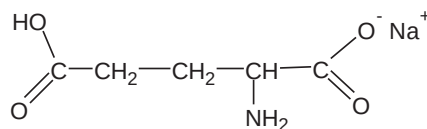
Los aromatizantes y saborizantes son sustancia o mezcla de sustancias (naturales o sintéticas) con propiedades aromáticas, sápidas o ambas, capaces de dar o reforzar el aroma y/o el sabor de los alimentos.

Lectura sugerida:

www.codexalimentarius.net/download/standards/11020/cxg_066s.pdf

6.3.7. Resaltadores del sabor

Sustancia que resalta o realza el sabor y/o el aroma de un alimento, sin presentar, por sí mismos, características sápidas detectables. Los resaltadores de sabor más utilizados son el glutamato de sodio, las proteínas hidrolizadas vegetales y animales y los hidrolizados de levadura, que intensifican los sabores salados, en productos como caldos o sopas de carne.



Glutamato Monosódico

Figura 13. Resaltador de sabor salado.



Caldos y sopas



Salsas



Snacks

Figura 14. Algunos alimentos en los que se emplea glutamato monosódico.

Como resaltadores del sabor dulce se utilizan el maltol y el etilmaltol (ver figura 15).

6.3.8. Espesantes, gelificantes y estabilizantes

Los espesantes y gelificantes son sustancias que dan consistencia y textura a los alimentos. Los espesantes se utilizan para aumentar la viscosidad de los productos, como en el caso de mayonesas, mermeladas, yogures batidos, helados industriales, postres tipo mousse, entre otros. Los más utilizados son los almidones (nativos y modificados), las pectinas y las gomas guar, garrofín, xantán y CMC (ver capítulo “Los Hidratos de Carbono”). Los agentes gelificantes se utilizan en aquellos productos con consistencia firme como las jaleas, los postres tipo flan y los yogures firmes. Las sustancias más utilizadas, como agentes gelificantes son pectinas, carragenes y gelatina (ver capítulos “Los Hidratos de Carbono” y “Los Lípidos”). Estas mismas sustancias, utilizadas en menor concentración, actúan como estabilizantes, por ejemplo en leches chocolatadas para evitar que el cacao sedimente, ya que aumentan levemente la viscosidad y mantienen las partículas en suspensión.

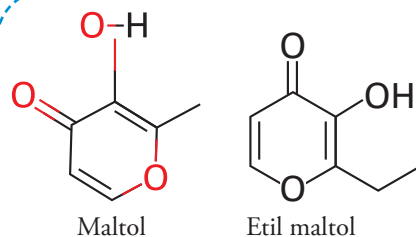


Figura 15. Resaltadores de sabor dulce.



Mousse



Helados



Yogures



Flanes

Figura 16. Alimentos en los cuales se emplean comúnmente estos aditivos.

Para investigar

1. Copiar la lista de ingredientes de los siguientes productos:

- mermelada común
- mermelada reducida en calorías
- mayonesa
- leche chocolatada
- postre en polvo para preparar postre tipo flan
- polvo para preparar sopas instantáneas

2. Identificar qué agentes espesantes, gelificantes o estabilizantes se utilizan en cada uno.

3. Explicar qué características brindan cada uno de los aditivos encontrados en el punto 2) a los productos que se listan en 1). ¿Qué aspecto presentarían estos productos si no se les hubieran agregado estos aditivos?

Bibliografía sugerida:

Cubero N. y otros, *Aditivos alimentarios* (2002), Editorial Mundiprensa, España.

6.3.9. Emulsionantes

Los emulsionantes son sustancias que hacen posible la formación o mantenimiento de mezclas de dos o más fases inmiscibles; generalmente una acuosa y otra lipídica. Los emulsionantes se caracterizan por poseer una zona polar (afín con la fase acuosa) y una fase no polar (afín con la fase lipídica), de forma tal que se pueden acomodar en la interfase estabilizando el sistema. Los más utilizados en alimentos son los fosfolípidos (ver capítulo “Los Lípidos”), los mono y diglicéridos, y los polisorbatos.

Para investigar

Una mayonesa reducida en calorías presenta en su composición un mayor porcentaje de agua. ¿Qué aditivos agregaría Ud. a este producto para que se asemeje a la mayonesa común? Explique su respuesta.

Bibliografía sugerida:

Cubero N. y otros, Aditivos alimentarios (2002), Editorial Mundiprensa, España.

6.3.10. Antiaglutinantes

Los antiaglutinantes son sustancias que se agregan a productos en polvo para evitar que se aglutinen o apelmacen y ayudar, así, a que fluyan fácilmente. La aglomeración de los productos en polvo se produce cuando estos absorben agua de la humedad del ambiente. Los antiaglutinantes, como los silicatos, tienen una alta capacidad de absorber agua sin apelmazarse y, por lo tanto, son ellos los que absorben la humedad del ambiente en lugar del alimento en polvo, como por ejemplo en la sal común de mesa.



Figura 17. Alimento (sal común de mesa) en el que se emplea este aditivo.

6.3.11. Leudantes químicos

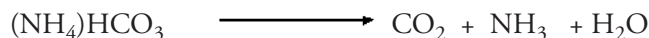
Los leudantes químicos o polvos de hornear son mezclas de distintas sustancias que generan CO_2 durante la cocción de productos de panadería o pastelería. Están elaborados con bicarbonato de sodio (NaHCO_3) y un ácido o sal ácida. La producción de CO_2 responsable del leudado se produce, principalmente, durante el horneado, ya que la reacción química requiere altas temperaturas.



Figura 18. Polvo leudante.



También se puede utilizar como leudante el bicarbonato de amonio (NH_4HCO_3) que además de CO_2 , genera NH_3 actuando ambos como gasificantes.



Para investigar

Los leudantes químicos son conocidos, también, como “levaduras artificiales”.

a. Comparar la manera en que actúan las levaduras biológicas en la elaboración de panificados y justificar la designación de “levaduras artificiales” para los leudantes químicos.

b. Para los siguientes productos:

- harina común 000
- harina leudante
- premezcla para pan y pizza
- premezcla para tortas fritas
- premezcla para bizcochuelos
- premezcla para buñuelos

1. Identificar, consultando la información brindada en los rótulos, el empleo de leudantes químicos y/o levaduras naturales.
2. Comparar y especificar las características de los productos que se obtienen en cada caso relacionando con los ingredientes listados en el punto a. Analizar miga, cantidad y forma de alvéolos, textura, sabor.

Bibliografía sugerida:

Cubero N. y otros, *Aditivos alimentarios* (2002), Editorial Mundiprensa, España.

Glosario

Actividades de Reflexión

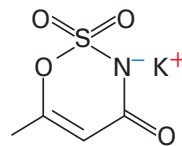
Bibliografía

GLOSARIO

A

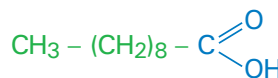
Aceitosidad: cantidad de materia grasa residual que se detecta por los sentidos, por ejemplo al comer una masa en cuya composición se han empleado lípidos tales como manteca, margarinas o aceites.

Acesulfame: el acesulfame K es la sal de potasio de los ácidos acetoacético ($\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{COOH}$) y sulfámico (NH_2SOOOH). Es entre 150 y 200 veces más dulce que la sacarosa y es estable a las altas temperaturas y pH ácidos. En general no presenta sabores desagradables, excepto a altas concentraciones.



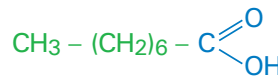
Estructura química del acesulfame K.

Ácido cáprico: ácido graso saturado formado por 10 átomos de carbono. Se lo encuentra principalmente en leche de cabra, oveja y aceite de coco.



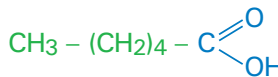
Estructura química del ácido cáprico.

Ácido caprílico: ácido graso saturado formado por 8 átomos de carbono. Se lo encuentra principalmente en leche de cabra, oveja y aceite de coco.



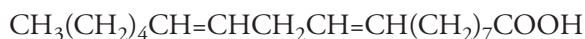
Estructura química del ácido caprílico.

Ácido caproico: ácido graso saturado formado por 6 átomos de carbono. Se lo encuentra en leche de cabra y oveja, principalmente.



Estructura química del ácido caproico.

Ácido linoleico: ácido graso poliinsaturado de 18 átomos de carbono que presenta dos dobles enlaces: uno entre los carbonos 9 y 10 y otro entre los carbonos 12 y 13 (recordar que en estos compuestos el carbono 1 es el que lleva la función ácido carboxílico). Es esencial su consumo para mantener una vida sana. Se lo encuentra en todos los aceites vegetales.



Estructura química del ácido linoleico.

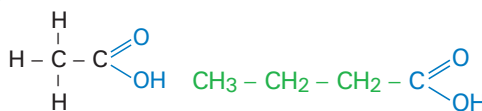
Ácido linolénico: ácido graso poliinsaturado de 18 átomos de carbono que presenta tres dobles enlaces: uno entre los carbonos 9 y 10, otro entre los carbonos 12 y 13 y el tercero entre el carbono 15 y el 16 (recordar que en estos compuestos el carbono 1 es

el que lleva la función ácido carboxílico).



| Estructura química del ácido linolénico.

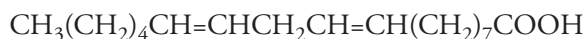
Ácidos monocarboxílicos: ácidos orgánicos que presentan en su estructura química sólo un grupo carboxilo (-COOH). Los más comúnmente presentes en los alimentos son el ácido acético, el láctico, el propiónico, el butírico y los ácidos grasos (tales como el linoleico, oleico, mirístico, etc)



Ácido acético

Ácido butírico

Ácidos poliinsaturados: son ácidos orgánicos que presentan en su estructura más de una doble ligadura (insaturación). Entre este tipo de ácidos se destacan los ácidos linoleico y linolénico, presentes en aceites y grasas comestibles.

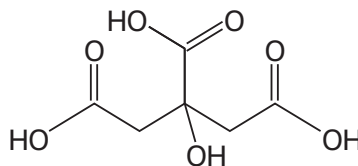


| Ácido linoleico.



| Ácido linolénico.

Acidulantes: son sustancias que, además de disminuir el pH de los alimentos, cumplen un gran número de funciones, como por ejemplo: ayudan a inhibir el crecimiento microbiano, actúan como saborizantes, otorgan el medio ácido necesario para permitir la gelificación de las pectinas, inhiben la cristalización de la sacarosa (azúcar común), inhiben reacciones de oscurecimiento, entre otras. El ácido cítrico es uno de los acidulantes más utilizados en la industria alimenticia.



| Estructura química del ácido cítrico.

Actina: proteína globular implicada en el proceso de contracción muscular junto con la miosina.

Albúmina: principal proteína del huevo, con capacidad de formar geles irreversibles y espumas. Se la encuentra también en leche y carne.

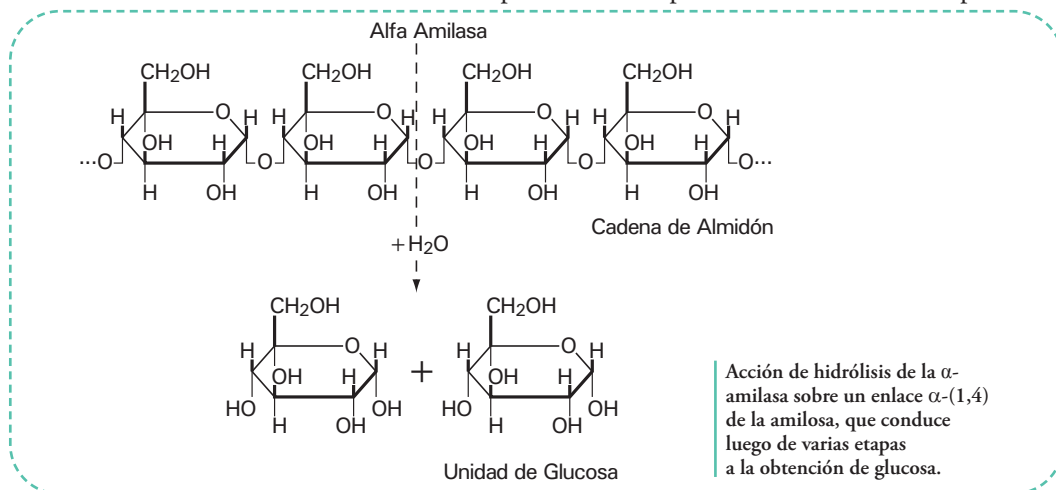


Modelo de la estructura terciaria globular de la albúmina.

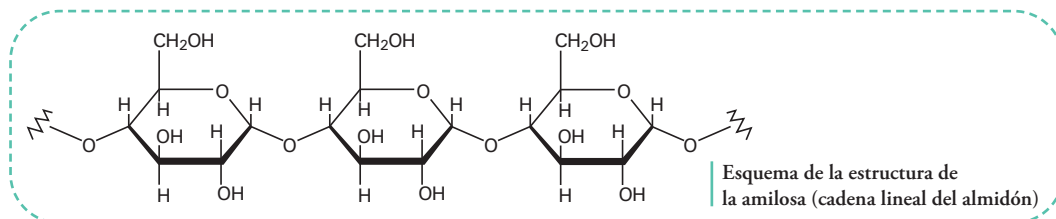
Alvéolos: huecos característicos de la miga de pan. Su tamaño y distribución son propios de cada tipo de producto.

Amilasa: enzima que hidroliza enlaces $\alpha(1-4)$ de amilosa y amilopectina del almidón, dando

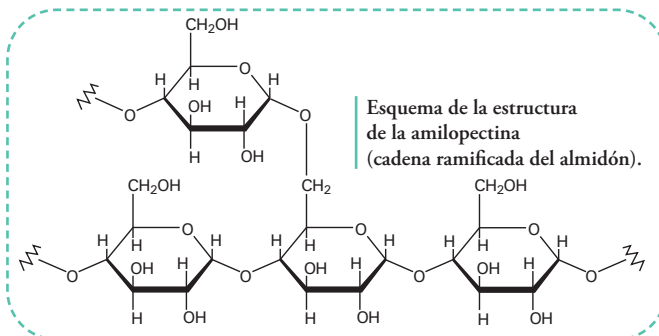
lugar a la producción de maltosa y dextrinas. Las más importantes son la alfa amilasa y la beta amilasa. Las dos son de fundamental importancia en el proceso de elaboración de panes.



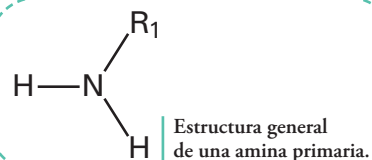
Amilosa: cadena lineal que forma parte del almidón. Esta constituida por moléculas de glucosa unidas mediante enlace glucosídico α -(1,4).



Amilopectina: cadena ramificada que forma parte del almidón. Esta constituida por moléculas de glucosa unidas mediante enlace glucosídico α -(1,4) y α -(1,6). Los almidones que están formados solo por amilopectina se los conoce como almidones “céreos”.



Aminas: compuestos orgánicos derivados del amoníaco (NH₃). Resultan de la sustitución de los hidrógenos de esta molécula por distintos radicales (R₁). Según se sustituyan uno, dos o tres hidrógenos, se obtienen aminas primarias, secundarias o terciarias, respectivamente.

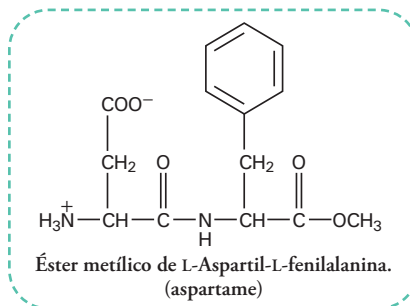


Anfifilicas: moléculas que presentan en sus estructuras partes netamente polares y otras no polares. Un ejemplo de ello son los fosfolípidos.

Aniones: iones cargados negativamente. Por ejemplo el ión cloruro (Cl^-), el ión sulfato (SO_4^{2-}) y el ión fosfato (PO_4^{3-}), entre otros.

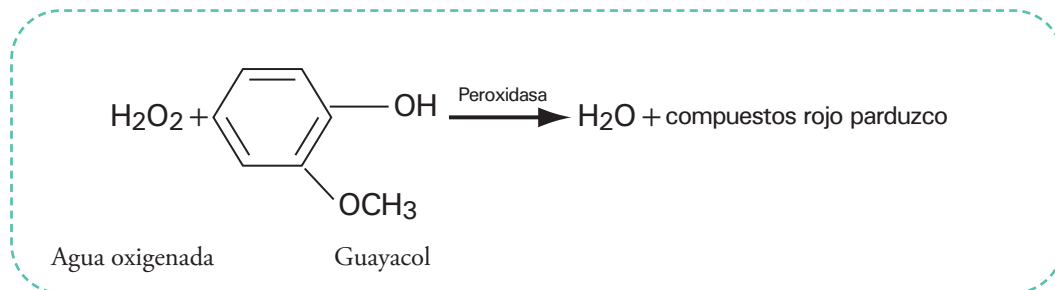
Ascenso ebulloscópico: es el aumento de la temperatura de ebullición normal del agua (de 100°C a presión atmosférica normal) por efecto de solutos disueltos.

Aspartamo: edulcorante compuesto por dos aminoácidos (ácido aspártico y fenilalanina). Es entre 150 y 200 veces más dulce que la sacarosa y no posee sabor residual, pero es inestable a altas temperaturas durante periodos prolongados. Los productos que contienen este edulcorante deben declarar en su rótulo “contiene fenilalanina” ya que un pequeño porcentaje de la población padece de fenilceturonia, que es una enfermedad causada por la falta de una enzima que metaboliza este aminoácido y puede provocar daños cerebrales.

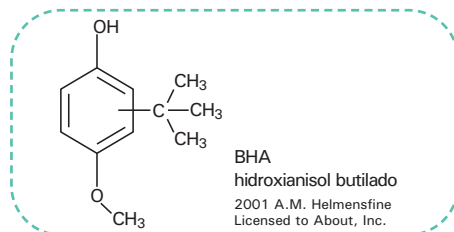


B

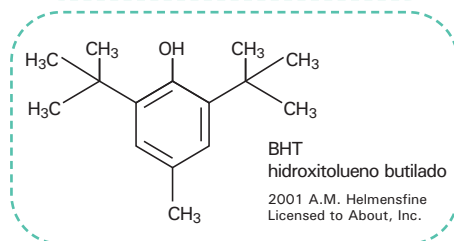
Blanqueado (o escaldado): es un tratamiento térmico de corta duración que se realiza en frutas y vegetales con el objetivo de inactivar las enzimas propias de los mismos, que pueden provocar su deterioro incluso cuando el alimento está congelado. Dentro de las enzimas que causan deterioro se encuentran la catalasa, lipooxigenasas y la peroxidasa siendo esta última la más resistente a la temperatura. Las condiciones de blanqueado (tiempo y temperatura) se eligen de forma tal que se logre inactivar a las peroxidasas, para asegurar que ninguna otra enzima quede activa. El control del blanqueado se realiza con el reactivo de guayacol, el cual es oxidado por el agua oxigenada en presencia de peroxidasas, dando productos de color pardo. Por lo tanto, si se coloca dicho reactivo sobre un vegetal y se desarrolla color pardo, se concluye que está presente peroxidasa activa y el blanqueado fue inadecuado.



BHA (butilhidroxianisol): aditivo antioxidante agregado en la fabricación de aceites de semilla comestibles que evitan el avance de los procesos de oxidación (rancidez química).



BHT (butilhidroxitolueno): aditivo antioxidante que actúa de forma semejante al BHA.

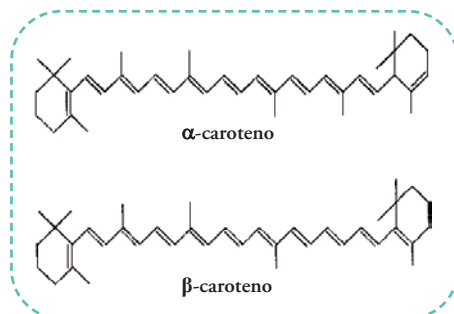


C

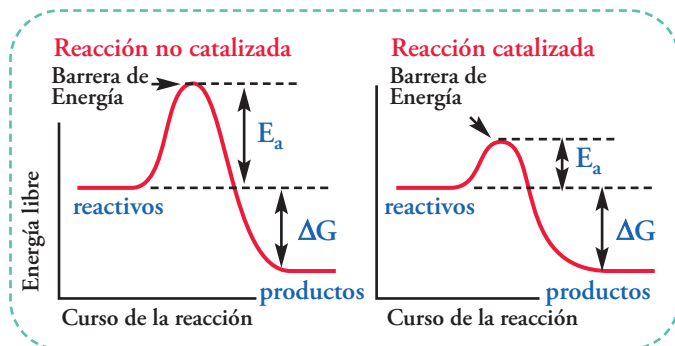
Carotenoide: el β -caroteno es el carotenoide más abundante en la naturaleza y el más importante para la dieta humana, por lo que da su nombre a todo un grupo de compuestos bioquímicos. Al ser ingerido el β -caroteno 100% natural es transformado en Vitamina A (retinol) en la mucosa del intestino delgado, y ésta es almacenada principalmente en el hígado en forma de ésteres de retinol. El β -caroteno también puede ser absorbido y almacenado en el tejido graso sin ser modificado, produciendo una coloración ligeramente amarilla o anaranjada en las palmas de las manos y las plantas de los pies.

El α -caroteno, es un isómero estructural del β -caroteno, pues comparte la misma fórmula molecular, pero tiene diferente estructura y por tanto varía en algunas de sus propiedades físicas y químicas.

En los alimentos se los encuentra en zanahoria, zapallo, duraznos, leche, entre otros.



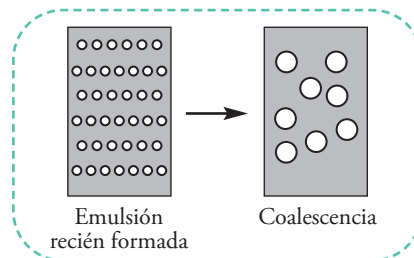
Catalizador: es una sustancia que se emplea para disminuir la energía de activación de una reacción. No afecta el equilibrio de la reacción sino solamente la velocidad a la que ocurre, al disminuir la barrera de energía (llamada energía de activación) y conduciendo la reacción por otro camino, pero llegando a los mismos productos finales.



Catepsinas: proteasas que intervienen en el proceso de maduración de la carne, luego de instaurado el rigor mortis. Promueven la hidrólisis de los enlaces del complejo actomiosina, dando origen a carnes blandas y con aroma y sabor agradables, característicos.

Clostridium Botulinum: bacteria que produce durante su desarrollo la toxina botulínica (causante del botulismo) que es extremadamente tóxica. Una dosis de entre 0,1 y 1 millonésima de gramo puede causar la muerte de una persona.

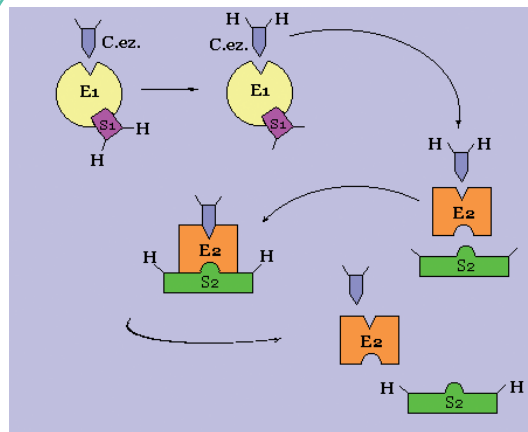
Coalescencia: La coalescencia es un proceso que desestabiliza las emulsiones y se produce como resultado de la unión de dos o más gotas, para formar una gota de mayor tamaño.



Código Alimentario Argentino (CAA): es el código que regula en toda la República Argentina a todos los alimentos, condimentos, bebidas o sus materias primas y los aditivos alimentarios que se elaboran, fraccionan, conservan, transportan, expendan o expongan, así como a toda persona, firma comercial o establecimiento que lo haga.

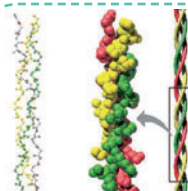
Coenzima: cofactor enzimático de naturaleza orgánica que no se encuentra muy fuertemente unido a la enzima. La mayoría son vitaminas del grupo B.

Cofactor: son sustancias de naturaleza no proteica que colaboran con la acción catalítica de las enzimas. Pueden ser iones metálicos (Fe^{2+} , Cu^{2+} , K^+ , Mn^{2+} , Mg^{2+} , entre otros) o moléculas orgánicas (coenzimas).



Acción de coenzimas.

Colágeno: el colágeno es una proteína fibrilar que forma el tejido conectivo, y que en los mamíferos y aves constituye una proporción muy importante de las proteínas totales. Constituye el tejido de sostén del músculo estriado. Cuando una carne contiene mayor cantidad de colágeno se presenta más dura y su valor alimenticio es menor. Por calentamiento en agua a ebullición de tejido conectivo se obtiene gelatina.



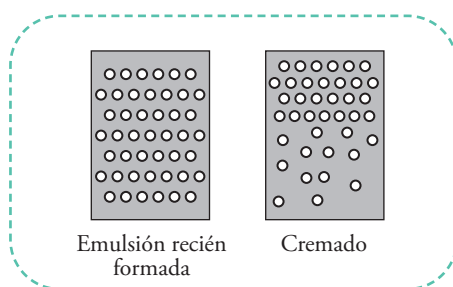
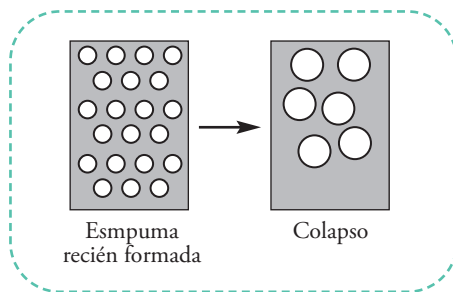
Modelo de la estructura terciaria fibrilar de colágeno.

Colapso: es el proceso de desestabilización de espumas que ocurre cuando dos o más burbujas se acercan demasiado y la película de líquido que las separa se rompe provocando la unión de las mismas

Contenido de agua (de un alimento): cantidad total de agua que presenta un alimento sin interesar de qué manera ese agua se encuentra vinculada con los ingredientes de los alimentos.

Cremado: es el proceso de desestabilización de emulsiones que se produce como consecuencia de la diferencia de densidad entre las dos fases. Las gotas de aceite, al ser menos densas que la fase acuosa, tienden a subir hacia la superficie, formándose en la parte superior una emulsión más concentrada en aceite, y en la parte inferior una emulsión con menor cantidad de gotas.

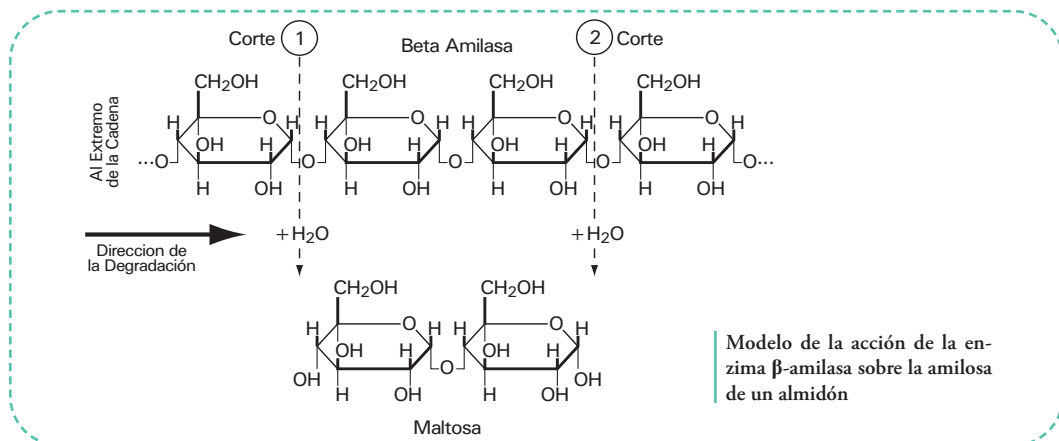
Cuajo: complejo enzimático que se obtiene por maceración de trozos de estómagos de terneros (alimentados sólo con leche) cuyo principio activo es la enzima renina.



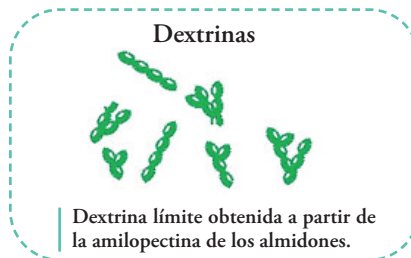
D

Descenso crioscópico: disminución de la temperatura de congelación del agua (0 °C a presión atmosférica normal), por la presencia de sales o electrolitos disueltos.

Desdoblamiento hidrolítico: proceso que implica la ruptura de un enlace con incorporación de una molécula de agua. Es muy frecuente en el caso de la acción de amilasas y proteasas.



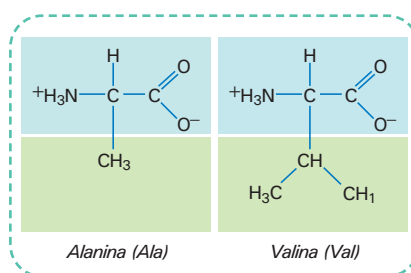
Dextrinas: producto resultante de la hidrólisis enzimática del almidón por acción de β -amilasa, principalmente. Se usan como aditivos espesantes en la industria alimentaria.



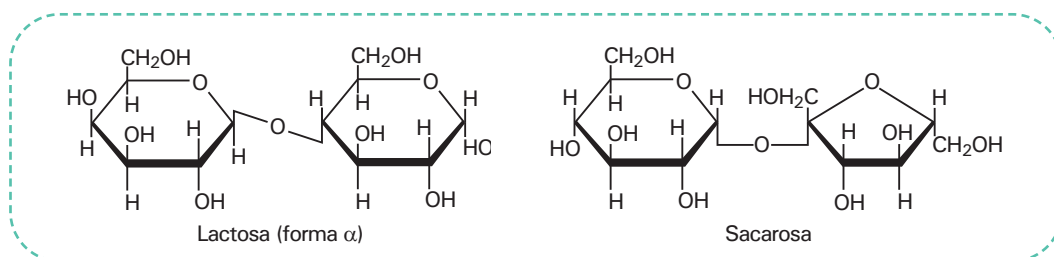
Dextrinogénica: son sustancias que tienen la posibilidad de generar dextrinas cuando son tratadas adecuadamente, por ejemplo con enzimas, en las condiciones de pH, temperatura, fuerza iónica y tiempos requeridos. Un buen ejemplo de sustancias dextrinogénicas son los almidones, cualesquiera sean sus orígenes.

Diglicéridos: ésteres de la glicerina con dos moléculas de ácidos grasos. Se los emplea como aditivos emulsionantes.

Dipolos: son sustancias que presentan asimetría en sus cargas eléctricas de modo tal que se generen zonas de carga neta positiva y otra de carga neta negativa. Esta presencia de dos polos lleva a la denominación de sustancias dipolares, como por ejemplo los aminoácidos que presentan un grupo amino positivo y uno carboxilo negativo.



Disacárido: hidrato de carbono formado por la unión de dos unidades de monosacáridos (por ejemplo glucosa) mediante enlace glucosídico. Algunos ejemplos de disacáridos son la sacarosa o azúcar común de mesa, la lactosa o azúcar de la leche y la maltosa, proveniente de la germinación de la cebada para obtener cerveza.

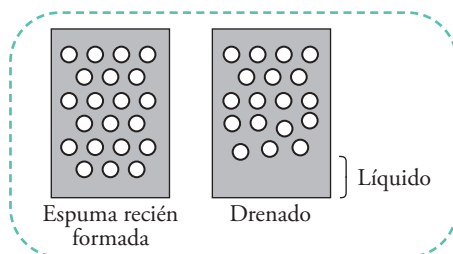


Dispersión coloidal: dispersiones, en las cuales las partículas dispersas son muy pequeñas y no pueden ser separadas por filtración. Se caracterizan por ser opacas y parecer homogéneas a simple vista (a diferencia de las soluciones que también son homogéneas, pero traslúcidas). Esto se debe a que las partículas son tan pequeñas que no se pueden ver, pero dispersan la luz provocando turbidez.

Dispersión grosera: son dispersiones en las cuales las partículas dispersas son muy grandes y pueden ser separadas por filtración o decantación.

Divalente: carga de un ión. Puede ser divalente positivo como es el caso del ión calcio (Ca^{2+}) o divalente negativo como ocurre en el ión sulfato ($=\text{SO}_4^{2-}$).

Drenado: es la pérdida de líquido de una espuma, debido a que el líquido que rodea a las burbujas cae por efecto de la gravedad y las burbujas suben hacia la superficie, debido a la diferencia de densidad entre ambas fases.



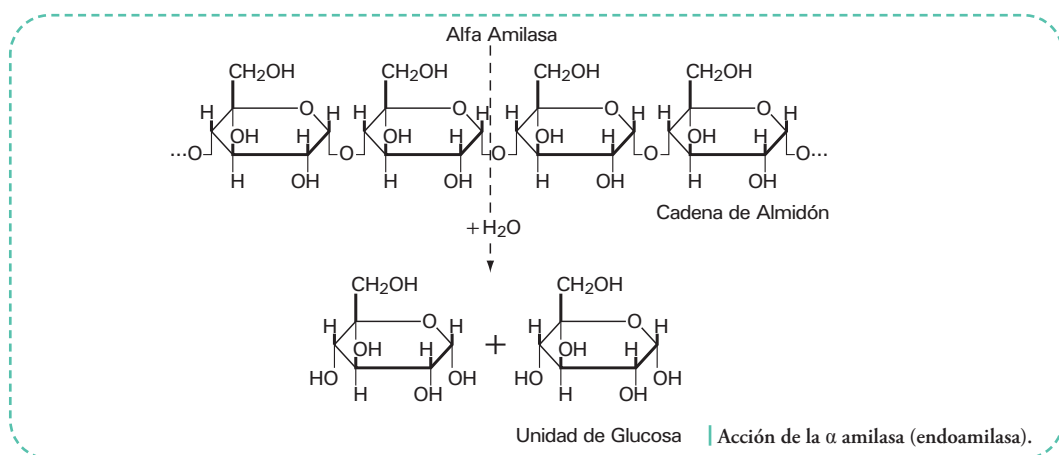
Componente (de un alimento): toda sustancia, incluidos los aditivos alimentarios, que se emplee en la fabricación o preparación de alimentos y que está presente en el producto final en su forma original o modificada.

E

Efecto Tyndall: se produce cuando un haz de luz atraviesa una dispersión coloidal, las cuales se caracterizan por ser opacas y parecer homogéneas a simple vista (a diferencia de las soluciones que también son homogéneas, pero traslúcidas). Esto se debe a que las partículas son tan pequeñas que no se pueden ver a simple vista, pero dispersan la luz provocando turbidez.

Electronegatividad: es la capacidad que tiene un átomo de atraer hacia él los electrones compartidos en un enlace covalente.

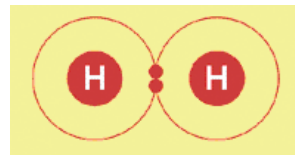
Endoamilasa: amilasa que hidroliza las uniones glicosídicas α -(1-4) pero no comenzando desde el extremo reductor de una cadena como lo hace la β -amilasa, sino trabajando dentro de la estructura de las cadenas de almidón. Un ejemplo es la α -amilasa



Enlace covalente: enlace químico en el cual los electrones son compartidos por ambos átomos. Este tipo de enlace se produce cuando la diferencia de electronegatividad entre

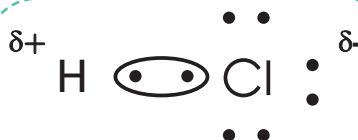
los átomos no es muy grande.

Enlace covalente no polar: se presenta cuando ambos átomos tienen la misma atracción o afinidad por el par de electrones que comparten, ubicándose estos en el centro de ambos átomos. Por ejemplo, en la molécula de hidrógeno.



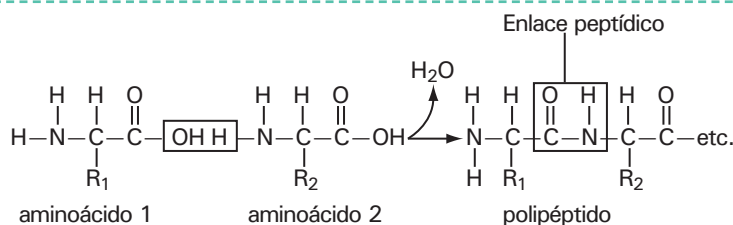
Enlace covalente no polar.

Enlace covalente polar: se presenta cuando uno de los átomos tiene mayor afinidad que el otro por el par de electrones que comparten. En este caso, el par de electrones se encuentra más cerca del átomo con mayor afinidad, generando en él una zona con densidad negativa y en el otro átomo una zona con densidad positiva. Por ejemplo en la molécula de HCl.

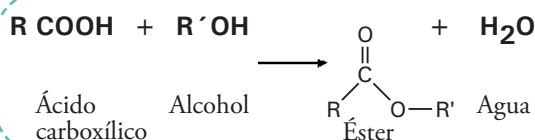


Enlace covalente polar.

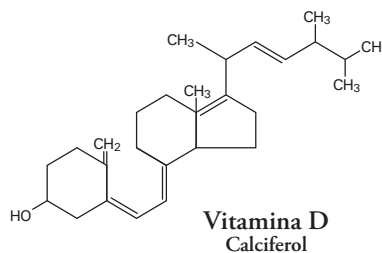
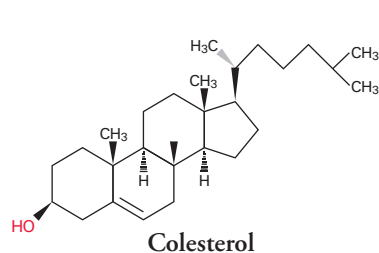
Enlace peptídico: son enlaces covalentes entre el grupo -COOH de un aminoácido y el grupo -NH_2 de otro aminoácido. La formación de este tipo de enlace implica la pérdida de una molécula de agua.



Ésteres: compuestos químicos obtenidos por la reacción química entre un ácido carboxílico y un alcohol, como consecuencia de la cual se pierde una molécula de agua.

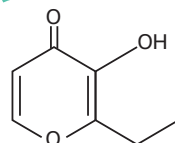


Esteroles: son esteroides con 27 a 29 átomos de carbono, formados por una cadena lateral de 8 o más átomos de carbono (C) en el carbono 17 y un grupo alcohol o hidroxilo (OH) en el carbono 3. Estas sustancias se encuentran en abundancia en los organismos vivos, sobre todo en animales y en algunas algas rojas. Son solubles en los disolventes orgánicos, y poseen un elevado punto de fusión. Entre los esteroides destacan el colesterol y la vitamina D.



Estructuras planares: son estructuras que muestran los distintos átomos que componen una molécula o ión, ubicados en un mismo plano. Como ejemplo se puede citar la estructura del dióxido de carbono CO_2 .

Etilmaltol: aditivo empleado para resaltar el sabor dulce de los alimentos.



Estructura química del etilmaltol.

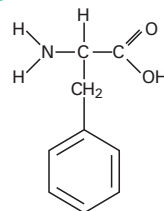
F

Fase dispersa: fase de una dispersión que está finamente dividida. Por ejemplo las gotas de aceite en una mayonesa.

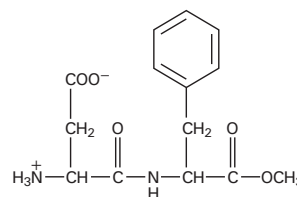
Fase dispersante: fase continua de una dispersión. Por ejemplo la fase acuosa en una mayonesa.

Fenilalanina: aminoácido que junto con el ácido aspártico compone el edulcorante artificial aspartamo.

Fenilcetonuria: enfermedad causada por la falta de una enzima que metaboliza la fenilalanina y puede provocar daños cerebrales. Es importante tener esto en cuenta cuando en la composición de los alimentos se incluye el edulcorante aspartamo pues en su composición se encuentra el mencionado aminoácido.



Fenilalanina



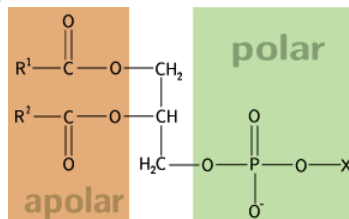
Aspartamo



Fischer, Emil Hermann (1852-1919): químico y premio Nobel alemán, que realizó importantes aportes al estudio de los azúcares. Fue el primero que sintetizó la glucosa y otros azúcares simples y determinó la estructura molecular de la glucosa y de la fructosa.

Fluido caloportador: fluido capaz de conducir el calor, tomándolo de una fuente, por lo general externa y conduciéndolo hasta un alimento para producir su cocción. En los alimentos se emplea comúnmente el agua y materias grasas tales como aceite, manteca y margarinas fundidas.

Fosfolípidos: son un tipo de lípidos polares compuestos por glicerina, a la que se le unen dos ácidos grasos y un grupo fosfato. El fosfato se une mediante un enlace fosfodiéster a otro grupo de átomos, que frecuentemente contienen nitrógeno, como colina, serina o etanolamina y muchas veces posee una carga eléctrica.



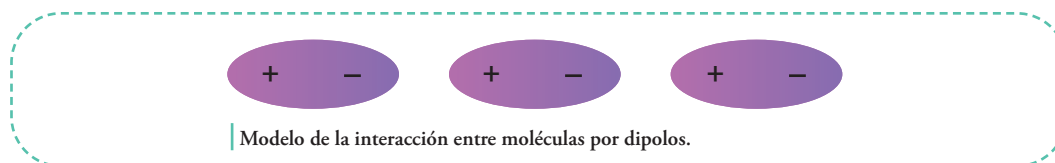
X= colina, serina o etanolamina.

Friabilidad: cualidad de una masa de poder desintegrarse al ser presionada entre los dedos pulgar e índice de la mano. La de las galletitas “de agua” es poco friable, en cambio la masa de las galletitas “pepas” es muy friable.



Fuerzas de London o de dispersión: son fuerzas de atracción intermoleculares muy débiles. Se producen entre moléculas no polares debido a un desplazamiento transitorio de los electrones, originando un polo positivo y otro negativo (dipolo transitorio) que generan una atracción entre dichas moléculas (el polo positivo de una molécula atrae al polo negativo de la otra, y viceversa).

Fuerzas de Van der Waals: es un tipo de interacción entre moléculas que se genera por la presencia en ellas de dipolos. Por ejemplo:

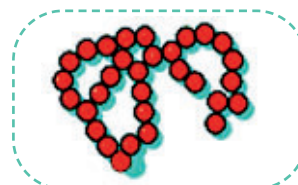


G

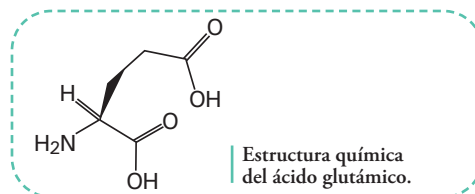
Galatos: son sustancias químicas que se desempeñan como antioxidantes en aceites, grasas o alimentos que los contienen en alta concentración. Tienen la capacidad de impedir la propagación de la reacción de oxidación química que conduciría a rancidez de estos alimentos. Los que se presentan con mayor frecuencia son el galato de octilo y el galato de isopropilo. Tienen la desventaja de presentar poca resistencia al calentamiento, por lo que no son útiles para proteger aceites de fritura o alimentos sometidos a altas temperaturas durante su fabricación.

Gliadinas: son proteínas globulares presentes en la harina de trigo que junto con la glutenina forman el gluten, estructura indispensable para la obtención de panes.

Están asociadas también a una de las más importantes patologías alimenticias, la enfermedad celíaca que se presenta en personas sensibles a las gliadinas.



Glutamato (monosódico): sustancia que resalta o realza el sabor y/o el aroma de un alimento, sin presentar por sí mismos características sápidas detectables. Se lo emplea principalmente para productos salados tales como caldos, sopas, snacks.



Gluteninas: son proteínas fibrilares presentes en el trigo, que junto con las gliadinas conforman el gluten al amasar la harina con agua.



Haworth, Walter Norman (1883 – 1950): químico, profesor universitario y premio Nobel británico. Investigó la estructura de los polisacáridos y en 1933 consiguió determinar la estructura química de la vitamina C.

H

HDL: lipoproteínas de alta densidad que transporta colesterol. Su presencia disminuye el riesgo de enfermedades y se le llama colesterol bueno.

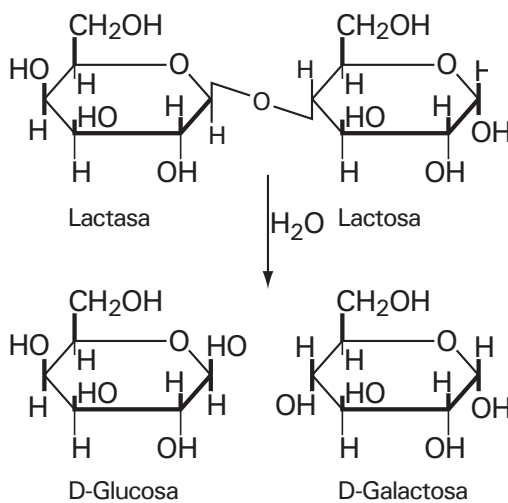
Hexano: hidrocarburo alifático saturado con fórmula química C_6H_{14} , que se emplea como solvente.

Hidrólisis: ruptura de un enlace, por ejemplo glucosídico (en hidratos de carbono) o peptídico (en proteínas) incorporando una molécula de agua.

Hojaldrabilidad: capacidad de una masa de presentar aspecto de masa de hojaldre.

Hojaldre: producto que se elabora alternando capas de grasa y de masa sin que se mezclen. La cantidad de capas se multiplica geométricamente doblándola sobre sí misma según una regla conocida.

La masa de hojaldre necesita un continuo estiramiento para hacer dobleces y formar un gran número de capas. No lleva levadura alguna y el aumento de volumen lo adquiere una vez que se hornea. El calor del horno funde la grasa que se halla entre las capas de pasta y las cocina.



Ejemplo de hidrólisis de la lactosa empleando la enzima lactasa.



Masa de hojaldre.

I

IDL: lipoproteína de densidad intermedia. (Ver LDL).

Ingrediente: ver componente de un alimento.

Inmiscibles: se denominan así a aquellos solventes que al mezclarlos no pueden formar una sola fase. Tal es el caso del agua y el aceite.

Iones: son partículas cargadas. Cuando la carga es positiva (han perdido electrones) se llaman cationes (ejemplo catión sodio Na^+) y cuando la carga es negativa (han ganado electrones) se los denomina aniones (ejemplo anión cloruro Cl^-).

Ión calcio (Ca^{2+}): ión divalente positivo originado por la pérdida de dos electrones del átomo de calcio.

Ión cloruro (Cl^-): ión monovalente negativo que se forma cuando un átomo de cloro toma un electrón de otro átomo (el cual se convierte en un catión).

Ión fosfato (PO_4^{3-}): ión trivalente proveniente del ácido ortofosfórico (H_3PO_4).

Ión fosfato monohidrógeno (HPO_4^{2-}): ión divalente proveniente del ácido ortofosfórico (H_3PO_4).

Ión magnesio (Mg^{2+}): ión divalente positivo originado por la pérdida de dos electrones en el átomo de magnesio.

Inversión de fase: es la transformación de una emulsión aceite en agua, en otra agua en aceite (o viceversa). Esto ocurre, solamente, si se bate o agita en exceso ciertas emulsiones y es la base del proceso de elaboración de manteca a partir de crema de leche.

Interacciones de Van der Waals: ver Fuerzas de Van der Waals.

Interacciones dipolo-dipolo: tipo de interacción que ocurre cuando moléculas con dipolos permanentes interactúan entre ellas de modo tal que los dipolos se orientan. Esta interacción es muy sensible a la orientación, distancia y temperatura.

Interacciones electrostáticas: tipo de interacción que se presenta en los alimentos cuando una de las partes de las moléculas involucradas presenta una carga neta e interactúa con otra parte de la misma molécula, o de otra de signo contrario.

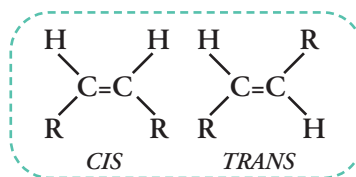
Interacciones hidrofóbicas: tipo de interacción que se produce por la atracción que se origina entre residuos no polares de moléculas complejas cuando el alimento se halla en un medio acuoso. Es especialmente importante en la estabilidad de las proteínas, cuando de ellas for-

man parte aminoácidos como, por ejemplo, fenilalanina, tirosina y triptofano.

Interacciones puente de hidrógeno: tipo de interacción que se produce cuando dos átomos negativos de compuestos polares (por ejemplo nitrógeno, oxígeno, cloro), se vinculan mediante uno de hidrógeno, que ya está unido, químicamente, a alguno de ellos. Esta atracción es muy débil (20kJ/mol ó 4,7 kcal/mol), comparada con el enlace covalente (400kJ/mol ó 95 kcal/mol) y su vida media es de 10^{-11} segundos.

Iones metálicos: iones provenientes de átomos de metales. Especialmente los alcalinos (Na^+ y K^+), los alcalinotérreos (Ca^{2+} y Mg^{2+}) y el hierro ferroso (Fe^{2+}) y férrico (Fe^{3+}) se aplican a los alimentos.

Isomería cis-trans: tipo de isomería geométrica que hace alusión a la ubicación de los grupos diferentes del hidrógeno a un lado y otro de un plano (trans) o los dos del mismo lado (cis). Se presenta especialmente como consecuencia de la existencia de dobles lagaduras en los compuestos químicos.

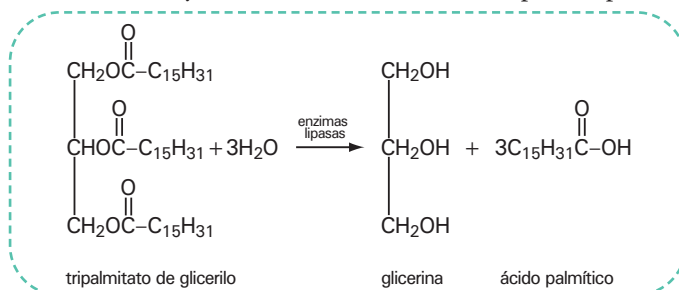


L

LDL: dado que el colesterol es insoluble en agua, el colesterol del plasma sanguíneo sólo existe en la forma de complejos llamados lipoproteínas, principalmente LDL (proteína de baja densidad) y VLDL (proteína de muy baja densidad), que tienen la capacidad de fijar y transportar grandes cantidades de colesterol. La mayor parte de dicho colesterol se encuentra en forma de ésteres de colesterol, en los que algún ácido graso, especialmente el ácido linoleico (un ácido graso de la serie omega-6), esterifica al grupo hidroxilo del colesterol. Actualmente se reconoce el papel del colesterol presente en las lipoproteínas de baja densidad (LDL) en la patogenia de la aterosclerosis. La existencia de niveles elevados de colesterol LDL (popularmente conocido como "colesterol malo") por encima de los valores recomendados, incrementa el riesgo de sufrir accidentes cardiovasculares. Por otra parte el colesterol presente en las lipoproteínas de alta densidad (HDL) ejercería un rol protector del sistema cardiovascular, que por ello se conoce como "colesterol bueno".

Liofilización: proceso en el cual el alimento se congela y luego se evapora el hielo formado por sublimación en una cámara de vacío. Es muy costoso comparado con el secado tradicional por calor, pero los productos obtenidos son de mayor calidad. Esta técnica se emplea en productos con alto valor agregado, como carnes deshidratadas y algunos cafés instantáneos.

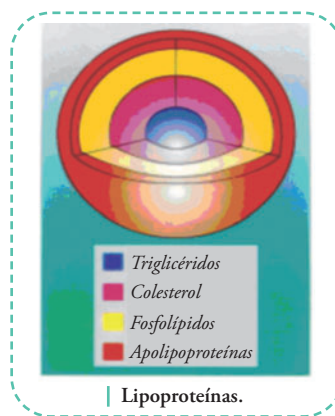
Lipasas: enzimas que promueven la hidrólisis de lípidos. En particular se aplica a la hidrólisis de glicéridos que dan como productos de la reacción glicerina y



ácidos grasos. A modo de ejemplo se muestra la acción de una lipasa sobre el triglicérido tri-palmitato de glicerilo.

Lipoproteínas: son complejos macromoleculares esféricos formados por un núcleo que contiene lípidos apolares (colesterol esterificado y triglicéridos) y una capa externa polar formada por fosfolípidos, colesterol libre y proteínas. Su función principal es el transporte de triglicéridos, colesterol y otros lípidos entre los tejidos a través de la sangre.

Lipoxidasas: enzima que cataliza la oxidación de lípidos promoviendo la rancidez de los mismos.



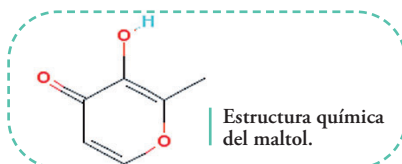
M

Macromolécula: ver polímeros



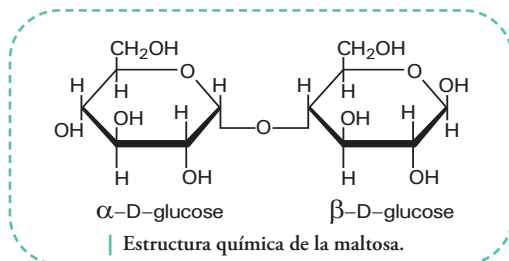
Maillard, Louis Camille (1878 - 1936): médico y químico francés. Fue el primero en describir y dar explicación detallada de la reacción que lleva su nombre.

Maltol: compuesto químico generado durante el proceso de caramelización de los hidratos de carbono que refuerza el sabor dulce de los productos con ingredientes glucídicos. Junto con el etilmaltol se los emplea también como aditivos para resaltar el sabor dulce de los alimentos.



Maltosa: disacárido reductor formado por la unión glucosídica α 1-4 de dos moléculas de glucosa.

Masas panarias: masas obtenidas por amasado de harina de trigo sola o con el agregado de otras, junto con levadura y agua. Pueden llevar luego otros ingredientes que les brindan características particulares. Se destacan por la formación de gluten debido al trabajo mecánico realizado sobre las proteínas gliadina y glutenina presentes en el endosperma del trigo.



Metales alcalinotérreos: elementos de la tabla periódica con propiedades metálicas que se encuentran ubicados en el grupo II.

Miosina: proteína fibrilar con cabezas globulares, implicada en el proceso de contracción muscular junto con la actina.

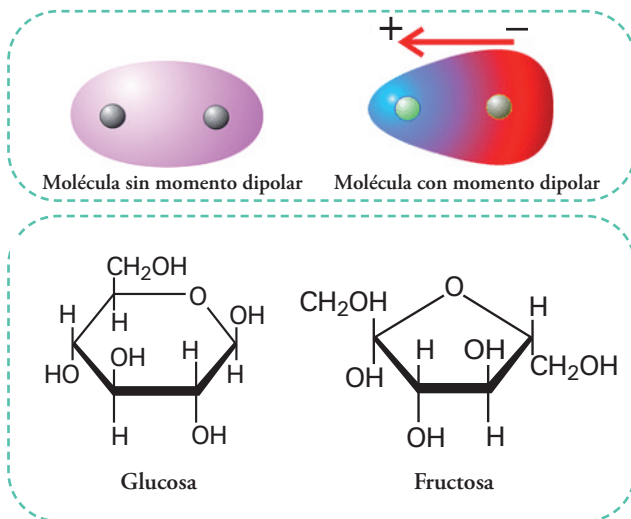
Momento dipolar (μ): es la medida de la intensidad de la fuerza de atracción entre dos átomos. Es una medida de la asimetría de la carga eléctrica. Se define como el producto entre la distancia d que separa las cargas (longitud del enlace) y el valor de las cargas iguales y opuestas en un enlace químico:

$$\mu = q \times d \quad \text{Momento dipolar} = \text{carga} \times \text{distancia}$$

Por lo general se lo encuentra expresado en Debyes ($1 \text{ D} = 1 \text{ A} \cdot 1$ ues unidad electrostática de carga).

Monosacáridos: son los hidratos de carbono más simples. Se clasifican según la cantidad de átomos de carbono en triosas (3 átomos de carbono), tetrosa (4 átomos de carbono), pentosa (5 átomos de carbono) y hexosa (6 átomos de carbono). A su vez, se pueden clasificar según el grupo funcional que poseen en aldosas (si tienen un grupo aldehído) y cetosas (si tienen un grupo cetona).

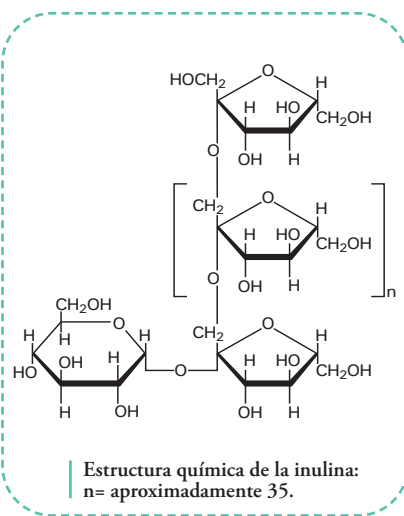
De todos estos carbohidratos las hexosas son las más abundantes en los alimentos y, en particular, lo son la glucosa y la fructosa.



O

Oleaginosas: se trata de plantas o sus semillas de las cuales es posible obtener aceites por presión y/o extracción por solventes. Se destacan entre ellas el girasol, maíz y maní.

Oligosacáridos: son polímeros de monosacáridos unidos por enlaces glicosídicos, con un número de unidades monoméricas entre 3 y 10. Los más abundantes en la naturaleza son la inulina, la oligofructosa (fructooligosacáridos) y los galactooligosacáridos. La inulina y oligofructosa están formadas por cadenas de fructosa que pueden terminar en glucosa o fructosa. Están presentes en muchos vegetales: achicoria, cebolla, puerro, ajo, plátano, alcachofa, etc. Los galactooligosacáridos están formados por cadenas de galactosa y están presentes en la leche y en algunas plantas.



Organoléptico: atributo de los alimentos que puede ser detectado por los sentidos, tales como color, sabor, aroma y textura.

P

Palatabilidad: sensación que produce un alimento en el paladar. Un producto se dice palatable cuando su consumo brinda placer al consumidor.

Papaína: proteasa presente en algunas frutas como el ananá, el kiwi, el higo y la papaya que hidroliza, por ejemplo, a la gelatina, impidiendo que ésta gelatinice. Esta enzima se puede desactivar por calor, posibilitando la preparación de un postre de gelatina con estas frutas.

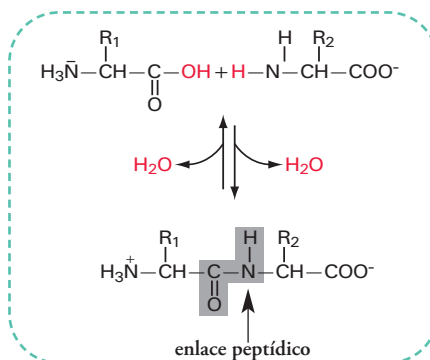
Pardeamiento: es la aparición de colores marrones o pardos debido a la reacción entre azúcares solos o con aminoácidos. Dichas reacciones ocurren durante la cocción y/o procesamiento de alimentos.

Pectinasas: conjunto de enzimas que promueven la hidrólisis del polisacárido pectina actuando sobre él de diferentes maneras. Algunas rompen las uniones glicosídicas, otras las uniones éster. Todas generan estructuras más simples y se aplican, por ejemplo, para quitar la turbidez de jugos de manzana, para ablandar frutas y verduras (zanahoria) que han de ser sometidas a procesos de extracción de sus jugos. Suelen actuar junto con las enzimas celulasas que trabajan sobre las estructuras celulósicas de los vegetales.

Pectinólisis: reacciones de hidrólisis producidas por el accionar de las enzimas pectinasas sobre los polisacáridos pectinas.

Péptidos: son moléculas de bajo peso molecular formadas por aminoácidos unidos mediante enlaces peptídicos.

Peroxidasa: clase de enzima que cataliza reacciones redox (oxidación – reducción), donde uno de los sustratos es un peróxido y el otro una sustancia reductora que es oxidado por dicho peróxido. Este tipo de enzimas causan el deterioro de frutas y vegetales.



Plasticidad: capacidad de un sólido de ser deformado al aplicarse una presión y luego mantener esa deformación aunque se elimine la fuerza. Es el caso de una manteca o margarina untable que se “estira” al ser ejercida presión con un cuchillo sobre una galletita, y se mantiene tal cual al retirar el cuchillo.

Polisacáridos: son polímeros lineales o ramificados de elevado peso molecular formados por cientos o miles de monosacáridos, unidos entre sí mediante enlaces glicosídicos. Según su origen y estructura química, se los puede clasificar en almidones, celulosa y gomas vegetales.

Polisorbatos: familia de compuestos sintéticos, producido a partir del óxido de sorbitol. Se los emplea como aditivos emulsionantes.

Polarizabilidad: capacidad de una molécula de alterar su disposición de cargas de modo tal que, ante un estímulo externo se puede convertir en una estructura dipolar.

Polímeros: sustancias de elevado peso molecular que resultan de la unión de una o varias moléculas más pequeñas (monómeros). Tal es el caso de los polisacáridos como el almidón (polímero de la glucosa) y de las proteínas formadas por condensación de varios aminoácidos por unión peptídica.

Presión de vapor: presión, para una temperatura dada, en la que la fase líquida y el vapor se encuentran en equilibrio dinámico, es decir el número de moléculas que pasan de la fase líquida a la gaseosa en un recipiente cerrado es el mismo número que pasa del estado gaseoso al líquido. Su valor es independiente de las cantidades de líquido y vapor presentes mientras existan ambas.

Presión osmótica: presión impulsora que se genera a través de una membrana permeable (por ejemplo la de una célula), cuando la concentración de solutos a ambos lados es diferente. En este caso aparece una fuerza por unidad de superficie (presión osmótica) de modo tal que promueve el pasaje a través de la membrana de soluto en un sentido y agua en el otro tratando de igualar las concentraciones a ambos lados.

Propiedad coligativa: propiedad de una solución que depende únicamente de la cantidad de partículas de soluto disueltas en el agua por cada kilogramo de solvente que se emplea. No dependen de la naturaleza ni del tipo de soluto. Entre ellas se encuentran el descenso crioscópico, el ascenso ebulloscópico, la presión de vapor y la presión osmótica.

Propiedades periódicas: propiedades que presentan los elementos químicos que se repiten secuencialmente en la tabla periódica y son función de su número atómico. Por la ubicación de un elemento en la tabla periódica es posible predecir qué valores presentan dichas propiedades así como su comportamiento químico. Entre las propiedades periódicas encontramos las siguientes: estructura electrónica, electronegatividad, afinidad electrónica, estado físico, carácter metálico y no metálico, radio atómico, densidad, punto de ebullición, punto de fusión, carácter oxidante o reductor.

Propiedades reológicas: propiedades de la materia, vinculadas con el fluir de los líquidos y la deformación de los sólidos sometidos a esfuerzos, como por ejemplo la viscosidad.

Proteasas: enzimas que promueven la hidrólisis de las proteínas generando compuesto de menor peso molecular tales como péptidos y aminoácidos. Su acción es relevante, por ejemplo en los procesos de maduración de quesos y carnes, pues contribuyen a brindar a estos productos sus caracteres organolépticos característicos como valorados atributos.

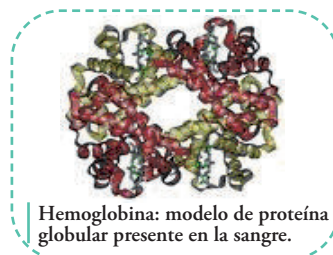
Proteínas fibrilares: son proteínas que se caracterizan por tener su estructura terciaria en forma de hilos o fibras. Tal es el caso de la queratina del cabello, el colágeno de las carnes



rojas y las gluteninas del trigo.

Proteínas globulares: son proteínas que tienen su estructura terciaria de forma globular. Entre las principales proteínas globulares encontramos las enzimas, la albúmina, la actina y las gliadinas.

Proteolisis: procesos de hidrólisis que generan las proteasas al actuar sobre péptidos y/o proteínas.



Ptialina: la saliva contiene una enzima capaz de catalizar la hidrólisis de las uniones glucosídicas del almidón transformándolo en productos de hidrólisis intermedia y formando maltosa (azúcar reductor). Como los granos de almidón crudo están recubiertos por una membrana celulósica, la acción de la ptialina sobre los mismos es lenta. En cambio, actúa con rapidez sobre el almidón cocido.

R

Rancidez: proceso de deterioro de los lípidos que ocurre por la oxidación de los dobles enlaces presentes en los ácidos grasos insaturados que conforman los triglicéridos presentes en toda grasa o aceite comestible. Los productos de reacción promueven indigestiones y son de color oscuro en su mayoría y sabor y aroma desagradables.

Reacción con solución de yodo: al poner en contacto una solución de yodo-ioduro de potasio con un almidón se produce un complejo de color azul oscuro, que desaparece si se calienta el tubo conteniendo la mezcla, al volatilizarse el almidón. Es un ensayo que se emplea para detectar la presencia de almidón en diferentes muestras.

Reacción de Fehling: el catión cúprico (Cu^{2+}) del reactivo de Fehling reacciona con los glúcidos reductores pasando a óxido cuproso, que es un precipitado de color rojo ladrillo.

Renina: proteasa que se emplea en la fabricación de quesos. Hasta hace unos años la única fuente era el estómago de las vacas que se sacrificaban, cuyo extracto contenía, además, muchas impurezas. Actualmente la renina ha sido aislada a partir de células bovinas e introducida en una bacteria de tal forma que puede ser producido en grandes cantidades por biotecnología.

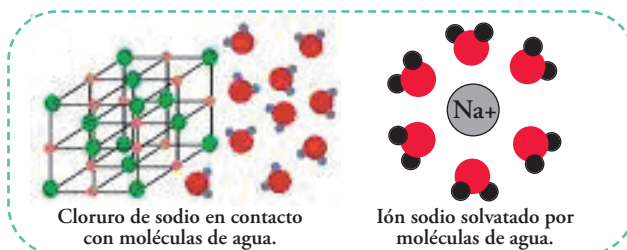
Reología: parte de la física que estudia el fluir de los líquidos y la deformación de los sólidos sometidos a esfuerzos.

S

Sápida: sustancia que tiene algún sabor.

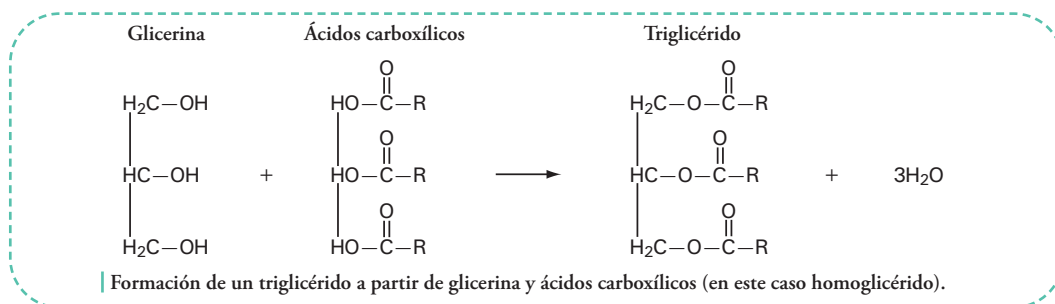
Silicatos: aditivo que se agrega a los alimentos en polvo tales como la sal y las premezclas para preparar bizcochuelos, para evitar que se apelmacen.

Solvatación: proceso de atracción y asociación en el cual las moléculas o iones del soluto se disuelven y son rodeadas por las moléculas del solvente. Esta interacción conduce a la estabilización de las especies del soluto en la solución.



Triestearina: triglicérido formado por una molécula de glicerina esterificada por tres moléculas de ácido esteárico (ácido graso saturado de 18 átomos de carbono).

Triglicéridos: ésteres obtenidos por reacción entre la glicerina y tres moléculas de ácidos grasos. Si los ácidos grasos son iguales, se los denomina homoglicéridos, si son diferentes, heteroglicéridos. Se encuentran en aceites y grasas presentes en los alimentos.



Trioleína: triglicérido formado por una molécula de glicerina esterificada por tres moléculas de ácido oleico (ácido graso monoinsaturado de 18 átomos de carbono).

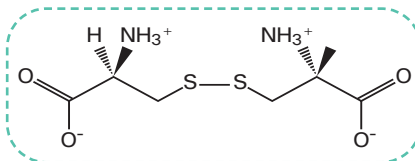


Tyndall, John (1820-1893): fue un físico irlandés, conocido por su estudio sobre los coloides. Investigó el efecto de la dispersión de la luz por partículas coloidales en dispersión acuosa. En su homenaje, el efecto se conoce como “Efecto Tyndall”.

U

Umami: palabra japonesa que significa sabroso, es el quinto gusto básico junto al dulce, salado, amargo y ácido. Se lo encuentra resaltando los sabores de caldos, sopas, snacks.

Uniones disulfuro: unión química que se produce por la oxidación de restos sulfhidrilo (-SH) de dos aminoácidos. Colaboran en la estabilidad de las uniones secundaria y terciaria de las proteínas y son también fundamentales en la producción de gluten en el proceso de panificación, pues definen las características de fuerza de una harina y así condicionan el tipo de producto que se puede obtener (fideos, panes, galletitas, entre otros).



Uniones de Van der Waals: ver interacciones de Van der Waals.

Uniones hidrofóbicas: ver interacciones hidrofóbicas.

Unión puente de hidrógeno: ver interacciones de puente de hidrógeno.

V

Viscosidad: es la medida de la fluidez de un producto a determinadas temperaturas. Es una facilidad o no que tiene una capa de fluido para desplazarse sobre otra capa del mismo compuesto cuando se la somete a algún tipo de esfuerzo. La miel por lo general tiene una alta viscosidad, la leche, baja. Ambas se aprecian al tratar de verter los productos contenidos en sus respectivos envases por acción de la gravedad. Es estudiada por la reología.



VLDL: lipoproteínas de muy baja densidad (ver LDL).

ACTIVIDADES DE REFLEXIÓN

"Nunca consideres el estudio como una obligación sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber".

"Lo importante es no dejar de hacerse preguntas."

Albert Einstein

Llegamos al fin de esta propuesta para introducirnos en el mundo de la química de los alimentos. Vistos ya cada uno de los ingredientes, correspondería ahora hacerlos interactuar a todos ellos como realmente ocurre en los alimentos o en lo que desde la ciencia se denominan "sistemas alimentarios". Este abordaje no es para nada sencillo y quedará para una segunda etapa.

En los distintos capítulos de este libro se han desarrollado aspectos vinculados con los diferentes ingredientes alimentarios. Con la buena cantidad de actividades experimentales propuestas hemos tratado de promover la curiosidad, la formulación de preguntas, la búsqueda de respuestas. La química de los alimentos es una química aplicada pero es una ciencia experimental. De nada sirve escribir hermosas frases en las pizarras si no nos atrevemos a ver, tocar, probar, diseñar experiencias, ver qué ocurre, extraer conclusiones, reformular.

La mayoría de nuestros lectores no será químico de alimentos, ni tecnólogo alimentario. Pero sí, durante toda su vida estará en contacto diario con los alimentos. Lo que hemos desarrollado en los capítulos precedentes ha pretendido promover un espíritu inquieto que no acepte sin pensar lo que proponen los medios publicitarios y las modas de turno. Hacer tomar conciencia de que todo lo que ingerimos merece especial atención de quienes consumen o eligen los alimentos, ha sido uno de nuestros objetivos.

Para cerrar este primer contacto, proponemos algunas actividades relacionadas con nuestro día a día que sería bueno que se analicen críticamente, recurriendo tanto a los conocimientos que pueden haber adquirido aquí, como a las competencias comunicacionales y de gestión de la información que les ha brindado su formación toda.

Los desafiamos a que siempre se cuestionen todo cuanto les digan y sean ciudadanos responsables que sepan dónde buscar información confiable y entenderla, para luego elegir en forma adecuada.

Desde la carrera de Ingeniería en Alimentos de la Universidad Nacional de Quilmes, siempre tendremos un espacio y un tiempo para atender vuestras inquietudes.

Buena suerte

● Actividad 1

Hace más de cincuenta años la leche llegaba del campo a Buenos Aires en los famosos “tarros lecheros” contruidos con zinc, que esperaban los lecheros en la estación Constitución para llevar a sus negocios y vender a sus clientes en botellas o “suelta”. Hoy las leches llegan al consumidor en envases inviolables de diferente tipo y se las comercializa a través de almacenes y supermercados. Este cambio implicó el trabajo de muchos científicos y tecnólogos y está asociado a modificaciones en estilo de vida y avances del conocimiento todo.

Se sugiere:

- comparar las características de los dos productos mencionados señalando aspectos referentes a su conservación, higiene, estabilidad del sistema alimentario, accesibilidad, costos, valor nutritivo, usos, consumo y hábitos saludables de vida,
- evaluar el reemplazo de un vaso de leche por una mamadera o vaso de bebidas cola como está ocurriendo en estos momentos en muchos hogares de nuestro país (independientemente de la situación económica de dichos hogares),
- estudiar el impacto de la falta de consumo de leche en niños de hasta un año en su salud física y mental futura,
- investigar lo pertinente o no de alimentar a los niños menores de un año con productos “diet”, por ejemplo leche descremada.

● Actividad 2

La incorporación de aditivos alimentarios es un tema bastante reciente en el mundo de los alimentos. Ya se ha visto el propósito lícito que debe regir toda incorporación de tales aditivos.

Se sugiere:

- investigar en qué medida la población conoce qué son los aditivos alimentarios y las limitaciones de su empleo,
- proponer a las autoridades de los establecimientos de educación a los que concurren, acciones de divulgación acerca de la composición de los alimentos, sus usos, conveniencia de usos, tecnologías etc,
- establecer si es pertinente informar sobre limitaciones en el consumo de determinados aditivos y si la respuesta es afirmativa, proponer a sus docentes de qué manera hacerlo para que llegue de buena forma al interesado,
- explicar cómo se informa y forma a los adolescentes en las escuelas acerca de los temas vistos en este libro y sugerir a las autoridades de sus escuelas, nuevas formas de acceso a información relevante.

● Actividad 3

Ciencias como la química y la física parecieron desenvolverse tradicionalmente confinadas a ámbitos específicos propios aislados de la sociedad a la que se deben. Con el correr del tiempo se han ido integrando y actualmente prima el concepto de CTS (ciencia-tecnología y sociedad) como paradigma de los nuevos tiempos. Han aparecido en los medios de difusión masivo, términos asociados con los alimentos que merecen ser conocidos. En muchos artículos de diarios y revistas se han discutido aspectos vinculados con ellos, no siempre demostrando conocer e informar al consumidor de manera adecuada

Por la relevancia del tema, se sugiere investigar de qué hablamos cuando hablamos de:

- a) alimentos orgánicos,
- b) alimentación crudívora,
- c) productos transgénicos,
- d) producción feed lot de ganado vacuno,
- e) productos certificados,
- f) denominación de origen.

Algunos sitios de referencia para la búsqueda:

<http://www.alimentosargentinos.gov.ar/>

http://www.alimentosargentinos.gov.ar/Ley_25380.htm

http://www.alimentosargentinos.gov.ar/programa_calidad/Marco_Regulatorio/prod_organica.asp

● Actividad 4

A medida que el tiempo ha transcurrido, la variedad de alimentos accesibles a ciertas poblaciones ha ido en aumento. Así se ha visto incrementar y diversificar la oferta de productos que llegan al consumidor, no siempre unida a una adecuada información sobre la temática.

Al respecto se sugiere:

- a) buscar dentro de la oferta actual tres cereales y/o legumbres desconocidos a comienzos del siglo XX y que han sido incorporados a la dieta diaria, analizando los pro y contras de tal inclusión (por ejemplo: quinoa, amaranto).
- b) buscar dentro de la oferta actual tres carnes no tradicionales que se han incorporado a la dieta, analizando los pro y contra de tal inclusión (por ejemplo: ciervo, guanaco, trucha) Tales carnes, ¿son realmente nuevas para toda la población?

(Se sugiere buscar en la historia de los pueblos indígenas del interior de nuestro país alguna guía para las respuestas).

● Actividad 5

El consumidor es “bombardeado” día a día con información, que debe ser analizada debidamente para evaluar cuál es el mensaje aparente y cuál es la verdad que encierra. Por ejemplo, la propaganda de una afamada marca de cervezas hace hincapié en la poca espuma de su producto como atributo de calidad. Entendiendo que la cerveza se obtiene como producto de la fermentación del llamado mosto indirecto (constituido principalmente por maltosa) obtenido a partir de la cebada (cereal) y que una alternativa para elaborar la bebida es sustituir esa fuente de hidratos de hidratos de carbono por jarabes de maíz, obtenidos a partir del almidón, se sugiere analizar las afirmaciones realizadas en la mencionada publicidad respecto a la espuma de esta cerveza (recordar que hemos visto la espuma como propiedad sensorial de las proteínas).

Fuente de referencia para la búsqueda:

Primo Yúfera, E. Química de los Alimentos (1999). Editorial Proeme. España.

● Actividad 6

Los helados son complejos sistemas alimentarios integrados por soluciones, suspensiones y emulsiones. Recordando las propiedades vistas de los ingredientes alimentarios y las soluciones acuosas, sugerimos evaluar por qué es necesario emplear cámaras de temperaturas muy bajas para lograr obtener un buen helado.

Sugerencia

Investigar primero cómo se elabora un helado artesanal para poder comprender el proceso y responder luego de manera adecuada.

● Actividad 7

En algunos jardines de infantes es práctica común ofrecer a los alumnos a media mañana o media tarde, un vaso de “jugo” de naranja obtenido por dilución de los polvos en sobre que se venden comúnmente en nuestro mercado. Analizar esta situación suponiendo que a ese jardín concurre una personita muy allegada al lector (hermano, hijo, sobrino).

Sugerencia

Rever primero lo visto en el capítulo de aditivos alimentarios y leer bien el rótulo de lo que se ingiere.

● Actividad 8

Cuando se está frente a la góndola de un supermercado, analizando la información que se brinda en los rótulos acerca de los ingredientes y concentraciones:

- a) elegir qué sobre de “jugo” comprar,
- b) decidir si comprar un producto light o no (no olvidar los tamaños de las porciones y/o peso de los productos),
- c) decidir si es preferible comprar un chocolate diet o uno común,
- d) comparar el precio y calidad de helados,
- e) comparar productos lácteos,
- f) decidir qué budín es mejor,
- g) prever qué galletita será más sabrosa y cuál más friable,
- h) comparar los productos de panadería.

BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA

Libros: temas generales

1. Badui, S.D., Química de los Alimentos (2006). Ed. Pearson. México.
2. Bello Gutierrez J., Ciencia y tecnología culinaria, Capítulo 2, Díaz de Santos Editor, 1998.
3. Cheftel, J.C, Cheftel, H. Bioquímica de los Alimentos, Tomo I y II (1992). Ed Acribia. España.
4. Código Alimentario Argentino. Disponible en la web:
<http://www.anmat.gov.ar/CODIGOA/CAA1.HTM>
5. Coenders, A. Química culinaria. Estudio de lo que le sucede a los alimentos antes, durante y después de cocinados. (1996) Ed Acribia. España.
6. Coultate, T.P. Manual de Química y Bioquímica de los alimentos (1998). Ed Acribia. España.
7. Cubero N., y otros, Aditivos Alimentarios, (2002), Ed Mundiprensa, España
8. Fennema, O. Química de los Alimentos (2000). Ed Acribia. España.
9. Linden, G., Lorient, D. Bioquímica agroindustrial. Revalorización alimentaria de la producción agrícola (1996). Ed Acribia. España.
10. Ordóñez, J.A. Tecnología de los Alimentos. Volumen I. Componentes de los alimentos y procesos (1998). Ed. España
11. Ordóñez, J.A. Tecnología de los Alimentos. Volumen II. Alimentos de origen animal (1998). Ed Síntesis. España.
12. Pilosof, A.M.R, Bartholomai, G.B. Caracterización Funcional y Estructural de Proteínas (2000). Ed Eudeba. Argentina.
13. Primo Yúfera, E. Química de los Alimentos (1999). Editorial Proeme. España.
14. The Nuffield Foundation, Química avanzada Nuffield. Ciencia de la alimentación, capítulo 2, Editorial Reverte

Libros: temas específicos

1. Ashlimme E., La leche y sus componentes. Propiedades química y físicas (2002), Ed Acribia, España.
2. Hosney R., Principios de ciencia y tecnología de los cereales (1991), Ed. Acribia, España.
3. Quaglia. G., Ciencia y tecnología de la panificación (1991), Ed Acribia, España.
4. Marginet Campos J.L, Rembado, F. M Guía de aplicación de Buenas Prácticas de Manufactura. Extracción de aceite de oliva., en:
http://www.alimentosargentinos.gov.ar/programa_calidad/calidad/guias/Guia_BPM_Aceite_de_Oliva.pdf
5. Varnam A., Leche y productos lácteos (1995), Ed Acribia, España.
6. Veisseyre R., Lactología técnica (1988) Ed Acribia, España.

Páginas web:

http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/schmidt02/parte07/02.html, visitada por última vez el 01/12/08.

http://www.mecon.gov.ar/secdef/basehome/alimentacion_saludable.pdf, visitada por última vez el 01/12/08.

<http://www.who.int/foodsafety/chem/en/>, visitada por última vez el 01/12/08.

<http://www.inta.es/descubreAprende/Hechos/Hechos09.htm>, visitada por última vez el 01/12/08.

http://www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/apicola/01_info/e_consumidor/Miel_01.htm, visitada por última vez el 01/12/08.