**IV. LOS MICROBIOS AL SERVICIO DEL HOMBRE**



Los microbios útiles para el hombre constituyen solamente una proporción muy pequeña de la amplia variedad de especies que existe en la naturaleza. El papel que desempeñan algunos de ellos en la fabricación de la cerveza, el pan y el vino fue descubierto en forma accidental hace mucho tiempo. Por ejemplo, la transformación que sufre el jugo de uva y la masa para hacer el pan, hoy en día se sabe que se debe a las levaduras. Microorganismos bien conocidos también lo son las bacterias que acidifican la leche o los hongos microscópicos que le confieren su carácter tan particular a los quesos. A estos tres grupos de microorganismos hay que agregar los actinomicetos, que son hongos filamentosos que viven en la tierra y que se han utilizado para la producción de antibióticos a partir del decenio de los años 40 del presente siglo.

Es difícil clasificar a los microorganismos en útiles y no útiles, o en buenos y malos, ya que todos participan en el reciclaje de las moléculas del mundo orgánico y también en la conservación de una parte de la ecología; de tal forma que los microbios no sólo son útiles sino indispensables para la vida como la conocemos actualmente. Algunos son nocivos para los animales o plantas pero, en proporción, son muy pocos.

Existe un buen número de microorganismos que está siendo utilizado en la industria. Esto se debe a que producen un compuesto de alto valor que no puede ser obtenido de una manera tan sencilla o tan económica por las técnicas químicas usuales. En algunos otros casos, los microorganismos son cultivados por su valor intrínseco, como es el caso de la levadura de panadería. Sin embargo, en la mayoría de los casos la sustancia buscada es un producto de su metabolismo, como es el caso del alcohol o algún antibiótico, por ejemplo.



**Figura 17 (a) Los hongos y las levaduras son microorganismos que forman estructuras visibles y en ocasiones muy coloridas. Varios de estos microorganismos producen sustancias de interés en la industria, como la cerveza, el sake y hasta colorantes biológicos**

|  |  |
| --- | --- |
| http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/43/imgs/f17bp65a.jpg | http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/43/imgs/f17bp65b.gif |

**Figura 17 (b) Hongos: 1. *Penicillium chrysogenum* 2. *Monascus purpurea* 3. *Penicillium notatum*4. *Aspergillus niger* 5. *Aspergillus oryzae*. Levaduras: 1. *Saccharomyces cerevisiae* 2. *Candida utilis*3. *Aureobasidium pullulans*4. *Trichosporon cutaneum* 5. *Saccharomycopsis capsularis*6.*Saccharomycopsis lipolytica* 7. *Hanseniaspora guilliermondii*8. *Hansenula capsulata*9.*Saccharomyces carlsbergensis* 10. *Saccharomyces rouxii*11. *Rhodotorula rubra* 12.*Phaffia rhodozyma* 13. *Cryptococcus laurentii* 14. *Metschnikowia pulcherrima* 15. *Rhodotorula pallida.***

IV.1 LA VIDA CON O SIN OXÍGENO

Los microorganismos se pueden dividir en tres grupos dependiendo del ambiente que necesitan para vivir. El primer grupo lo forman los organismos aeróbicos estrictos, que son aquellos que no pueden tener actividad metabólica ni crecer más que en presencia de oxígeno. El segundo grupo reúne a los organismos anaeróbicos estrictos, que llevan a cabo su actividad metabólica y crecimiento en ausencia total de oxígeno atmosférico. El tercer grupo está constituido por los organismos aeróbicos facultativos, los cuales presentan actividad metabólica en presencia de oxígeno (respiración) y en ausencia de oxígeno (fermentación) dependiendo del medio en el que se encuentren.

De los microorganismos aeróbicos estrictos podemos mencionar a los estreptomicetos, que son hongos microscópicos productores de antibiótico. También son aeróbicos la mayoría de los hongos filamentosos, como el *Penicillum notatum,*productor de la penicilina.

Los organismos anaeróbicos estrictos están representados por las bacterias del género*Clostridium,* como *Clostridium botulinum,* fuente de la toxina productora de la enfermedad conocida como botulismo. Otro ejemplo es la *Salmonella tryphi,* causante de muchas infecciones intestinales en el ser humano.

Las levaduras industriales son microorganismos facultativos que pueden respirar o fermentar de acuerdo con las condiciones en que se les cultive. El metabolismo anaeróbico, como la fermentación, es menos eficiente que la respiración, ya que la primera no aprovecha toda la energía de las moléculas como los azúcares. Algunos productos, como por ejemplo el alcohol etílico, son excretados por la levadura como producto de desecho, ya que en ausencia de oxígeno este producto no puede ser aprovechado en su totalidad.

Las vías bioquímicas de la fermentación que conducen a la formación de productos útiles son diversas. Estas vías son de dos tipos: las homofermentarias, que son las que conducen a un producto principal, y las heterofermentarias que dan dos o más productos. Así pues, algunos bacilos son homofermentarios y producen ácido láctico a partir de azúcares; por otra parte, existen otros bacilos lácticos heterofermentarios que producen ácido láctico, alcohol etílico y gas carbónico por diferentes vías metabólicas. Otro organismo heterofermentario es el *Clostridium aceto butylicum,* que transforma la glucosa en una mezcla de acetona, alcohol etílico, isopropanol y butanol.

Por otra parte, el crecimiento aeróbico que llevan a cabo algunos microorganismos es más eficiente para la producción de biomasa (número de organismos obtenidos a partir de una cantidad dada de nutrientes), ya que estos organismos degradan completamente las moléculas nutritivas y les extraen el máximo de energía. Esto quiere decir que si la meta de la producción industrial es mejorar los sistemas de obtención de grandes cantidades de organismos, como es el caso de la levadura destinada a la panadería, es ventajoso trabajar con el organismo en condiciones aeróbicas ya que de esta forma se utilizan los sustratos al máximo por respiración y por lo tanto se obtendrán muchas más levaduras por cantidad de nutrientes.

IV.2 LA MANIPULACIÓN GENÉTICA

Una forma de obtención de compuestos orgánicos a partir de organismos aeróbicos es mediante la manipulación genética, esto quiere decir que se pueden modificar, a través de cambios o mutaciones de los genes, los mecanismos por medio de los cuales los organismos transforman los nutrientes en las miles de moléculas que constituyen una célula viviente. En condiciones metabólicas normales, cada uno de los constituyentes necesarios para la célula se fabrica en cantidades justas y suficientes. Esta fabricación controlada se lleva a cabo gracias a una serie de mecanismos de regulación genética que detienen la fabricación de intermediarios y de productos finales de una vía metabólica dada. Los microbiólogos han seleccionado colonias o cepas de bacterias mutantes en las que esta regulación tan fina se encuentre alterada, de tal forma que convenga para ciertos fines. Por ejemplo, algunos metabolitos primarios, que son necesarios para el crecimiento celular, son producidos en cantidades necesarias para la fabricación de moléculas utilizadas por la célula. Una mutante interesante es *Corynebacterium glutamicum,* defectuosa en su mecanismo de regulación para la producción de lisina, un aminoácido necesario para la síntesis de algunas proteínas, capaz de producir 50 gramos de lisina por litro de medio de cultivo. Este tipo de metabolito es considerado como primario y la mutante lo produce en exceso. Generalmente, las bacterias mutantes se separan de las silvestres haciéndolas crecer en un medio de cultivo en donde solamente dichas mutantes sobreviven. Para ello se incluyen en el medio antibióticos que impiden el crecimiento de las silvestres y no afectan a las mutantes.

Son considerados metabolitos secundarios aquellos que no se requieren en la biosíntesis celular. Algunos microorganismos los sintetizan en la fase tardía de su crecimiento por razones hasta el momento oscuras. Uno de los casos más conocidos son los antibióticos; estos metabolitos secundarios no desempeñan un papel directo en el metabolismo energético de la célula o en su crecimiento. Por estas razones se piensa que estas sustancias contribuyen a la sobrevivencia del organismo al inhibir el crecimiento de posibles competidores que podrían ocupar el mismo nicho ecológico. Los organismos que producen este tipo de metabolitos secundarios son sensibles a sus propios antibióticos durante la fase inicial de crecimiento, sin embargo, durante la fase en la cual secretan el antibiótico, son insensibles a su presencia.

Otra clase de sustancias importantes para la industria son las enzimas. Hasta la fecha no ha sido posible sintetizar una enzima en el laboratorio y su aislamiento puede ser un trabajo largo y de bajo rendimiento. Por otra parte, los microorganismos dependen de las enzimas para la degradación de las moléculas complejas. Las bacterias solamente producen la cantidad necesaria de enzimas, de la misma forma que otros productos del metabolismo. Sin embargo, por medio de las técnicas de ingeniería genética se pueden seleccionar microorganismos mutantes que sobreproduzcan alguna enzima en particular.

Un método para incrementar la síntesis de una enzima es el de inducción. Cada enzima tiene su huella genética en la secuencia de una molécula de ADN. A esta secuencia se le denomina gene estructural y, en una bacteria, se encuentra en el único cromosoma que ésta posee. Los genes estructurales con la información para la síntesis de una enzima están normalmente inactivos en ausencia del sustrato para dicha enzima. Por lo tanto, se dice que está reprimida la producción de una enzima y solamente cuando se agrega el sustrato requerido, o un análogo, el gene estructural es activado y dicha enzima es sintetizada, proceso al que se denomina desrepresión o inducción, y a las enzimas que responden se les llama inducibles, para distinguirlas de las que no son afectadas por la presencia del sustrato y que se denominan constitutivas. En algunos casos el inductor puede ser el producto de una reacción enzimática. Un ejemplo de esta situación es la enzima glucamilasa del hongo *Aspergillus niger,* la cual se encarga de romper la cadena de azúcares que componen al almidón en moléculas de glucosa. Sin embargo, para inducir la síntesis de glucamilasa no es necesario que el almidón se encuentre presente en el medio, ya que algunos análogos que son malos como sustratos son potentes inductores de la enzima. Gracias a estos métodos, se ha podido sobreproducir sustancias de gran importancia para la industria y para la medicina.

IV.3 LA INDUSTRIA Y SUS PEQUEÑOS ALIADOS

Las levaduras fueron explotadas durante miles de años para la elaboración de bebidas alcohólicas y de pan. Esto ocurrió antes de que se identificara a las levaduras como un microorganismo y de que se conociera la verdadera naturaleza de la fermentación. Antonie van Leeuwenhoek fue el primero en observar la presencia de las levaduras en la fermentación de la cerveza. Casi 200 años después, en 1876, Louis Pasteur presentó sus ideas sobre la fermentación en una obra clásica titulada *Études sur la Bière* ("Estudios sobre la cerveza"), en la cual postula que los microorganismos que viven en condiciones anaeróbicas son capaces de crecer y vivir sustituyendo al proceso de respiración por la fermentación. Este proceso convierte azúcares en alcohol y bióxido de carbono, y provee a las levaduras con la energía necesaria para su subsistencia. Este científico propuso además que cuando se cultivan las levaduras en presencia de oxígeno, el proceso de fermentación se detiene y es sustituido por la respiración o consumo de oxígeno, proceso que sí degrada el azúcar hasta CO2 y agua y no produce alcohol. La fermentación es muy importante socialmente, ya que mediante ella se producen las bebidas alcohólicas que han tenido un papel importante en la historia. El vino, por ejemplo, es el producto de la fermentación del jugo fresco de frutas, de las cuales tal vez la más popular sea la uva, aunque también se usa ocasionalmente la pera, el higo y algunos cereales. Estos jugos son generalmente ácidos (tienen un pH de aproximadamente 5), lo cual es favorable para que se lleve a cabo la llamada fermentación alcohólica. La "infección" del jugo ocurre inmediatamente. Pasteur fue el primero en mostrar que hay levaduras en la cáscara de la uva y sobre todo cuando está próxima a madurar. Dichas levaduras forman grandes colonias en los puntos donde se lesiona la fruta y hay salida de jugo. Por otra parte, los insectos son un factor muy importante en este proceso, ya que diseminan las levaduras entre la fruta. Este hecho se conoció cuando Wortmann observó cómo un jugo estéril no se fermentaba, y no fue hasta que una avispa lo tocó que el jugo empezó a fermentarse.

|  |
| --- |
| http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/43/imgs/f18ap71.jpg |
|  http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/43/imgs/f18bp71.jpg |

**Figura 18. Las levaduras que son microorganismos con núcleo han sido aliados importantes para la alimentación del hombre a lo largo de su historia.**

En la superficie de las uvas se encuentra la levadura conocida como *Saccharomyces,*que es el principal género responsable de la fermentación. Durante la fermentación alcohólica las levaduras convierten en alcohol la dextrosa y la fructosa, dos azúcares que se encuentran en el jugo de la fruta. La concentración que alcanza el alcohol es de 14%, ya que a esta concentración tanto la fermentación como el crecimiento de la levadura se detiene. De esta manera, el vino contiene una concentración limitada de alcohol; por otra parte, su sabor y aroma se deben principalmente al contenido de amil-alcohol, ácido acético, ácido láctico y acetato etílico, siendo todas estas sustancias importantes en la calidad del producto.

Los azúcares más comúnmente utilizados por las levaduras durante su crecimiento son la glucosa y la fructosa, que contienen 6 átomos de carbono. Sin embargo, existen otros compuestos con mayor o menor número de átomos de carbono y que son de interés en algunas industrias. Estos azúcares diferentes pueden a su vez ser metabolizados por algunas levaduras. Por ejemplo, la levadura *Candida utilis,*la cual se emplea en la industria alimentaria, puede crecer metabolizando azúcares de cinco átomos de carbono (pentosas); esto permite que crezcan en un producto colateral de la industria del papel que es precisamente un azúcar de cinco átomos de carbono. Otra levadura, *Saccharomycopsis lipolytica,*puede romper cadenas lineales de hidrocarburos de 10 a 16 átomos de carbono; existe una instalación piloto que ha logrado hacer crecer esta levadura con buenos resultados en presencia de una fracción purificada de petróleo, el cual, como se sabe, es un hidrocarburo. Esta levadura, al crecer, produce ácido cítrico como producto de desecho, el que a su vez es utilizado en otra serie de procesos industriales. Asimismo, una variedad limitada de levaduras puede crecer en presencia de metanol (un alcohol con un solo átomo de carbono), esto es posible ya que tales levaduras llevan a cabo un proceso metabólico novedoso que involucra unos organelos especializados llamados microcuerpos. Lo anterior se ha aprovechado, ya que el cultivo utilizando metanol es muy barato y la producción de biomasa de las levaduras es tan abundante que se utiliza como complemento para la alimentación de animales.

Otra levadura que ha sido útil desde tiempos remotos es la cepa denominada *Saccharomyces cerevisiae.* Esta ha sido utilizada en la elaboración de vino, sake, cerveza y, hoy en día, para la producción industrial de alcohol.

Una aplicación interesante es la que se le está dando a otra especie, *Phaffia rhodozyma,* que produce un pigmento especial llamado astaxantina. Esta molécula está siendo probada para añadirla en forma complementaria al alimento de las truchas y salmones de criadero. Como estos peces pierden el color rosado que presenta su carne cuando crecen en su hábitat natural, la astaxantina da a la carne de estos peces nuevamente su color rosado.

Otros tipos de productos metabólicos de los cuales se obtienen grandes volúmenes a partir de cultivos de microorganismos son el dextrán y la goma xántica. El dextrán es una cadena de moléculas de glucosa que se utiliza como complemento del plasma en enfermos graves o bien como mallas moleculares al entrecruzar sus cadenas para separar compuestos en el laboratorio con base en su tamaño. La goma xántica, que es adecuada para el consumo humano, se agrega en algunos productos alimenticios como estabilizador. También tiene uso en la impresión de textiles, en la excavación de pozos, como aditivo y en la elaboración de cosméticos y productos farmacéuticos.

Los hongos microscópicos tienen una gran importancia económica, tanto por sus beneficios como por el daño que pueden causar. Una gran parte de la materia orgánica de la tierra es destruida por los hongos. Esta actividad, por ejemplo, es benéfica, ya que completa el reciclaje de la materia viviente. Los hongos pueden, sin embargo, causar un gran número de enfermedades tanto en las plantas como en los animales: pueden, entre otras cosas, envenenar la comida. Por ejemplo, el hongo *Claviceps purpurea* produce una serie de sustancias venenosas (alcaloides) y parasita a las plantas que come el ganado. Cuando el ganado consume alimento contaminado se producen abortos en las hembras, enfermedad que se conoce como ergotismo. En el humano la toxina produce alucinaciones y en ocasiones la muerte. Otro tipo de toxinas son las aflatoxinas, que se producen al almacenar el heno o alimento a base de cacahuate en condiciones impropias; el hongo llamado *Aspergillus flaws*las produce como metabolito secundario y son altamente tóxicas.

Los efectos nocivos de los hongos microscópicos están balanceados por su multitud de usos en la industria. Así se emplean en algunos procesos de fermentación, como por ejemplo el almidón del arroz que es degradado para producir sake, un licor elaborado principalmente en Japón; la fermentación combinada de frijol de soya, arroz y malta da lugar a algunos alimentos orientales como el miso, el shoyu y el tempeh. Algunas enzimas provenientes de ciertos hongos tienen usos comerciales importantes, como por ejemplo: las amilasas (degradan almidón), las proteasas (degradan proteínas) y las pectinasas (degradan pectina). Algunas especies de hongos producen agentes antibióticos, entre los cuales destaca la penicilina. Esta sustancia marcó una época importante para la humanidad, ya que permitió el control de las enfermedades infecciosas.



**Figura 19. *Bacillus brevis* es un microbio muy útil, produce el antibiótico conocido como gramicidina S, comúnmente utilizado en el tratamiento de numerosas enfermedades infecciosas**



**Figura 20. Los hongos también son productores de antibióticos. La foto muestra al hongo *Cephalosporium acremonium*que produce la cefalosporina.**

De gran importancia para la industria alimentaria son algunas levaduras y hongos. Existen varios ejemplos, como la salsa de soya, la cual se obtiene utilizando a la levadura *Saccharomyces rouxii;* la producción de cerveza utiliza la levadura *Saccharomyces carlsbergensis*y algunos otros tipos de levaduras son utilizadas para la producción de vino.

Ejemplos de bacterias importantes en la industria son los que se dan a continuación: la industria alimentaria aprovecha la bacteria *Lactobacillus bulgaricus* (búlgaros) o el*Streptococcus thermophilus* para la elaboración de yogur; el vinagre puede ser producido por la bacteria *Gluconobacter suboxidans;* algunos saborizantes provienen de una bacteria conocida como *Connebacterium glutamicum.*

La industria química produce acetona y butanol a partir de la bacteria *Clostidium acetobutylicum,*algunos polisacáridos (azúcares) a partir de la bacteria *Xanthomonas campestris* algunas vitaminas como por ejemplo la B12 es producida por la bacteria *Pseudónimas denitrificans* o el *Propionibacterium.* La industria farmacéutica fabrica un buen número de antibióticos; *Streptomyces,* por ejemplo, produce la anfotericina B, la kanamicina, la neomicina, la estreptomicina, las tetraciclinas, entre otras y *Bacillus brevis*produce la gramicidina S.

Otro caso interesante es el de la producción de insecticidas biológicos. Éstos, los producen dos bacterias, *Bacillus thuringiensis*y el *Bacillus popilliae,* y tienen la ventaja de tener menos efectos nocivos que los insecticidas sintéticos como el DDT. Pueden, entre otros usos, emplearse en los silos donde se almacenan granos.

Otra serie de productos, como la insulina, la hormona de crecimiento y el interferón, pueden ser obtenidos mediante técnicas de ingeniería genética utilizando la bacteria *Escherichia coli.*

Así pues, la industria microbiológica se encuentra, al inicio de una era importante en donde se sustituirán probablemente muchos procesos tradicionales por otros novedosos que serán sin duda más eficaces y menos costosos.



**Figura 21. Una levadura en proceso de división, vista al microscopio de barrido de electrones.**

Palabras: 3210

Fuente:

http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/43/html/sec\_8.html