COLEGIO DE BACHILLERES

DIRECCIÓN DE PLANEACIÓN ACADÉMICA

COORDINACIÓN DEL SISTEMA DE ENSEÑANZA ABIERTA

QUÍMICA III

FASCÍCULO VI

FERMENTACIÓN

Alejandro Bello Morales
Javier Núñez Chávez

INTRODUCCIÓN

En todas las civilizaciones, las transformaciones en los aspectos económico y social han sido consecuencia, desde hace varios siglos, del empleo de nuevas y mejores técnicas de desarrollo.

El adelanto técnico partió del conocimiento de los fenómenos físicos –en especial mecánicos– y químicos. A través del tiempo, el hombre se ha valido de medios mecánicos para cazar, navegar, cosechar o construir viviendas; y de medios químicos para curtir, ahumar, salar y abonar. También conocía procedimientos biológicos que actualmente nos parecen muy modernos, es decir, la intervención de microorganismos con finalidades prácticas; por ejemplo, la fermentación del alcohol, la elaboración de queso y pan, que son transformaciones bioquímicas llevadas a cabo por enzimas.

El conocimiento de los métodos para obtener determinados productos por la acción de la fermentación sobre ciertas sustancias ha sido un arte transmitido de generación en generación. Hoy es un campo vasto, que involucra a ciencias como la Bacteriología, la Bioquímica, la Fisicoquímica, las Matemáticas y la Ingeniería, y que se conoce ya como Ingeniería de la Fermentación.

Desde el punto de vista económico, la fermentación es sumamente importante: en todos los países se fabrican grandes cantidades de bebidas alcohólicas a partir de jugos de frutas y vegetales; y en la elaboración del pan se utiliza la levadura, que ayuda a fermentar los almidones y azúcares de la harina de trigo. Existen hongos de levaduras y bacterias que pueden digerir petróleo, transformándolo en albúmina, lo cual se aprovecha en la alimentación humana o animal. Actualmente es posible purificar millones de litros de aguas negras utilizando métodos bioquímicos.

Sin embargo, algunas veces la fermentación es indeseable: para evitar la putrefacción los alimentos deben mantenerse en lugares fríos o en refrigeración, donde las bajas temperaturas impiden el desarrollo de bacterias, levaduras y mohos. De igual forma se preservan los alimentos matando los agentes de fermentación por medio de calor –medios químicos– o bien, cerrando herméticamente los envases en que se conservan.

La fermentación fue y será uno de los procesos bioquímicos siempre presentes en la historia de la humanidad y con toda probabilidad sobrevivirá aún más allá de la evolución natural del hombre mismo.

¿Por qué se dice que la fermentación puede ser perjudicial y a la vez beneficiosa para nuestra vida? ¿Por qué algunas sustancias se fermentan con mayor o menor facilidad que otras? ¿Qué clase de microorganismos puede producir la fermentación? ¿Qué culturas antiguas utilizaron los procesos de fermentación para elaborar sus bebidas y alimentos? ¿Qué industrias de nuestro país utilizan procesos de fermentación para fabricar sus productos?

Conforme vayas desarrollando el estudio de este fascículo podrás responder a cuestiones como éstas y algunas otras más.

FERMENTACIÓN

GENERALIDADES

La fermentación es todo proceso bioquímico en el que se transforman ciertos materiales orgánicos en productos de estructura molecular menos compleja, con la influencia de microorganismos específicos llamados enzimas.

Teóricamente, toda célula viva –puesto que posee enzimas– es capaz de realizar ciertas fermentaciones. Los microorganismos que provocan estos procesos son esencialmente bacterias y hongos inferiores (levadura y mohos).

Hay tres clases principales de fermentación: alcohólica, acética y putrefactiva; por ejemplo, los jarabes de frutas se hacen alcohólicos cuando se les agrega una levadura que contiene una enzima llamada zimasa. Durante este proceso el azúcar se descompone en alcohol y se desprende dióxido de carbono (CO_2). El vino y la sidra se transforman en vinagre cuando está presente cierta bacteria, el *Bacterium aceti*, llamada madre de vinagre. La carne y las sustancias animales se descomponen cuando ciertos mohos se forman en ellas.

La fermentación presenta dos modalidades: una en la cual algunos microorganismos la efectúan en ausencia de oxígeno, proceso anaerobio; y otra donde los microorganismos la afectan en presencia de oxígeno, proceso aerobio. En sentido estricto, una verdadera fermentación es anaerobia, es decir, sin la participación del oxígeno atmosférico.

Originalmente, la palabra fermentación fue aplicada para explicar los procesos naturales de putrefacción acompañados de producción de gases, limitándose más tarde sólo a las fermentaciones alcohólica y láctica.

El *Lushi*, un libro chino de la dinastía Sung (500 años d. C.), relata que el emperador Shen Mung, en el siglo XXVIII a. C., fue el primero en enseñar al pueblo chino a cultivar *Ma* (cáñamo) para elaborar tejidos. El proceso supone la fermentación de la peptina, uno de los constituyentes del armazón de las plantas.

La palabra fermentación es de origen latino (*fervere*, hervir), y en sentido estricto se ha usado para designar la transformación del jugo de uva en vino. La historia de la fermentación se comprende mejor dando una ojeada rápida a la historia de la fermentación alcohólica.

El estudio comparado de bebidas y alimentos fermentados presenta un amplio campo de investigación de tipo etnobiológico y bioquímico, ya que por un lado se pueden esclarecer nexos entre los pueblos de determinada área geográfica, y, por otro, establecer la importancia del papel desempeñado por ciertos hongos y su correlación con las bacterias presentes en sistemas ecológicamente equilibrados. Así, se pueden estudiar las diferentes técnicas de elaboración de fermentados en sus diversas etapas de evaluación, desde el más primitivo uso de los jugos de los frutos silvestres y las savias de los vegetales, hasta la más moderna elaboración de vinos de frutas, cervezas y bebidas destiladas de granos.

La elaboración de la cerveza, por ejemplo, presenta diferentes etapas de evolución tecnológica; las cervezas más antiguas se preparaban con las técnicas de insalivación y exsalivación. En un grado cultural más avanzado se encuentran las cervezas de malta, producidas por los pueblos de la zona mesopotámica como son los babilonios, sumerios y los egipcios; o bien, las cervezas del tipo Tsiu-Jin, originarias del continente asiático, preparadas con arroz cocido; y la cerveza lupulada cuyo origen más probable se localiza en Europa oriental. Así, las cervezas contienen lúpulo que sirve como preservador del mosto contra fermentaciones indeseables, además le da un agradable sabor amargo y estimulante.

El gusto por el sabor dulce ha sido siempre una de las grandes pasiones de numerosas especies animales y de la raza humana. Diversos estudios nos hablan sobre disputas entre hombres y animales salvajes en la recolección de flores, frutos y mieles de las savias de ciertos árboles y palmeras, como sucede aún entre algunos pueblos nómadas.

Es muy antiguo el acto de "sangrar" al árbol o a la palmera para obtener el líquido dulce de sus tallos, para fermentarlo y convertirlo en una sustancia embriagante; las bebidas de savia fermentada aparecen en el inicio de la vida del hombre primitivo. Desde tiempos prehistóricos, en la faja prenórdica de Europa y América se empleaban las savias de los árboles (arces, abedules, castaños, hayas y robles) para hacer vino de savia.

El aprovechamiento del jugo vegetal fermentado no se limitó a las regiones septentrionales prenórdicas, sino que aparece difundido en el área tropical, algunas veces obtenido directamente de los frutos, otras de la savia dulce de los troncos de las palmeras. Tal es el caso de la palmera *acuri*, de cuya savia obtienen los indígenas sudamericanos (guató) una bebida siempre fermentada, la *chicha*, debido a los numerosos insectos que allí suelen hacer sus enjambres y por la manera en que los indígenas reinoculan en forma involutaria los gérmenes que fermentan con las cañas de succión.

De importancia para nosotros es la "palmera del vino" mexicana, el *coyol* (*acrocomia mexicana*), que constituye desde la más remota antigüedad un recurso alimenticio para ciertos grupos indígenas de México. La pulpa y la semilla de esta planta se aprovechan como alimento; con la cubierta externa fibrosa se elaboran anillos y cuentas de rosario, y se utiliza mucho como planta ornamental. El vino obtenido de la savia es la bebida favorita de los pueblos de la costa del Pacífico. En el estado de Guerrero, se encuentra el licor de savia de coco, obtenido mediante un proceso implantado por los colonizadores españoles desde las Filipinas, ya que la palmera del coco, *Cocus nucifera*, no es nativa de este continente. Los indígenas no tuvieron dificultad en asimilar la técnica asiática para aprovechar el licor fermentado del jugo de los cocos, ya que desde siglos atrás practicaban la cosecha de la savia de los magueyes.

La extracción del *necutli* de los aztecas, llamado aguamiel por los españoles, obtenido de la savia de los magueyes (*Agave atrovirens*), presenta una técnica semejante a la que utilizan los indígenas guató al obtener su vino de palma. El proceso consiste en "quebrar" el maguey cuando presenta su más alto grado de madurez –de 4 a 6 años–, entonces el llamado "tlachiquero" hace una incisión *meiolote* en la yema central del maguey, perforando y picando periódicamente. Lo deja en reposo durante 3 o 4 meses y después, por medio de un *acotli* –pipeta gigante en forma de calabaza alargada–, succiona el líquido de la savia. Durante este proceso el tlachiquero inocula bacterias que inician una actividad fermentativa inmediata. Por otra parte, los insectos, sobre todo moscas, se encargan de diseminar los microorganismos fermentativos. Tanto en el aguamiel como en el *tlachique*, que es el pulque joven, existe predominio de las bacterias sobre las levaduras. Esto nos muestra que una fermentación bacterial inicial es fundamental para obtener un buen pulque.

Es de suponer que el pulque de los antiguos mexicanos se destinaba a las fiestas religiosas y consistía en un mero tlachique, esto es, un *nécutli* apenas en principio de fermentación, con un grado mínimo de alcohol, o un pulque sin inoculación de levaduras. En la actualidad es sólo una bebida adulterada y embriagante, un producto del comercio, muy diferente en su consumo de lo que fue para los antiguos mexicanos, quienes lo utilizaban también como alimento y como medicina.

El tequila y el mezcal también se obtienen del agave (*agave tequilina* y *agave mexicana*). Ambas bebidas son el resultado de la destilación, introducida por los españoles, de los fermentados indígenas encontrados en las regiones que ahora conocemos como Jalisco y Oaxaca.

Así, podríamos mencionar bebidas y alimentos fermentados tales como las mieles obtenidas del jugo de la caña; de los conseguidos de la miel de abeja; de panes primitivos como el *caviri* del Perú, el *idli* de la India; bebidas de jugos de frutas, bebidas de grano; conservación de alimentos mediante el uso de la miel, etcétera.

El estudio de la fermentación a través de la historia de los pueblos es amplio e interesante.

Como hemos visto, estos procesos acerca de la fermentación se conocen desde tiempos muy primitivos, aun cuando su explicación científica es relativamente moderna. Por ejemplo, hasta el siglo XVIII se averiguó que el azúcar, durante la fermentación, se descomponía en alcohol y dióxido de carbono; sin embargo, se ignoraba por completo la actividad que desempeñan las levaduras durante ese proceso.

Al principio se creyó que el azúcar se fermentaba, que el vino se agriaba o que la carne se descomponía, todos por sí mismos. Investigadores como Antonio Van Leeuwenhoek, Erxleben, Cagniard de La Tour, Schwann, Küsing, Schulze, etc., descubrieron la importancia de las levaduras y establecieron la teoría vitalista de la fermentación.

Teodoro Schwann (1810-1882) formuló el concepto de *ferventum vivum*. Al realizar minuciosos estudios sobre las células de levadura sostuvo que ésta empleaba el azúcar para su alimentación, eliminando componentes inútiles en forma de alcohol y de gas carbónico; descubrió una importante levadura, la *Saccharomyces Cerevisiae*, que es la causante de la fermentación alcohólica.

La teoría vitalista fue duramente combatida por el químico Justus von Liebig (1803-1873), quien dio una explicación química al fenómeno de la fermentación, ocasionando gran polémica en el mundo científico de aquella época dada la gran influencia que ejercía.

Luis Pasteur (1822-1895), biólogo francés del siglo XIX, dio la primera explicación de que las levaduras eran organismos unicelulares que producían enzimas y que la fermentación no acontecía si no estaban presentes células vivas. Entre 1857 y 1862 demostró que las levaduras causaban la fermentación normal del vino y la cerveza; explicó que, por la descomposición de la molécula de azúcar en ausencia de aire, se pone energía a disposición de las células de levadura, de la misma manera que se produce energía en los tejidos de los animales y las plantas que respiran para satisfacer sus necesidades metabólicas. Asimismo, descubrió que el calentamiento destruye las levaduras naturales que causan los cambios durante la fermentación.

El emperador Napoleón III comisionó a Pasteur averiguar qué arruinaba la calidad del vino francés. Los análisis revelaron que a 55° C era posible destruir los microbios sin afectar al vino, dando origen al ahora llamado proceso de pasteurización, que se utiliza actualmente con gran éxito en la industria del vino, la cerveza y la leche.

Al principio se creía que la fermentación del azúcar se relacionaba con la alimentación de las células de la levadura, pero no fue así. La explicación de Pasteur fue modificada por Eduard Büchner (1860-1917), quien demostró que la fermentación de los azúcares se producía por un grupo de sustancias contenidas en ellos. A este grupo o mezcla catalizadora de sustancias se les dio el nombre de fermentos, *enzimas* o zimasa. Los trabajos de Büchner demostraron que las fermentaciones –como la acética y láctica– podían conseguirse en ausencia de células vivas. En la actualidad se admite que las enzimas o fermentos de los microorganismos son los que producen los cambios químicos en las sustancias fermentables. Una célula, que tal vez pesa menos de una diezmillonésima de gramo, contiene docenas de diversas enzimas, pues la mayor parte de su actividad vital se debe a reacciones enzimáticas.

Las enzimas son moléculas tipo proteínas conjugadas, producidas por células vivas que poseen la facultad de

catalizar reacciones específicas sin ser consumidas en el proceso y sin convertirse en una parte de los productos formados.

Actualmente se admite que la presencia de células vivas no es necesaria para la fermentación, ya que este proceso es causado por sustancias químicas (llamadas enzimas) producidas por las células. Las fermentaciones pueden efectuarse fuera de la célula con extractos enzimáticos libres de células, pero el proceso es lento; por lo tanto, y para propósitos prácticos, las células vivas son necesarias.

El término fermentación se aplica hoy en día al grupo de cambios químicos causados por microorganismos vivos que actúan sobre materiales orgánicos. Las bacterias, levaduras y mohos se han usado durante cientos de años en la preparación de alimentos, bebidas, textiles y pieles; pero no fue sino hasta el siglo XIX cuando los químicos orgánicos utilizaron la fermentación en forma científica para elaborar sustancias.

Desde 1940 la industria de la fermentación ha tenido un crecimiento considerable: los microorganismos dirigidos por influencia humana ejecutan funciones y procesos importantes, necesarios en nuestra vida diaria, como la formación del alcohol industrial (metílico), alcohol etílico, butanol-acetona, ácido láctico, producción industrial panadera, penicilina y otros antibióticos, riboflavina y otras vitaminas; resultado de los procesos microbianos.

CLASIFICACIÓN DE LAS FERMENTACIONES

Los procesos de fermentación se clasifican en diversos tipos:

- *Sustrato*, la fermentación se efectúa sobre los carbohidratos, proteínas y grasas. La de los carbohidratos es la más común e importante porque cada proceso recibe un nombre; por ejemplo: fermentación del almidón, fermentación de la fructuosa, etcétera.

- *Producto agrícola* o *subproducto industrial*, sobre el cual actúa el organismo; por ejemplo, fermentación de papas, de granos, de harina, de café, etcétera.

- *Compuestos formados,* por ejemplo, fermentación alcohólica significa obtención del alcohol; fermentación láctica es la obtención del ácido láctico, etcétera.

- *Tecnología empleada*, según sea se presenta: fermentación intermitente, continua y semicontinua.

- *Consistencia del sustrato,* el proceso es líquido si el cultivo está sumergido, o sólido si la fermentación se lleva a cabo sobre la superficie del sustrato.

- *Origen* y *pureza del organismo*, consiste en la inoculación de un cultivo en el medio esterilizado con determinadas características; fermentación espontánea se refiere a los microorganismos, cuando éstos se encuentran *in situ*: los contaminantes son eliminados por las condiciones ambientales, predominando uno solo; fermentación de cultivo mixto es la actuación de más de una especie de microorganismos sobre la materia prima.

- *Ausencia* o *presencia de aire*, son fermentaciones anaeróbicas o aeróbicas. Muchos procesos aerobios no son verdaderas fermentaciones, sino respiración aeróbica o biosíntesis.

REACCIONES GENERALES SOBRE FERMENTACIÓN

La fermentación presenta diversas modalidades: las bacterianas son distintas a las que se efectúan en las células que sistemáticamente son aerobias, aunque algunas realizan la fermentación solamente en ausencia de oxígeno, tal es el caso de la fermentación alcohólica, butírica, fórmica, sulfhídrica y dentrificante. Otras reacciones se llevan a cabo si existe oxígeno, el proceso se llama aeróbico u oxibiótico; así tenemos la fermentación acética, nitrosa y nítrica. Finalmente, existen otras fermentaciones que se producen independientemente de la presencia o ausencia de oxígeno; por ejemplo, la fermentación láctica y amoniacal. Los hongos, ciertas bacterias, así como las células vegetales que comúnmente son aeróbicas, originan la fermentación alcohólica; y en las células de los animales se efectúa la fermentación láctica.

Durante la fermentación, una molécula de glucosa ($C_6H_{12}O_6$) puede dar dos moléculas de alcohol etílico y dos moléculas de dióxido de carbono, o bien, únicamente dos moléculas de ácido láctico:

Fermentación alcohólica: $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2CH_3CH_2OH + 2CO_2 + 42\ kJ$

Fermentación láctica: $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2CH_3 - \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}} - COOH + 44\ kJ$

En medio anaerobio la levadura se halla en condiciones poco favorables, pues del proceso que se efectúa sólo se desprenden 42 kJ; su desarrollo es lento en comparación con el que se obtiene en medio aerobio, pues en este caso, al desdoblarse la glucosa en presencia de oxígeno se desprenden 2 820 kJ:

Oxidación aeróbica: $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6H_2O + 6CO_2 + 2\,820\ kJ$

A través de las reacciones de fermentación anteriores se ha comprobado que:

1. La energía que se libera durante las oxidaciones aeróbicas es mucho mayor que la liberada por los procesos de fermentación.

2. El microbio que lleva a cabo la fermentación necesita descomponer gran número de moléculas a través de una serie de pasos muy complejos, y son los productos principales: el etanol, el bióxido de carbono, la glicerina y el ácido succínico. Por ejemplo, por cada 100 gramos de sacarosa se obtiene:

Alcohol etílico	51.1 g
Bióxido de carbono	49.2 g
Glicerina	3.4 g
Ácido succínico	0.67 g

La suma rebasa los 100 gramos pues interviene también el agua. Pero, además se obtienen otras sustancias intermedias entre las que se encuentran los ácidos difosfórico, fosfoglicérico, pirúvico y aldehído acético.

3. El organismo que provoca la reacción de fermentación utiliza sólo una mínima parte de la energía liberada para el mantenimiento de su vida normal, mientras que la mayor parte de la energía de la reacción se pierde en forma de calor.

4. La fermentación alcohólica exige la presencia de fosfatos, ya que éstos catalizan la actividad del fermento

zimasa, el cual produce el desdoblamiento de la glucosa.

5. La cantidad de los productos obtenidos en la fermentación es proporcional a la rapidez con que se efectúa la reacción; si es ésta rápida se forma gran cantidad de alcohol y CO_2 (productos principales). Si la reacción es lenta se producen en menor proporción los productos principales, apareciendo productos secundarios como la glicerina y el ácido succínico.

6. Ciertas sustancias hidrocarbonadas, como la goma arábiga y el tanino, cuando se agregan a las cubas de fermentación aceleran ésta y la reproducción de las levaduras.

FERMENTOS

El aspecto más importante de la fermentación es la utilización de los microorganismos apropiados, dicho término limita la elección de un microorganismo no sólo a uno que pueda efectuar la reacción deseada, sino al que pueda realizar el cambio bioquímico necesario en poco tiempo, para producir el máximo rendimiento con un mínimo de atención. El organismo aprobado debe mantener su actividad de una generación a otra, ya que la reproducción de los microorganismos es esencial en casi todos los procesos microbianos. Por lo general, los cultivos de bacterias, levaduras y mohos se encuentran en colecciones de cultivos científicos, ya sea en laboratorios gubernamentales, universidades, o bien, en las colecciones privadas de los fabricantes que conservan cepas apropiadas para determinados procesos, seleccionadas con esmero y mantenidas en secreto debido a sus propiedades tan especiales.

Entre las miles de especies de microorganismos que efectúan uno u otro tipo de fermentación, se utilizan sólo unos cuantos debido a su alto grado de eficiencia para llevar a cabo el proceso deseado. Cada enzima es altamente específica con respecto de la sustancia o sustancias sobre las cuales actúa y de la reacción que cataliza; así, algunas cepas de *Penicillium chrysogenum* producen 100 veces más penicilina que otras. Se conocen centenares de especies de levaduras, bacterias y mohos que producen alcohol, pero sólo tres se utilizan industrialmente en la elaboración de este producto –*Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces ellipsoideus* y *Schizosaccharomyces pombe*; por su rapidez en la fermentación, por su concentración elevada de azúcar y su gran rendimiento de alcohol obligan a usarlas más que otras. Por ejemplo, cepas especiales de *Saccharomyces ellipsoideus* (levadura de vino) toleran y producen 20% de alcohol, mientras que otras dejan de fermentar en presencia del 12% de alcohol.

Algunos microorganismos ofrecen más de una aplicación industrial; tal es el caso de las levaduras, con las cuales se pueden producir alcohol y glicerol, fabricar pan, y, además, son fuentes de proteínas, vitaminas y enzimas; otro ejemplo sería el moho *Aspergillus niger*, que se usa para elaborar ácidos cítrico, glucónico, oxálico y amilasa, y en la síntesis de vitaminas. La levadura común *Saccharomyces cerevisiae*, se utiliza en todo el mundo para elaborar de todos los tipos de cerveza.

ACTIVIDAD

1. Llena un vaso a la mitad con peróxido de hidrógeno (agua oxigenada).
2. Coloca dentro del vaso una rodaja de papa cruda.
3. Observa lo que sucede.

Resultado: Se desprenden burbujas.

¿Por qué? _____

CONTROL DE LA FERMENTACIÓN

Aunque los microorganismos ejecutan funciones positivas en nuestra vida diaria, también desempeñan un papel negativo en la descomposición y fermentación de los alimentos y bebidas, pues causan pérdidas tanto en la industria como en nuestro organismo. Es por ello que el hombre ha tenido que idear métodos para evitar o controlar la fermentación, según le convenga.

El principio básico para la preservación de alimentos es fundamentalmente el mismo: crear dentro del alimento –temporal o permanentemente– condiciones adversas al desarrollo de gérmenes que puedan causar la descomposición. Así, por ejemplo, el refrigerar, calentar o desecar un alimento, lo convierte en un medio desfavorable para el desarrollo de microorganismos.

Los procedimientos que sigue la industria para controlar la descomposición de los alimentos que procesa son muy variados y dependen generalmente de la naturaleza del producto. Sin embargo, se pueden mencionar los siguientes:

Limpieza

La materia prima utilizada para el producto se debe lavar lo mejor posible para eliminar toda suciedad superficial.

Temperaturas altas

La gran sensibilidad de las bacterias al calor es la base de este método y es el más seguro para la preservación de los alimentos. Así, se han creado los siguientes métodos:

1. *Pasteurización*. El producto alimenticio se calienta a una temperatura por debajo del punto de ebullición, se mantiene allí durante un tiempo determinado y luego se enfría rápidamente. Así, se preservan jugos de frutas, cerveza, vino y leche.

2. *Ebullición*. Para conservar frutas y algunos vegetales ácidos guardados en recipientes de vidrio o lámina.

3. *Enlatado*. La destrucción de todas o casi todas las bacterias se logra al someter el producto a altas temperaturas y manteniéndolo en condiciones que impidan el ingreso de otras bacterias. El procedimiento supone por lo general los siguientes pasos: limpieza, escaldado, vacío o precalentamiento, cierre hermético del recipiente, calentamiento por el método usual de vapor a presión y enfriamiento. De esta manera se preservan vegetales, leche, carne en envases de hojalata o en vasos de vidrio.

Temperaturas bajas

1. *Refrigeración o enfriamiento*. La acción bacteriana se retarda, pero no se evita, así se conservan alimentos como vegetales, frutas, bebidas, carne, productos lácteos, etcétera.

2. *Congelación lenta*. Este método es poco utilizado, ya que el producto no se conserva en buenas condiciones por mucho tiempo.

3. *Congelación rápida*. Este método consiste en la inmersión rápida del alimento en un líquido refrigerante, tal como la salmuera del cloruro de calcio ($CaCl_2$). El producto no queda estéril, pero contiene pocos

microorganismos vivos. Este procedimiento se usa para conservar carne, fruta, vegetales, crema helada, etcétera.

Preservativos químicos

La conservación de los alimentos por el uso de preservativos químicos se utiliza cada vez menos ya que se cuenta con mejores métodos y por el hecho de que a la larga éstos causan daño. En diferentes épocas se han utilizado los siguientes productos químicos:

- *Dióxido de azufre* (SO_2). Es uno de los pocos preservativos legalmente permitido que se usa para conservar el color natural de las frutas secas y evitar su descomposición. Para las bebidas alcohólicas, especialmente los vinos, se utilizan el ácido sulfuroso y los sulfuros.

- *Acido bórico* (H_3BO_3). En algún tiempo se utilizó, pero actualmente está prohibido en la mayor parte de los países, pues se comprobó que es venenoso si se ingiere en grandes cantidades.

- *Nitrato de sodio* ($NaNO_3$) (salitre). Pequeñas cantidades de nitrito de sodio ($NaNO_2$) se añaden a las soluciones salinas en las carnes en conserva. El ácido benzoico y los benzoatos se usan para la conservación de los vegetales.

Durante algún tiempo la práctica de añadir formol a la leche y a la crema fue común. Ahora está prohibida por la ley.

En el ahumado de la carne se añaden pequeñas cantidades de creosota por la combustión de madera o por inyección directa de la misma.

Las especies y los aceites esenciales se utilizan en pasteles de frutas, carne molida, etc. Se sabe que las especies contienen propiedades germicidas considerables.

Los ácidos presentes en forma natural en los alimentos, como el vinagre y la leche agria, sirven como preservativos.

Desecación

Este método supone la extracción de la humedad a un punto tal que impide el desarrollo bacteriano y la actividad enzimática. Así se conservan las frutas secas (orejones), pasas, carne salada (cecina), quesos, semillas, etcétera.

ACTIVIDAD

1. Corta una manzana por la mitad.
2. Pulveriza una tableta de vitamina C y esparce el polvo sobre la superficie de una de las mitades de la manzana.
3. Deja reposar ambas mitades de manzana y después de una hora observa la diferencia que hay entre ellas.

Anota tus observaciones y explica qué le sucede a cada una de las mitades de la manzana:

_____

_____

A continuación te expondremos algunos tipos de fermentación, sus resultados y usos en la vida diaria.

FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

Desde la antigüedad se conoce que los azúcares simples se degradan en alcohol. Los egipcios estaban familiarizados con el arte de fermentar los jugos de frutas para obtener bebidas alcohólicas; además eran capaces de evitar alteraciones posteriores conservando el líquido en jarras de oro. En Grecia adoraban a *Baco* como "Dios del vino". En Mesoamérica, en particular entre los mexicas, el pulque u *octli* fue una bebida ritual, ya que se utilizaba para fiestas e importantes ceremonias religiosas. En la actualidad se consume y forma parte del folklor mexicano.

La fermentación tan conocida y apreciada por los pueblos antiguos fue explicada en tiempos posteriores. Gay Lussac (1810) demostró que la relación de fermentación alcohólica puede representarse así:

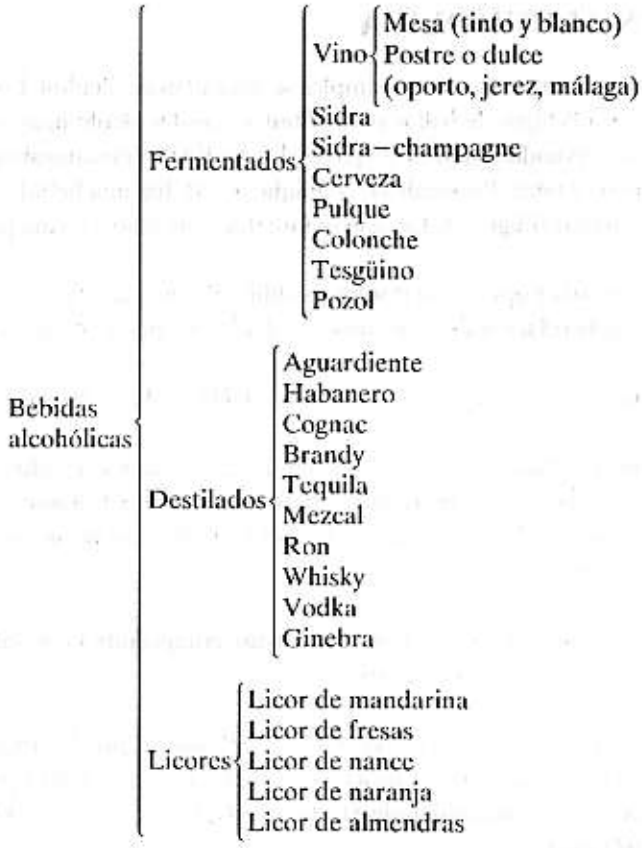
$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2CH_3 - CH_2 - OH + 2CO_2$$

Cincuenta años más tarde (1860) Pasteur señaló que la fermentación producida por las células vivas de la levadura es un proceso anaeróbico, pues no requiere la participación del oxígeno atmosférico, o lo que es igual, que las levaduras pueden, a través de este proceso, obtener de la glucosa la energía requerida, en otras palabras, *La vie sans air*: "La vida sin aire".

La descripción de la fermentación hecha por Gay Lussac comprende la reacción total, pero no muestra el mecanismo bioquímico a través del cual transcurre.

El dióxido de carbono (CO_2) y el etanol (CH_3-CH_2-OH) son los productos principales de la fermentación alcohólica, pero se descubrió que durante el proceso fermentativo se hallaban presentes otros compuestos en cantidades pequeñas tales como el acetaldehído ($CH_3 - CH$), glicerol ($CH_2 - OH_2$ $CH.OH.CH_2.OH$), ácido pirúvico ($CH_3-CO.COOH$) y otros.

Por lo tanto, la fermentación alcohólica es un proceso en el que ciertos microorganismos transforman un sacárido en alcohol etílico. A partir de este procedimiento y de la materia prima particular se pueden obtener las siguientes bebidas alcohólicas:



BEBIDAS ALCOHÓLICAS FERMENTADAS

Las bebidas alcohólicas fermentadas son las que se obtienen de la fermentación alcohólica de mostos de frutas y otros vegetales, con o sin adición de mostos concentrados y alcohol etílico después de la fermentación. Cuando contienen dióxido de carbono (CO_2) reciben el nombre de gasificantes o espumosos.

Cerveza. Se obtiene por fermentación del mosto de malta (cebada germinada), con un agregado que es el lúpulo.

Vino. Resulta de la fermentación de la uva fresca o del mosto de uva. Se puede clasificar en varios tipos: vino tinto, vino blanco, vino espumoso, etcétera.

Sidra. Se obtiene de la fermentación alcohólica del mosto de manzanas frescas industrialmente sanas con la adición del mosto de peras. Pueden gasificarse y azucararse posteriormente.

En nuestro país tenemos bebidas fermentadas como el pulque u *octli*, el *colonche*, el *tesgüino* y el *pozol*.

Pulque. Se obtiene de la fermentación del mosto del aguamiel, utilizando la flora natural de aguamiel.

Colonche. Bebida alcohólica roja de sabor dulce obtenida por fermentación espontánea del jugo de tuna cardona.

Tesgüino. Esta bebida de bajo contenido alcohólico se obtiene por la fermentación de maíz germinado y molido, al que se agregan plantas y corteza para ayudar a la fermentación.

Pozol. Bebida de bajo contenido alcohólico, se obtiene por la fermentación de una mezcla de maíz cocido, nixtamal molido y cacao.

BEBIDAS ALCOHÓLICAS DESTILADAS

Son las que contienen alcohol por destilación o destilación-rectificación; se clasifican en:

Aguardiente. Bebida alcohólica obtenida de la destilación especial de mosto de frutas y jugos vegetales frescos sometidos a fermentación alcohólica. La destilación especial se realiza en un alambique de caldera o columna de rectificación parcial, para obtener un producto con determinadas características como son bouquet, aroma, etcétera.

Cognac (brandy). Aguardiente obtenido de la destilación especial de vinos y su posterior añejamiento en barricas de roble.

Ron. Destilado que se obtiene de la fermentación alcohólica de la caña de azúcar ya sea en estado natural (guarapo) o concentrado (miel, panela o piloncillo) y se añeja en barricas de madera.

Whisky. Aguardiente obtenido de la destilación especial de la fermentación alcohólica de la malta (cebada germinada), adicionando otros granos. Se añeja en barricas de roble y se mezcla con alcohol neutro.

Vodka. Se obtiene por destilación doble especial de la fermentación alcohólica de centeno, maíz y a veces trigo.

Tequila. Se obtiene de la destilación-rectificación del mosto preparado del agave o maguey tequilero que se somete a fermentación alcohólica con levaduras propias del maguey.

Mezcal. Aguardiente obtenido de los mostos del maguey (*Agave esperrim jacobi*) ocurre fermentación alcohólica, con o sin levaduras propias del maguey.

LICORES

Son bebidas que no corresponden ni a los destilados ni a los fermentados ya que se elaboran mediante la extracción de la esencia de las frutas por maceración con alcohol. Para realizar una fermentación se deben seguir los siguientes pasos :

Materia prima. Disponible comercialmente, se transforma por la acción de microorganismos; y por lo general son:

- Productos agrícolas
- Residuos agrícolas
- Subproductos industriales

Productos agrícolas. Éstos se dividen en tres grupos: frutas, tubérculos y cereales. Las frutas son: uvas, manzanas, ciruelas, cerezas, tuna cardona; los tubérculos: papas, camotes o remolacha, y los cereales: maíz, centeno, trigo, cebada, sorgo y arroz. Otros productos agrícolas son: el maguey o *Agave atrovirens*, *Agave tequiliana* y la caña de azúcar.

Subproductos industriales. En este grupo podemos mencionar: las melazas; las aguas sulfitadas de la pulpa de la madera; el líquido de maceración del maíz; el suero de la leche; la grenetina; la harina de pescado; agua de rastro (sangre), y las vísceras de animales como el: hígado, corazón y otros.

Antes de exponerlas a la acción microbiana, las materias primas se someten a tratamientos físicos y químicos para obtener un sustrato apropiado para el organismo y, al mismo tiempo, eliminar otros microorganismos que compitan con los útiles.

El mosto

Se denomina mosto a la solución formada por una fuente de carbono, como azúcares, melazas o jarabes; fuentes de nitrógeno y fósforo. Además, sales inorgánicas y otros nutrientes mezclados con agua.

Fuente de nitrógeno y fósforo

El nitrógeno y el fósforo desempeñan un papel importante para que los microorganismos crezcan. Se utilizan como fuente de nitrógeno: sales de amonio, urea y nitratos. Como fuente de fósforo tenemos al fosfato de amonio y al fosfato monobásico de amonio.

MICROORGANISMOS FERMENTATIVOS

Los microorganismos que ayudan a llevar a cabo la fermentación alcohólica son los siguientes: levaduras *Sacchoromyces cerevisiae*, *Saccharomyces ellipsoideus*, *Saccharomyces carsbergenesis* y *Canida tropicalis*.

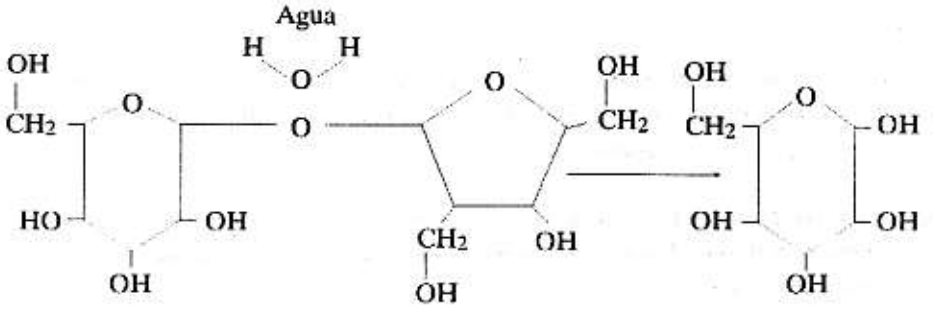
pH del mosto. Es otro factor que determina el camino de la fermentación, es decir, que el proceso se determina por un pH óptimo para obtener un máximo de producción de alcohol.

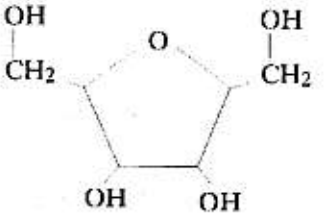
Inóculos. Es cualquier cantidad de microorganismo recientemente preparado que sirve como iniciador para la fermentación de sustrato o mosto. Los microorganismos se propagan rápidamente y completan la acción deseada en tiempo límite.

Fermentadores. Son depósitos construidos de madera, cobre y acero inoxidable que son abiertos o cerrados con sistemas de aeración y agitación para los procesos aeróbicos; presentan un sistema de calentamiento que permite controlar la temperatura, lo cual se logra por medio de serpentines interiores que conducen agua caliente o vapor cuando se desea elevarla, o bien, agua fría para bajar la temperatura de la mezcla sometida al proceso de fermentación.

Fermentación. En esta etapa se agrega al mosto el inóculo, que es una cantidad de microorganismos vivos que se usan para iniciar el proceso bioquímico. En esta etapa es necesario regular aquellos factores que pudieran alterarla como son: pH, la temperatura y la cantidad de microorganismos presentes durante la fermentación. Aproximadamente después de ocho días el proceso se detiene (fermentación primaria) y el líquido se pasa a cubos o barricas para que la fermentación continúe lentamente a baja temperatura (fermentación secundaria).

En esta etapa, la sacarosa disacárido formada por dos monosacáridos (glucosa y fructosa):

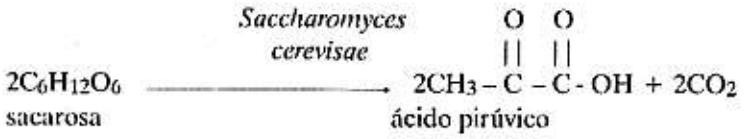




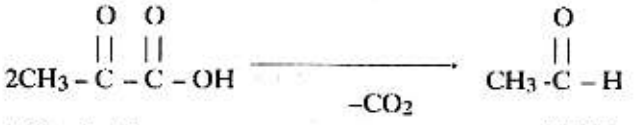
Fructosa

se transforma en alcohol etílico. El mecanismo de esta transformación es:

Primera etapa: oxidación



Segunda etapa: reducción





Este mecanismo se conoce como ciclo de fermentación de *Embdenmeyer hof*. Tras analizar los mecanismos de la reacción podemos decir que es un proceso de óxido-reducción.

PROCESO INDUSTRIAL DE LA FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

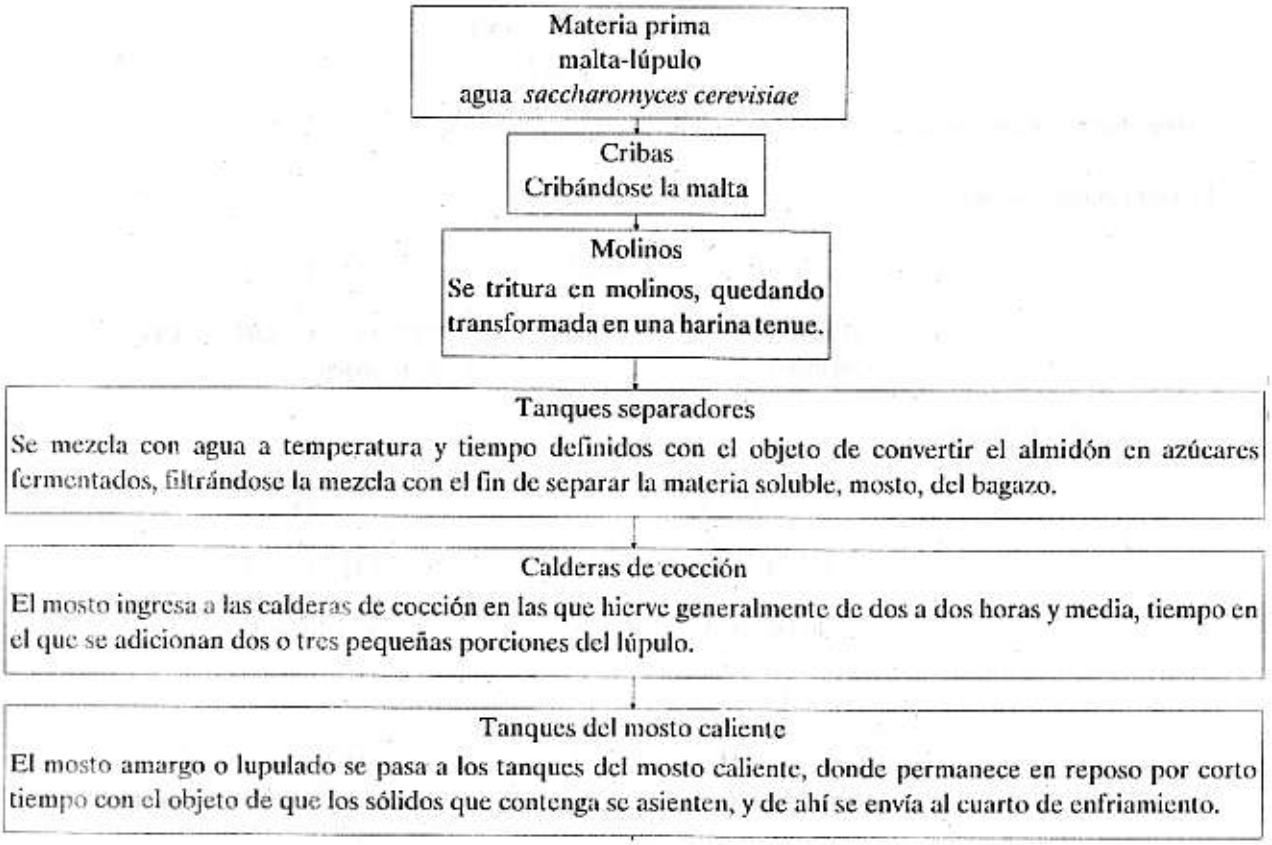
Cerveza

En el México precolombino existían ciertas bebidas que, dentro de lo rudimentario de su preparación, tenían similitud con la cerveza. Una de ellas era el *tesgüino* (de color ámbar, más denso que ligero), y que se bate con un molinillo antes de beberse, para que levante espuma.

Otra de estas bebidas era el *sendecho*, del que decía Orozco y Berra, era semejante a la cerveza de los antiguos germanos, sólo que éstos utilizaban la cebada en lugar del maíz, y del que –aseguraban los cronistas– daba vigor al cuerpo, quitaba males y no embriagaba.

Consumada la Independencia existían en diversas ciudades de México pequeñas fábricas de cerveza, entre las que destacaron la de Pila Seca y La Candelaria, fundadas y administradas por extranjeros. En la actualidad existen en el país 17 fábricas establecidas en 11 estados de la república.

Diagrama de flujo de la elaboración de la cerveza



Enfriadores

En este recinto cerrado en el que circula aire previamente filtrado y esterilizado, se hace descender la temperatura del mosto de 70° C a 6° C, con lo cual su pureza es completa.

A la vez se logra la aereación necesaria para que la levadura, una célula pequeñísima de forma ovalada cuyo tamaño varía entre 6 y 10 mil micras, actúe normalmente en el siguiente proceso.

Tanques de fermentación

Éste es el paso más importante de la fermentación, en el cual, por la acción de la levadura, los azúcares del mosto se transforman en alcohol y gas carbónico. Esto significa que la dosis de alcohol que contiene la cerveza mexicana (3.4% por peso aproximadamente) no es una sustancia extraña que se le agregue, sino que es resultado natural de una de las etapas del proceso de elaboración.

Tanques de reposo

Terminada la fermentación –de 7 a 12 días–, se lleva la cerveza a los tanques de maduración, donde permanece en reposo absoluto de seis semanas a tres meses, hasta adquirir su peculiar transparencia, requisito que los consumidores desde la antigüedad han exigido perentoriamente.

Tanques de filtración

Se somete a un nuevo proceso de filtración con lo cual queda lista para envasarse, ya sea en botellas, en barriles o en latas.

Embotelladoras

Las tres clases de recipientes se utilizan en México, pero la botella es la más favorecida en proporción de un 8.7%, contra un 2.2% que se envasa en barriles y un 10.6% en latas.

Pasteurizadora

De modo similar a la leche, la cerveza se pasteuriza en la etapa final de su elaboración. Este proceso se lleva a cabo sometiendo al producto embotellado a una temperatura de 62° durante 20 minutos, con el fin de eliminar las bacterias que pudieran haber entrado y se suprimen las causas de cualquier alteración microbiana.

Etapa final

El resultado es una bebida homogénea cuya pureza y carácter eminentemente sano están garantizados en todas las fases del proceso de elaboración.[1]

[1] Breverman, J.B.S.: *Introducción a la bioquímica de alimentos*. Omega, Barcelona.

FERMENTACIÓN LÁCTICA

LECHES FERMENTADAS

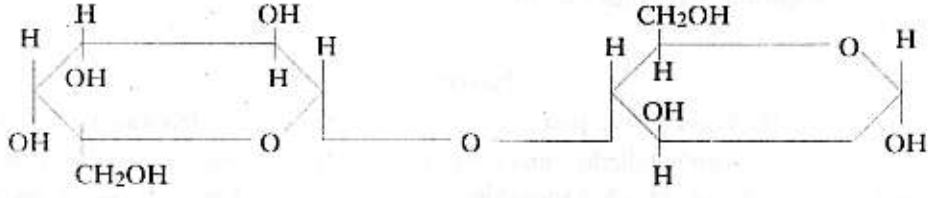
Desde antes que se conociera la existencia de los microorganismos, se practicaba el agriado de la leche fresca para preservarla y obtener otra bebida de sabor agradable, aunque diferente a la leche natural. En la *Biblia* se menciona el uso común de estas leches fermentadas, para ello se dejaban crecer espontáneamente los microorganismos productores de ácido láctico, que contiene normalmente la leche, inoculando leche fresca con una pequeña porción de leche fermentada de buena calidad.

La divulgación de las leches fermentadas en los pueblos de occidente es un interesante episodio que se remonta a los primeros tiempos de la microbiología, gracias al trabajo del bacteriólogo ruso Elías Metchnikoff. Este investigador observó que la gente de los países balcánicos alcanzaba una edad avanzada extraordinaria y lo atribuyó a su costumbre de consumir habitualmente leches fermentadas. Supuso que muchas de las dolencias humanas eran consecuencia de la absorción de productos catabólicos procedentes de los microorganismos proteolíticos, que son huéspedes normales del tracto intestinal, y dedujo que, bebiendo leches fermentadas, los bacilos productores de ácido láctico contenidos en estas leches se implantarían en el intestino y desplazarían a la flora proteolítica que necesita un medio alcalino para desarrollarse.

Metchnikoff difundió esta teoría de la longevidad y suscitó gran interés por la importancia dietética de las leches fermentadas.

Lactosa

Es el más importante carbohidrato de la leche. Se forma por una molécula de glucosa y otra de galactosa, las cuales por hidrólisis pueden separarse.



glucosa galactosa

La lactosa es el factor que mayor importancia tiene en:

1. El control de la fermentación y madurado de productos lácteos.
2. La contribución al valor nutritivo de la leche y sus subproductos.
3. Se relaciona con la textura y solubilidad de ciertos alimentos congelados.
4. Desempeña un papel importante en el color y sabor de productos tratados a altas temperaturas.

MICROORGANISMOS UTILIZADOS EN LA FERMENTACIÓN ESPECÍFICA DE LA LECHE

La acidificación es la más común y es causada por la transformación de lactosa en ácido láctico por la acción de enzimas producidas por microorganismos. Los más importantes de éstos en la producción de ácido láctico son:

a) Streptococcus lactis: Gram-positivo, se encuentran principalmente en pares o pequeñas cadenas. Están presentes en casi toda leche y cuando las condiciones les son favorables atacan la lactosa y producen ácido láctico, principalmente, el cual da el sabor ácido y causa la precipitación de la caseína. Crecen a temperatura de 10 a 38° C, pero más favorablemente de 18.3° C a 23.9 °C.

b) Streptococcus cremoris

c) Leuconostoc citrovorum ácido láctico.

d) Leuconostoc dixtranicum ácido acético, alcohol etílico, CO_2.

Otro grupo que produce ácido láctico es el de los *lactobacillus* cuya forma es de bastoncitos, gram-positivo, sin mutilidad, sin esporas, los principales son:

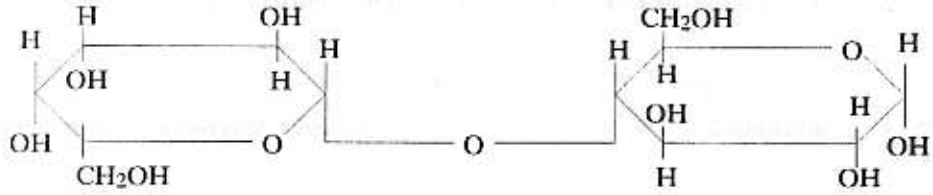
1. *Lactobacillus casei* (maduración del queso).
2. *Lactobacillus acido philus*.
3. *Lactobacillus bulgaricus*.
4. *Lactobacillus plantarum*.
5. *Lactobacillus fermenti*.
6. *Lactobacillus thermophilus*.

Los microorganismos 2, 3, y 4 son importantes en la elaboración de ácido láctico.

MECANISMO DE FERMENTACIÓN DE LA LACTOSA

Se lleva a cabo en varias etapas, de las cuales sólo mencionaremos las siguientes:

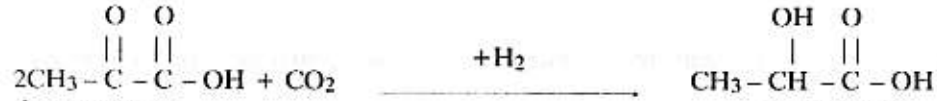
Primera etapa: oxidación



Lactosa

Lactobacillus bulgaricus

Segunda etapa: reducción



Ácido pirúvico

Ácido láctico

Yoghurt

YOGHURT

Este producto, también conocido como leche cuajada búlgara, puede prepararse con leche de cabra, de oveja y de burra, aunque en nuestro país se utiliza la de vaca. La fermentación del yoghurt se produce por la acción de dos fermentos lácticos: el *Lactobacillus bulgaricus* y el *Streptococcus termophilus*.

Microbiología del yoghurt

El *Lactobacillus bulgaricus* es una bacteria láctica que se desarrolla entre 45 y 50°C, acidificando el medio. Forma

hasta 2.7% de ácido láctico en la leche. El *Streptococcus termophilus* se multiplica de 37 a 40°C, y se desarrolla a 50°C, es menos acidificante que la especie precedente. Ambos gérmenes son microaerófilos y soportan muy bien los medios ácidos (pH de 4 a 4.5).

¿Cuáles son las funciones de estos microorganismos en la preparación del yoghurt? Al iniciar la fabricación, el pH de la leche es favorable a los *Streptococcus* donde éstos predominan y realizan la fermentación láctica.

El aroma característico del yoghurt era atribuido exclusivamente al desarrollo del estreptococo. En la actualidad se insiste en que los lactobacilos dan el aroma. El acetaldehído es uno de los principales componentes del aroma del yoghurt.

Elaboración del yoghurt

Materia prima
Leche entera, leche desnatada, dos partes de leche mezclada con una de las partes de leche evaporada.
↓
Microorganismos
Streptococcus thermophilus, Lactobacillus bulgaricus.
↓
Pasteurizado de la leche
Calentarla a 84-85° C durante unos segundos, o a 44° C durante 15 minutos; enfriar a 45° C
↓
Siembra de microorganismos
Con temperatura de 45° C se adiciona 2 a 3% de cultivo que debe contener *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus.*
↓
Agitación
Se mezcla la leche con el cultivo.
↓
Envasado
Se envasa rápidamente en recipientes, se cierran y se incuban a 40 o 50° C de 5 a 7 horas en una estufa.
↓
Enfriado
Se enfriará a menos de 10° C para obtener la acidificación, la cual debe ser de 0.65 a 0.70 % en el yoghurt natural.
↓
Yoghurt con sabor a frutas o con frutas
Para prepararlo con sabor a frutas se le agregan esencias de extractos naturales de plátano, limón, fresa, melón etc., en el momento de la siembra de moho a la leche.
Para el yoghurt con frutas se le agrega ésta, previamente tratada, cuando está coagulado y batido en frío.

ACTIVIDADES DE CONSOLIDACIÓN

PRÁCTICA DE LABORATORIO NÚM. 8

Procesos fermentativos

Objetivo

Aplicar tus conocimientos sobre fermentación en la elaboración de una bebida alcohólica con el propósito de que valores la aplicación de la Química en la obtención de productos

Nota: Para esta actividad se proponen dos procesos fermentativos: alcohólico y láctico. El profesor deberá elegir uno de ellos.

Cuestionario de conceptos antecedentes

¿Qué es la fermentación? _____

_____

¿Cuál es la sustancia fermentable en el jugo de frutas como: uva, piña, manzana, etcétera? _____

_____

¿Cuál es el nombre del jugo acondicionado para la fermentación? _____

_____

¿A qué se le llama inóculo? _____

_____

¿Qué importancia tienen los procesos fermentativos? _____

_____

¿Cuál es la diferencia entre fermentación anaerobia y aerobia? _____

_____

Enlista los diferentes tipos de fermentación _____

_____

Hipótesis

Lee cuidadosamente la práctica antes de contestar:

¿Qué sustancias se transformarán durante el proceso de fermentación? _____

_____

Material

1 agitador de vidrio	1 franela
1 anillo de hierro	1 pinzas para bureta
1 balanza granataria	1 mortero con pistilo
1 cuchillo	1 tela de alambre con asbesto
1 coladera grande	1 termómetro de –10 a 400°C
1 matraz de destilación	1 vaso de precipitados de 250 ml
2 mangueras para refrigerante	1 refrigerante recto
1 mechero Bunsen	1 soporte universal
1 pipeta graduada de 10 ml	1 frasco claro de tres litros con tapa
~~1 pinzas de 3 dedos~~	1 manguera de látex (45cm)
1 pinzas de Hoffman	2 tapones de hule núm. 3.5 o 4

1 gradilla.

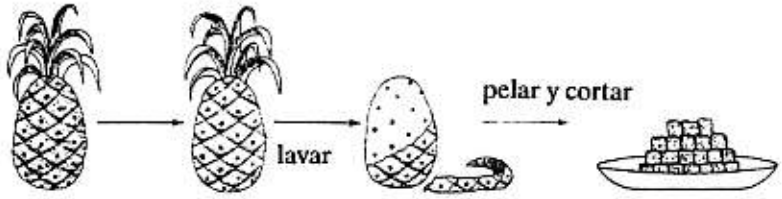
1 tela de cielo → gasa.

Sustancias

Agua hervida	2 l	Disolución de hidróxido de bario al 2%	100 ml
Azúcar	100 g	Cáscaras de piña	250 g
Piloncillo	300 ml	Jugo de piña natural	330 ml
Reactivos de Fehling A y B	6 ml	papel pH → p-01	

Procedimiento

1. Lavar, pelar y hacer trocitos de aproximadamente 2.5 cm de la cáscara y de la pulpa de piña, a continuación comprime la pulpa hasta obtener el jugo.



2. Mezclar el jugo, las cáscaras, el piloncillo, el azúcar y dos litros de agua en un frasco de boca ancha de tres litros de capacidad, previamente lavado.



el mosto { jugo de piña, cáscara de piña, piloncillo, azúcar, agua

3. A la tapa de este frasco –que hará las veces de un fermentador– se le adapta un tramo de 45 cm de manguera de hule látex de 4 mm de diámetro y unas pinzas de Hoffman tal como lo indica la siguiente figura:



4. Se tapa y se agita vigorosamente la mezcla y del sobrenadante se transfieren dos porciones de 3 ml cada uno a dos tubos de ensayo –ya numerados.

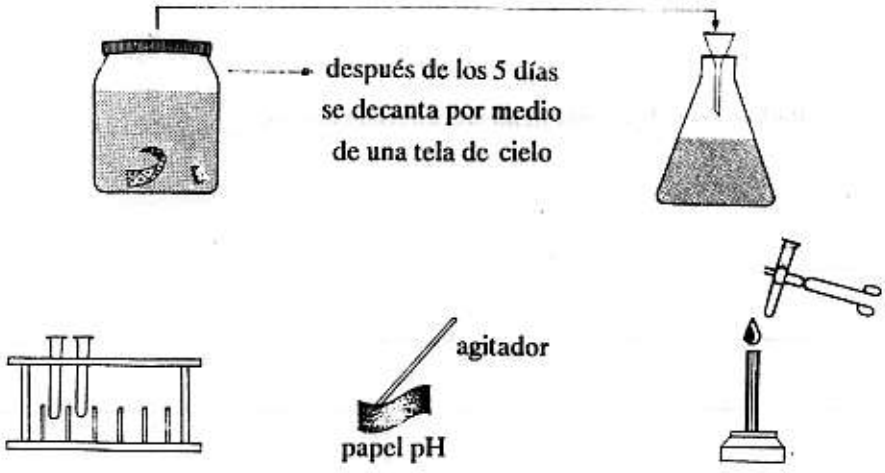
Del tubo 1 se toma una gota con el agitador de vidrio y se coloca sobre una tira de papel pH a fin de determinar su valor.



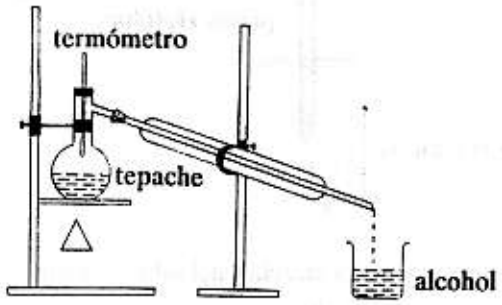
Al tubo 2 se le agregan 1.5 ml de cada uno de los reactivos de Fehling (A y B), se agita y se calienta suavemente a fin de detectar la presencia de azúcares reductores.



5. Después de tapar el frasco y dejar fermentar durante cinco días, se decanta el sobrante y se filtra con una manta de cielo; al líquido obtenido de nuevo se le determinan el pH y de azúcares reductores.



6. Para separar el alcohol que contiene el fermentado se efectúa una destilación, desechando las primeras y las últimas gotas del destilado. (El alcohol destila por encima de los 78°C.)



Nota. Debido a la dificultad que presenta esta actividad, se recomienda realizarla en dos sesiones: la primera para obtener el fermentado y la segunda para determinar el porcentaje de alcohol.

Guía de observaciones

¿Qué aspecto presenta el mosto preparado? _____

_____

¿Qué indica la presencia de azúcares reductores antes de la fermentación? _____

_____

¿Qué pH se presenta antes y después de la fermentación? _____

_____

¿A qué temperatura destiló el etanol? _____

_____

Conclusión

Compara tus resultados con la hipótesis y elabora las conclusiones _____

_____

_____

_____

_____

_____

PRÁCTICA DE LABORATORIO NÚM. 9

Fermentación láctica

Objetivo

El alummno conocerá el proceso de fabricación del yoghurt con el objeto de elaborarlo con una técnica adecuada en el laboratorio.

Cuestionario de conceptos antecedentes

¿Cuál es la sustancia fermentable en la leche? _____

¿Cuántos tipos de leches fermentadas conoces? _____

¿Cómo se prepara el inóculo? _____

Hipótesis

Lee cuidadosamente tu práctica antes de contestar.

¿Qué sustancias se transforman durante el proceso de fermentación? _____

_____

_____

Material

Vaso de precipitados de 1 000 ml o
Matraz Erlenmeyer de 1 000 ml
Agitador de vidrio
Termómetro de –10 a 400°C
Baño maría
Mechero Bunsen
Tripié
Tela de alambre con asbesto
Probeta de 100 ml
Frasco de vidrio de 100 ml
Caja térmica con foco o estufa

Sustancias

Leche entera	1 litro
Leche evaporada	1 litro
Leche en polvo	1 litro
Yoghurt natural (comercial)	1 vasito

Procedimiento

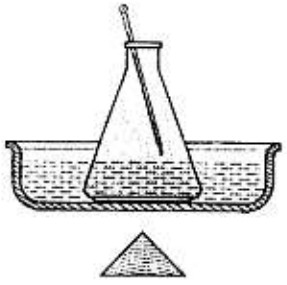
a) Lavar perfectamente el material y enjuagarlo con agua hervida.

b) Hervir la leche si es de establo. Si ésta es evaporada, hacer la mezcla con agua hervida en la proporción que marque el recipiente; si es en polvo diluir 500 g en un litro de agua hervida.

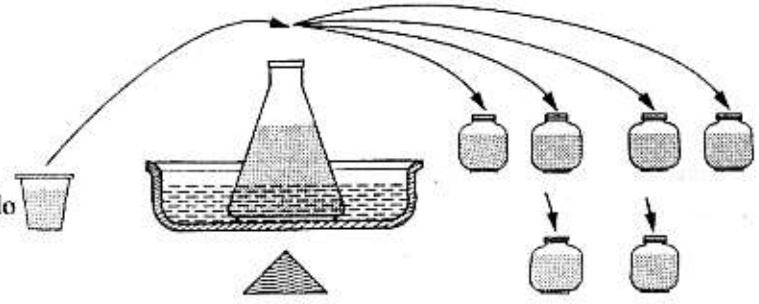


leche

c) Calentar la leche entre 40 a 45° C en baño maría y mantener la temperatura constante.

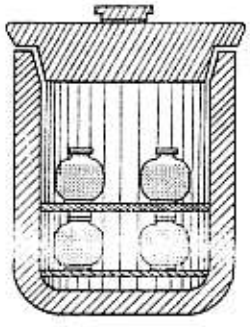


d) Preparar el inóculo: del yoghurt natural tomar la mitad, agregarlo a la leche, agitar suavemente y vaciar el contenido en los frascos limpios y taparlos.



yoghurt natural inóculo

e) Colocar los frascos en la estufa y mantener constante la temperatura de 30°C y dejar reposar de 4 a 8 horas. La estufa se puede sustituir por una caja térmica colocando en el centro un recipiente con agua caliente a una temperatura mayor de 50°C.



la estufa se puede sustituir
con una caja térmica (hielera)
colocando en el centro un recipiente
con agua caliente a una temperatura
mayor de 50° C

f) Después de ocho horas, sacar los frascos de la estufa o de la caja térmica y colocarlos en refrigeración. El yoghurt está listo para el consumo.

Guía de observaciones

¿Por qué es necesario hervir la leche de establo? _____

¿Por qué es importante mantener la temperatura a 30°C? _____

¿Qué otros productos se obtienen de la fermentación láctica? _____

_____

¿Por qué es necesario dejar en absoluto reposo los frascos con yoghurt? _____

_____

Conclusión

_____

_____

_____

ACTIVIDADES DE GENERALIZACIÓN

I. Anota dentro del paréntesis la letra que corresponda a la respuesta correcta.

1. La fermentación que se lleva a cabo en ausencia de oxígeno se denomina:

a) Anaerobia.
b) Oxidativa.
c) Aerobia.
d) Biosintética. ( )

2. En el proceso de fermentación, los azúcares se utilizan como fuente de:

a) Lípidos.
b) Carbohidratos.
c) Ácidos.
d) Enzimas. ( )

3. En la fermentación de la sacarosa se obtiene:

a) Alcohol etílico.
b) Alcohol butílico.
c) Ácido láctico.
d) Ácido acético. ( )

4. La fermentación en presencia de oxígeno se denomina:

a) Alcohólica.
b) Aeróbica.
c) Alcalina.
d) Anaeróbica. ( )

5. Un ejemplo de levadura es el microorganismo llamado:

a) Penicillium notatum.
b) Lactobacillus bulgaricus.
c) Aspergillus niger.
d) Saccharomyces cerevisiae. ( )

6. Se denomina inóculo a:

a) El control del pH en el proceso de fermentación.
b) Una cantidad determinada de microorganismos.
c) La solución de azúcares en agua.
d) Los compuestos que aceleran el crecimiento de los microorganismos. ( )

7. Entre los bacilos utilizados para la fermentación láctica se tiene:

a) Saccharomyces ellipsoideus.
b) Bacterium orleanense.
c) Penicillum notatum.
d) Lactobacillus delbrueckii. ( )

8. El azúcar que se fermenta en la fabricación de la cerveza es la:

a) Lactosa.
b) Pentosa.
c) Hexosa.
d) Sacarosa. ( )

9. Entre los bacilos de los procesos aeróbicos para la fermentación acética están:

a) Lactobacillus bulgaricus.
b) Bacterium orlenense.
c) Aspergillus niger.
d) Saccharomyces ellipsoideus. ( )

10. Las flores que dan aroma y sabor a la cerveza se llaman:

a) Cebada.
b) Lúpulo.
c) Levadura.
d) Malta. ( )

11. El contenido alcohólico aproximado de la cerveza mexicana es de:

a) 2.4%.
b) 3.4%.
c) 8%.
d) 1.8%. ( )

12. El proceso de la germinación de la cebada se conoce como:

a) Tamizado.
b) Madurado.
c) Tostado.
d) Malteado. ( )

13. La carbonatación de la cerveza permite:

a) Enfriar más rápido el producto.
b) Oxidar los azúcares no fermentados.
c) Mejorar el sabor.
d) Clarificar el producto. ( )

14. El proceso de fermentación del corazón del maguey es de tipo:

a) Acético:
b) Láctico.
c) Butírico.
d) Alcohólico. ( )

15. El vino se obtiene industrialmente por:

a) Esterificación.
b) Sacarificación.
c) Fermentación.
d) Hidrólisis. ( )

16. ¿Cuál de los siguientes ácidos es obtenido por la fermentación del vino?

a) Ácido butílico.
b) Ácido cítrico.
c) Ácido acético.
d) Ácido láctico. ( )

17. La destilación del mosto fermentado del grano de centeno produce:

a) Ron.
b) Vodka.
c) Brandy.
d) Ginebra. ( )

18. Aguardiente obtenido por la fermentación de jugo de frutas:

a) Vodka.
b) Ginebra.
c) Tequila.
d) Brandy. ( )

19. El microorganismo llamado *Lactobacillus* se utiliza para la fermentación:

a) Láctica.
b) Butírica
c) Alcohólica.
d) Acética. ( )

20. La elaboración del yoghurt es un ejemplo de fermentación:

a) Láctica.
b) Alcohólica.
c) Acética.
d) Cetónica. ( )

II. Escribe sobre la línea la respuesta correcta

1. La sacarosa es un disacárido formado por dos monómeros: glucosa y _____ .
2. La fermentación se efectúa en un tiempo aproximado de _____ horas.
3. En los procesos aerobios, además de las levaduras y bacterias, están los _____ .
4. La siguiente ecuación: $C_6H_{12}O_6$ levaduras $2\ C_2H_5\ OH\ +\ 2CO_2$ representa una fermentación de tipo _____ .
5. El alcohol etílico tiene múltiples aplicaciones; por ejemplo, para la fabricación del ácido _____ ; como disolvente en la fabricación de _____ ; en medicina como _____ .
6. El ácido acético es un producto de la fermentación de tipo _____ .
7. Las _____ son catalizadores bioquímicos que intervienen en la fermentación.
8. Los _____ son sustancias que detienen el crecimiento de las bacterias y los hongos, destruyéndolos.
9. Un azúcar fermenta en presencia de oxígeno, por medio de la levadura, dando como productos finales CO_2 y _____ .
10. La materia prima principal en la elaboración de la cerveza es: _____.
11. La _____ es un conjunto de células vegetales que fermentan a los líquidos azucarados.
12. El _____ es la flor que da sabor característico a la cerveza.
13. El proceso de fermentación de la cerveza es de aproximadamente _____ días a una temperatura de 13° C.
14. En la fermentación de la _____ se obtienen principalmente productos lácticos.
15. El mecanismo de la formación del ácido láctico se representa mediante la siguiente reacción: _____
16. El _____ es el destilado alcohólico que se obtiene de un mosto fermentado de granos de centeno, trigo o malta.
17. El _____ es el destilado del jugo fermentado de caña de azúcar.
18. El aguardiente obtenido por la fermentación del mosto fermentado de la papa es llamada _____ .
19. La ginebra se obtiene principalmente por la fermentación del mosto de los granos de _____ .
20. El _____ es el destilado alcohólico que se obtiene del mosto de la uva.

III. Desarrolla los siguientes temas:

1. Describe el concepto de fermentación.

2. ¿Cuáles son los dos tipos de fermentación que se conocen, según esté ausente o presente el aire?

3. Escribe el significado de los siguientes términos:

a) Enzima
b) Inóculo
c) Fermento
d) Sustrato
e) Levadura
f) Microorganismo
g) Mosto
h) Proteína
i) Moho
j) Bacteria

4. Anota el nombre de cinco microorganismos utilizados en la fermentación.

5. Completa la siguiente ecuación: $C_6H_{12}O_6$ Ferment. $\xrightarrow{\quad}$ _____ + _____.

6. Para la ecuación del inciso anterior calcula:

a) Litros de alcohol que se obtienen de 15 kg de glucosa.
b) Kilogramos de alcohol obtenidos a partir de 100 kg de glucosa.
c) Litros de dióxido de carbono que se producen a partir de 50 kg de glucosa en condiciones normales.
d) Kilogramos de CO_2 obtenidos de 25 kg de glucosa.

7. Anota 10 ejemplos de materias primas utilizadas para la fermentación.

8. Realiza el diagrama de flujo de la fabricación de la cerveza

9. Menciona cinco materias primas utilizadas en la fabricación de la cerveza.

10. Escribe el nombre de tres industrias cerveceras mexicanas.

11. Mediante un diagrama describe el proceso de fabricación del vino.

12. ¿Qué microorganismo provoca la fermentación del vino?

13. Qué diferencia hay entre:
Brandy y vino
Cognac y brandy
Ron y ginebra
Tequila y pulque

14. ¿Qué microorganismo permite la producción de la leche búlgara?

15. Explica el mecanismo que permite la fabricación del yoghurt.

LINEAMIENTOS DE AUTOEVALUACIÓN

I.

1. *a)*	6. *b)*	11. *c)*	16. *c)*
2. *b)*	7. *d)*	12. *d)*	17. *d)*
3. *a)*	8. *d)*	13. *c)*	18. *d)*
4. *b)*	9. *b)*	14. *d)*	19. *a)*
5. *d)*	10. *b)*	15. *c)*	20. *a)*

II.

1. Fructuosa
2. Seis
3. Mohos
4. Alcohólico
5. Acético; pinturas y barnices; solvente de drogras
6. Acético
7. Enzimas
8. Antibióticos
9. Alcohol
10. Malta
11. Malta
12. Lúpulo
13. Seis a nueve
14. Leche
15. $C_6H_{12}O_6$ (hexosa) enzima $2C_3H_6O_3$ (Ác. pirúvico) H_2 $2C_3H_6O_3$ (Ác. láctico)
16. El aguardiente
17. Ron
18. Vodka
19. Centeno
20. Brandy

GLOSARIO

Ácido láctico. Ácido hidroxipropiónico; se origina en la fermentación de la lactosa.

Aeróbico. Proceso microbiológico que se lleva a cabo en presencia de aire.

Aguardiente. Líquido obtenido por la destilación de jugos de frutas o granos fermentados.

Amilasa. Fermento que convierte el almidón en azúcar.

Anaeróbico. Proceso fermentativo que se lleva a cabo en ausencia de oxígeno.

Antibiótico. Sustancia que detiene el crecimiento de las bacterias y los hongos, destruyéndolos.

Biodegradable. Sustancia que puede descomponerse por la acción de sistemas enzimáticos de bacterias u otros organismos.

Bioquímica. Parte de la Biología que estudia la constitución y procesos químicos dentro de los seres vivos.

Biosíntesis. Síntesis de cualquier sustancia verificada en el seno de un organismo vivo.

Biotecnología. Empleo de las células vivas para la obtención de productos útiles. Comprende principalmente la tecnología de la fermentación.

Brandy. Destilado del vino de uva.

Carbohidratos o hidratos de carbono. Complejos de polisacáridos que, al ser hidrolizados en medio ácido, generalmente producen azúcares sencillos o monosacáridos.

Endoenzimas. Enzimas que actúan dentro de la célula y se utilizan para la respiración, asimilación y crecimiento de la célula.

Enzima. Compuesto químico que se encuentra en las células vivas y que cambia la velocidad de sus reacciones químicas.

Fermento. Microorganismo capaz de producir fermentaciones en condiciones anaerobias.

Ginebra. Bebida obtenida por la destilación del mosto fermentado del grano de centeno con bayas de enebro.

Inóculo. Microorganismo preparado artificialmente para iniciar la fermentación de un sustrato.

Lactosa. Disacárido presente en la leche de los mamíferos.

Levadura. Agregación de células vegetales que provocan la fermentación en los líquidos azucarados.

Lúpulo. Flor empleada para dar a la cerveza su característico sabor amargo y su agradable aroma.

Malta. Granos de cebada germinados artificialmente.

Melaza. Caldo viscoso que queda tras la cristalización del azúcar, que aún contiene sacarosa en cantidad aprovechable.

Microbiología. Ciencia que estudia a los microorganismos.

Microorganismo. Microbio. Ser celular microscópico que resulta indispensable para mantener el equilibrio de los elementos vitales en los procesos naturales.

Moho. Hongo que vive sobre las sustancias en descomposición.

Mosto. Caldo o líquido fermentable.

Oxidación. Reacción de un elemento o sustancia con oxígeno.

Pasteurización. Esterilización parcial por calentamiento a 62° C durante 30 minutos de alimentos líquidos como leche, cerveza, etc., fácilmente dañables por el calor.

pH. Factor que mide el grado de acidez de una sustancia.

Putrefacción. Proceso aerobio de la degradación de la materia orgánica por la acción de bacte s y hongos, originándose dióxido de carbono, amoniaco, ácido sulfhídrico y muchos otros compuestos.

Ron. Destilado del jugo fermentado de caña de azúcar.

Sacarosa. Disacárido de fórmula $C_{12}H_{22}O_{11}$. Es el azúcar de la caña o de remolacha.

Sustrato. Sustancia objeto de transformación en una reacción enzimática.

Vino. Jugo de uvas fermentado.

Vitamina C. Ácido ascórbico.

Vodka. Aguardiente obtenido por la destilación del mosto fermentado de la fécula de papa.

Yoghurt. Producto lácteo obtenido de la fermentación de la leche.

Zimasa. Complejo de enzimas que catalizan la fermentación al formar bióxido de carbono y etano a partir de la hexosa.