

BIOTECNOLOGÍA

Concepto y aplicaciones.

No resulta fácil dar una definición sencilla y clara de biotecnología. Según el Convenio sobre Diversidad Biológica de 1992, la biotecnología podría definirse como "toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos".

Una definición más sencilla e igualmente válida es: En términos generales la biotecnología es el uso de organismos vivos o de compuestos obtenidos de organismos vivos para obtener productos de valor para los humanos.

5 Los microorganismos se emplean para obtener alimentos



Fermentador industrial. Son depósitos de diferente capacidad en los que existe un medio de cultivo y un sistema de palas o impulsor que mezcla este medio de cultivo con los microorganismos.

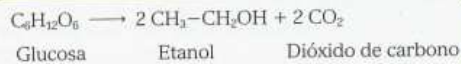


Fermentador de Frings. Es un recipiente de madera relleno de virutas de madera o serrín inoculadas con las bacterias del ácido acético; sobre las virutas va goteando constantemente el medio de cultivo y existe una corriente de aire continuo que las atraviesa. El ácido acético producido se va acumulando en el fondo del fermentador.

La **biotecnología microbiana** emplea diferentes técnicas industriales que utilizan microorganismos como base para la obtención de productos como vacunas, antibióticos o alimentos. Los microorganismos utilizados deben tener un crecimiento rápido, en el menor tiempo posible, y resistir el cultivo a gran escala.

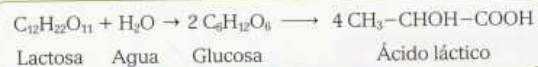
En el caso de la **industria alimentaria**, se emplea la capacidad fermentativa de muchos microorganismos para conseguir alimentos. Algunos microorganismos realizan transformaciones químicas en las que las moléculas orgánicas se degradan de forma incompleta generando un compuesto orgánico más sencillo, sin intervención de una cadena respiratoria y sin gasto de oxígeno. Se trata de **fermentaciones anaerobias**. Las fermentaciones a escala industrial se llevan a cabo en los **fermentadores** y los principales productos que se obtienen son:

- **Etanol.** Las levaduras del género *Saccharomyces* obtienen etanol degradando de forma incompleta moléculas de glucosa, mediante la **fermentación alcohólica**:



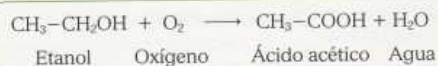
Las bebidas que se obtienen por fermentación alcohólica son: el vino, de la fermentación del azúcar de la uva; la sidra, de la fermentación de la manzana; y la cerveza, de la fermentación de semillas de cebada. Las bebidas destiladas se obtienen por fermentación en caliente y la posterior concentración del etanol producido mediante la destilación, con lo que se obtiene una bebida con mayor grado alcohólico, como el *whisky*, el ron y el *brandy*. El pan también se obtiene por fermentación alcohólica de la levadura *S. cerevisiae*.

- **Ácido láctico.** El ácido láctico es producido por bacterias, como *Lactobacillus bulgaricus*, que degradan la lactosa mediante la **fermentación láctica**:



El medio de cultivo para la fermentación es suero de leche, constituido por una solución acuosa de lactosa, varias sales y vitaminas. Tras la fermentación se debe hervir la solución para coagular las proteínas producidas y poder separar el ácido láctico, en forma de lactato de sodio. Los derivados del ácido láctico tienen gran variedad de usos, como, por ejemplo, el lactato de hierro, que es utilizado en el tratamiento de anemias; el lactato de calcio, en las deficiencias de calcio, y los lactatos de sodio, que se emplean en sustancias plastificantes.

- **Ácido acético o vinagre.** Las bacterias de los géneros *Acetobacter* y *Gluconobacter* pueden degradar el etanol hasta obtener ácido acético. El sustrato para esta transformación puede ser el vino, la sidra o una disolución de alcohol etílico. Este proceso puede realizarse en un **fermentador de Frings**, diferente de los fermentadores habituales. Esta reacción requiere oxígeno, de modo que no se trata de una verdadera fermentación, sino de una respiración incompleta, aunque por realizarse en un fermentador se la llama **fermentación acética**:



5.1. Elaboración de vino

El vino se produce por la fermentación alcohólica de los azúcares presentes en el zumo de uva (glucosa y fructosa). Da como resultado etanol y CO_2 .

El zumo de uva o mosto se obtiene por prensado de las uvas. La fermentación del mosto se realiza espontáneamente por las levaduras que se encuentran en la piel de las uvas (*Saccharomyces cerevisiae* y otras). Después de la fermentación se puede realizar un proceso de envejecimiento del vino en barricas.

5.2. Elaboración de cerveza

La cerveza se elabora por la fermentación alcohólica de los cereales. El más empleado es la cebada y el proceso se realiza en los siguientes pasos:

- **Malteado.** Las semillas de la cebada se humedecen, se dejan germinar y por último se secan. El objetivo es la obtención de amilasas que degraden el almidón a glucosa. El producto final de este proceso se conoce como malta.
- **Molido.** La malta se muele para liberar estas enzimas.
- **Adición de lúpulo.** Tras el molido, se obtiene un extracto acuoso, que se separa del resto sólido, al que se le añade lúpulo, que impide el crecimiento de bacterias y proporciona el sabor amargo característico de la cerveza.
- **Hervido.** La mezcla se hierve para desnaturalizar las amilasas e impedir su acción.
- **Acción de las levaduras.** Se añaden las levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*), que fermentarán la glucosa en unos diez días.
- **Maduración.** Después de la fermentación se separa la levadura y se deja madurar un tiempo determinado. Finalmente se filtra y se pasteuriza la bebida.

5.3. Elaboración de pan

El pan se obtiene de la fermentación alcohólica de harina de cereal por la levadura *Saccharomyces cerevisiae*.

Se añade una pequeña cantidad de levadura a una mezcla de harina de cereales, agua, sal y azúcar. Se deja fermentar. Las enzimas de la harina, activadas por el agua, convierten el almidón de los granos de cereal en glúcidos: maltosa y glucosa. La levadura degrada estos azúcares y produce etanol y CO_2 . La cocción de la masa elimina el etanol producido en la fermentación y destruye las células de levadura. La formación de burbujas de CO_2 confiere al pan su textura esponjosa.

5.4. Elaboración de queso

El queso y el yogur se obtienen de la fermentación láctica de los glúcidos sencillos de la leche, que pasan a ácido láctico. La fermentación es producida por las bacterias lácticas (*Lactobacillus* y *Lactococcus*) que se encuentran de forma natural en la leche sin esterilizar. El proceso se realiza en dos fases:

- **Formación de la cuajada.** El cultivo de bacterias se incorpora a la leche y se deja incubar la mezcla un cierto tiempo. Después, se añade renina, una enzima proteolítica que coagula proteínas y cuaja la leche. Se extrae la fase líquida (suerro), la cuajada se prensa y se envuelve en una tela: es el queso fresco.
- **Maduración de la cuajada.** La experimentan los quesos curados. Consiste en una fermentación bacteriana y de mohos en superficie. La lactosa residual da lugar a ácido láctico y las proteínas, básicamente caseína, se hidrolizan a péptidos solubles y aminoácidos, que se descomponen en ácidos, aminas y amoníaco. Estas reacciones definirán la textura y aroma finales del queso.



La cerveza se elabora en grandes tanques, donde se realiza la fermentación.



Hay evidencias de la elaboración del pan ya en el Antiguo Egipto.

ACTIVIDADES

28. ¿Qué es un fermentador industrial?
29. Indica qué etapas son comunes y cuáles son diferentes en la fabricación del vino y la cerveza.

6 La biotecnología microbiana aporta múltiples beneficios

La biotecnología microbiana tiene muchas aplicaciones en la industria alimentaria, en la farmacéutica e incluso en la mejora del medio ambiente.

6.1. Producción de antibióticos

Los antibióticos son metabolitos secundarios. Se conocen cerca de 800 antibióticos producidos por hongos del género *Penicillium* y bacterias de los géneros *Bacillus* y *Streptomyces*. La producción industrial de antibióticos ha crecido espectacularmente desde la década de los cincuenta debido a:

- El descubrimiento de especies microbianas que tienen **mayor capacidad de producción**. Por ejemplo, la penicilina, inicialmente, se obtenía del hongo *Penicillium notatum*, pero actualmente se usa otra especie, *P. chrysogenum*, que produce más cantidad de penicilina.
- La técnica de **cultivo sumergido** en los fermentadores industriales, que permite el crecimiento de grandes volúmenes de microorganismos.
- La **selección de cepas* mutantes** de los microorganismos productores, con mayor capacidad de producir antibióticos. Estas cepas se pueden obtener artificialmente mediante el uso de rayos X y rayos ultravioleta.
- La **mejora en la extracción** del antibiótico de la mezcla de cultivo.

***Cepa**: población de células de una sola especie descendientes de una única célula. Una cepa mutante es aquella cepa en la que la tasa de mutación está aumentada.

Producción de un antibiótico



30. ¿Qué bacteria es la productora de antibiótico, la amarilla o la azul?

6.2. Producción de vitaminas, aminoácidos y enzimas

Los microorganismos también son importantes por la elaboración, a gran escala, de productos como:

- **Vitaminas.** La mayoría de las que se añaden a los alimentos o se utilizan en compuestos farmacéuticos son sintetizadas en laboratorio, pero algunas de ellas se producen industrialmente mediante fermentación microbiana. Por ejemplo, a partir de bacterias como *Pseudomonas* y *Propionibacterium* se produce la vitamina B₁₂.
- **Aminoácidos.** Muchos microorganismos, como bacterias de los géneros *Corynebacterium* y *Brevibacterium*, pueden sintetizar aminoácidos a partir de precursores nitrogenados inorgánicos como el sulfato de amonio. El aminoácido se sintetiza en exceso dentro de las bacterias y el excedente es segregado al exterior. Los aminoácidos producidos (ácido glutámico, lisina, glicina, metionina y alanina) se utilizan en la industria alimentaria para potenciar el sabor de los alimentos, como edulcorantes artificiales, como aditivos o como antioxidantes.
- **Enzimas extracelulares.** Diversos hongos (*Penicillium* y *Aspergillus*) y bacterias producen enzimas en mayor cantidad de la que pueden utilizar, de modo que las expulsan y actúan en el medio. Algunos ejemplos son las proteasas y amilasas que se utilizan en la industria del pan, en la industria textil, en farmacia y en medicina.

6.3. Control de plagas de insectos

Los microorganismos se utilizan también como **bioinsecticidas**, para controlar el excesivo crecimiento de algunas especies de insectos muy perjudiciales para la agricultura. Los **microorganismos entomopatógenos** (algunos virus y ciertas especies de bacterias y hongos) infectan a insectos adultos o a sus larvas, los matan o los intoxican con diversas sustancias que secretan, como proteínas, que actúan como veneno cuando estos las ingieren.

Las toxinas de estos microorganismos, aunque matan a los insectos, no suelen tener efecto tóxico en otros animales superiores ni en la especie humana. Con los insecticidas, sucede lo contrario, ya que tienden a acumularse en el suelo o van a parar a las aguas continentales provocando efectos negativos en el ambiente.



Plagas comunes tratadas con bioinsecticidas.

A. La palomilla del maíz (el lepidóptero *Spodoptera frugiperda*) en plantaciones de maíz.

B. La araña roja (el ácaro *Tetranychus urticae*) en plantaciones de tomates.

Corrección de problemas ambientales: Biorremediación

Descontaminación de suelos y aguas.

Se están haciendo grandes avances en el campo de la descontaminación mediante microorganismos, si bien muchos de ellos todavía se encuentran en fase de desarrollo. Por ejemplo, se cuenta con especies de bacterias que, en laboratorio, acumulan metales pesados en su interior y que algún día servirán para descontaminar balsas mineras.

Por otra parte, se han puesto a punto cepas bacterianas “devoradoras” de petróleo y que podrían ser una solución limpia y elegante para resolver los problemas de los vertidos tras el naufragio de petroleros. Pero la solución de un problema puede generar uno mayor al liberar al medio ambiente bacterias que pudieran más tarde ser perjudiciales (¿y si se nos contamina el depósito de combustible del coche con estas bacterias?). Esto nos da la idea de lo delicado que es “jugar” con la biotecnología.

Depuración de aguas residuales urbanas

Los microbios empleados en la depuración de las aguas residuales sí han resultado de una utilidad incuestionable. Gracias a ellos, los tratamientos químicos para recuperar un agua en muy mal estado son casi innecesarios. Contamos con bacterias y protozoos aerobios comedores de materia orgánica y bacterias anaerobias (metanógenas) que ultiman el proceso. Hoy día, las estaciones depuradoras de aguas de las ciudades y grandes pueblos funcionan con tratamientos biológicos (estas bacterias por un lado eliminan materia orgánica y por otro producen un combustible).

Uso de microorganismos en la elaboración de compost.

Los residuos orgánicos agrícolas y restos de comida domésticos pueden ser transformados en abonos orgánicos, reduciendo por tanto la dependencia de los abonos químicos y aumentando la vida útil de los vertederos. A este proceso de descomposición y fermentación controlada se le denomina “compostaje” y en él son de vital importancia las actividades de diferentes grupos de microorganismos. Los de mayor importancia, utilizados en sustratos puros y en mezclas son: los géneros *Pseudomonas*, *Streptomyces* y *Bacillus* (bacterias); *Aspergillus* y *Penicillium* (hongos)

El control microbiano de plagas.

Es la lucha contra las plagas mediante el uso de microorganismos patógenos para los insectos, principalmente hongos y bacterias, que son capaces de reducir las poblaciones de plagas a niveles inferiores a las que causan un daño económico, con la consiguiente disminución del uso de insecticidas de síntesis y sus consecuencias negativas para el medio ambiente.

La lucha microbiológica tiene un gran potencial futuro ya que algunos de los microorganismos entomopatógenos son más susceptibles de ser tratados industrialmente para su producción a gran escala. También pueden ser aplicados con la maquinaria habitual que el agricultor emplea para los tratamientos fitosanitarios. Sin duda, el mayor éxito en el control microbiano de insectos se ha conseguido mediante la bacteria *Bacillus thuringiensis*. Este bacilo es capaz de producir una endotoxina que ataca a numerosos insectos. Por su parte, los hongos entomopatógenos son los más eficaces para el biocontrol de insectos, como los pulgones y mosca blanca debido a que el modo de infección es por contacto con la cutícula del insecto.

La Biolixiviación.

La biolixiviación es la extracción de metales desde minerales o minas a través del uso de organismos vivos, generalmente microorganismos. Esto es más rentable económicamente y con menor impacto en el medio ambiente que la tradicional lixiviación que utiliza compuestos químicos, alta temperatura y/o alta presión. La biolixiviación es una de varias aplicaciones dentro de la biohidrometalurgia que comprende varios métodos que permiten

obtener cobre, zinc, plomo, arsénico, antimonio, níquel o cobalto a través de la disolución del mineral asistida por microorganismos.

La biolixiviación puede englobar un gran número de microorganismos capaces de oxidar hierro y/o azufre, incluyendo especies de bacterias de los géneros *Acidithiobacillus*, *Leptospirillum* y *Sulfobacillus*, entre otras, así como arqueas de los géneros *Ferroplasma*, *Acidiplasma*, *Metalosphaera* y *Sulfolobus*, entre otras. Como principio general, los iones de hierro oxidado o ion férrico (Fe^{3+}) suelen oxidar el mineral sulfurado, que es la forma más abundante en la que se encuentran la mayoría de los metales en la corteza terrestre. Este ion férrico es generado principalmente por la actividad ferrooxidante de microorganismos que utilizan el hierro reducido o ion ferroso (Fe^{2+}) como fuente de energía. Una de las principales funciones de los microorganismos es catalizar la regeneración de ion férrico que actúa como agente oxidante de la mena. Asimismo, los microorganismos llevan a cabo otras reacciones como por ejemplo la oxidación del azufre que se forma a partir de la liberación del ion sulfuro (S^{2-}) que se genera en la oxidación del mineral. En las reacciones microbianas de oxidación se utiliza principalmente al oxígeno como aceptor final de electrones, por lo que los procesos de biolixiviación son fundamentalmente aeróbicos. El resultado de la biolixiviación es la generación de cationes metálicos solubles que pueden ser purificados y refinados a futuro para obtener el metal deseado.

La Bioacumulación.

En toxicología, bioacumulación es el proceso de acumulación de sustancias químicas en organismos vivos de forma que estos alcanzan concentraciones más elevadas que las concentraciones en su medio o en los alimentos. Las sustancias propensas a la bioacumulación alcanzan concentraciones crecientes a medida que se avanza en el nivel trófico en la cadena alimenticia.

El término bioacumulación se descubrió entre las décadas de 1950 y 1960 por un grupo de naturalistas estadounidenses que encontraron altas concentraciones de DDT en el organismo de algunas especies de aves. Como consecuencia de este descubrimiento, el DDT fue prohibido para uso indiscriminado en muchos países

Entre las sustancias potencialmente bioacumulables podemos citar los insecticidas Aldrina, Captafol, Clordano, Dicofol, DDT, los compuestos retardantes de llama como PBB y PBDE, los bifenilos policlorados (PCBs), los compuestos de mercurio, el trióxido de antimonio y los metales pesados.

La utilidad principal de organismos acumuladores es la de servir de bioindicadores: monitoreando los cultivos de bioacumuladores es posible evaluar el grado de contaminación de los ecosistemas, analizando factores como la presencia de metales pesados (plomo, vanadio, cadmio, cromo, zinc, níquel, manganeso), hidrocarburos, otras sustancias tóxicas y elementos radioactivos como el cesio 137.

Diversos tipos de seres vivos pueden ser utilizados como bioindicadores. Los más comúnmente utilizados son los líquenes y los musgos, pero existen también diversos tipos de coleópteros terrestres y microorganismos acuáticos que se utilizan para este fin.