

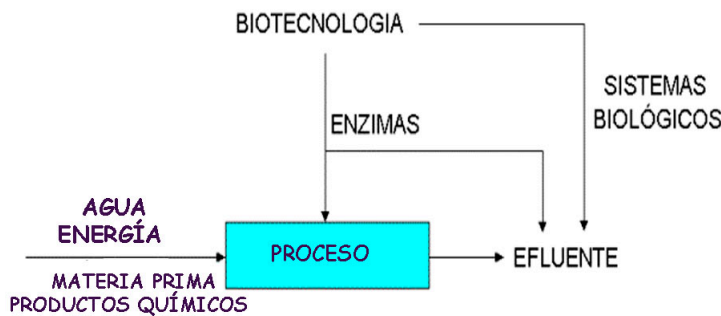
BIOTECNOLOGÍA APLICADA A LA INDUSTRIA TEXTIL

La industria textil, de la antigüedad a la biotecnología moderna

El uso de hilos y tejidos tiene una larga historia. El uso del lino se remonta a la Edad de Piedra en Europa meridional, en el Norte de Europa se empleó la lana desde la Edad de Bronce, y la seda originaria de China se fabrica hace más de 5000 años. Mucho tiempo después, desde el siglo XVIII, con la revolución industrial y la invención de la máquina de vapor, se comenzaron a fabricar y confeccionar telas a gran escala.

En la actualidad, la industria textil está constituida por subsectores diferentes aunque interrelacionados, que producen, desde las fibras hasta productos para el hogar. Cada subsector puede considerarse como una industria por separado, aunque el producto que se obtiene en cada etapa de la producción constituye el principal insumo de materia prima para la siguiente. En todas las etapas se emplea una amplia variedad de tintes y otros compuestos químicos (ácidos, bases, sales, agentes humectantes, colorantes), cuyos productos son desechados en los efluentes, y pueden impactar en el ambiente.

Por esto, uno de los objetivos de los tratamientos textiles modernos es obtener el efecto deseado en las fibras, utilizando procesos que conlleven el mínimo impacto ambiental. Dentro de este contexto, se comenzaron a utilizar diversos procesos biotecnológicos, mediante el empleo de enzimas. Éstas cumplen el requisito de ser respetuosos con el medio ambiente (debido a que las enzimas son biodegradables), actúan sobre moléculas específicas y actúan bajo condiciones suaves.



Esquema de empleo de biotecnología en procesos industriales

Adaptado de

http://www.eng.ufsc.br/labs/probio/disc_eng_bioq/trabalhos_pos2004/textil/introducao.htm

Uso de enzimas en la industria textil

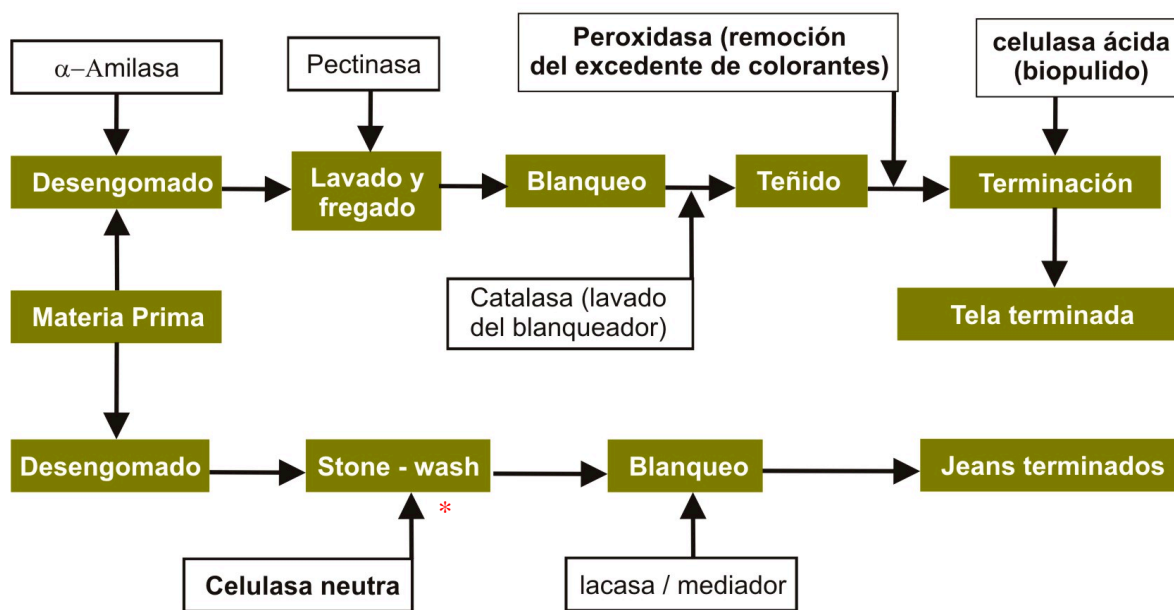
En términos del proceso de fabricación, la industria textil puede dividirse en cuatro etapas principales: 1) producción de la hebra; 2) hilado, tejido; 3) acabado de los tejidos; y 4) fabricación del producto textil.

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.

En la industria textil las enzimas se pueden aplicar tanto al tratamiento de fibras proteicas naturales (lana y seda), como en fibras celulósicas (algodón, lino y cáñamo) y en fibras sintéticas.

Estas enzimas se usan en las fases de hilado, teñido y acabado de los tejidos con el objetivo de limpiar la superficie del material, reducir las pilosidades y mejorar la suavidad.

En el siguiente esquema, se muestran las etapas de la fabricación de telas y las enzimas utilizadas en cada etapa. La rama inferior muestra la producción de tela Denim, con la que se confeccionan los jeans.



* Stone wash: Tipo de lavado industrial utilizando piedras que le da al material un aspecto “usado” o “gastado”.

AMILASAS

Al comenzar el tratamiento de la fibra, se debe extraer el almidón que la recubre (proceso llamado *desengomado*).

El proceso de desengomado convencional puede ser realizado por hidrólisis (ruptura del almidón en presencia de agua), donde los productos textiles son tratados con ácido, álcalis o agentes oxidantes. También se puede eliminar por descomposición del almidón por fermentación, en agua con microorganismos presentes en forma natural, que descomponen el almidón del tejido.



Actualmente, estos tratamientos se encuentran en desuso debido a las dificultades propias del método, dejando lugar al uso de las enzimas amilasas. Las amilasas son enzimas que intervienen en la degradación del almidón. Para ello se utilizan las amilasas bacterianas provenientes de *Bacillus subtilis* y *Bacillus licheniformis*, las cuales son estables a altas temperaturas.

Para evitar la desnaturalización (pérdida de la estructura terciaria y la función) de esta enzima durante el desengomado, primero se debe añadir agua, calentar hasta alcanzar la temperatura óptima (entre 60 y 100°C), establecer el pH óptimo (neutro) y entonces añadir la enzima.

Según su temperatura óptima, se distinguen 3 grupos de amilasas:

- ü temperatura óptima de 60-70°C: se utiliza para el desengomado en un baño de larga duración que dura entre 2 a 6 horas.
- ü temperatura óptima de 80°C: usadas en máquinas de lavado continuo por algunos minutos.
- ü temperatura óptima 100°C: tratamientos con vapor por 1 a 2 minutos.

LIPASAS

Son enzimas que degradan lípidos y son usadas en la industria textil, junto con las amilasas, para el desengrasado de las fibras.

PECTINASAS

En el tratamiento de las fibras de algodón, se deben extraer las pectinas de la pared de las células primarias del algodón. Las enzimas pectinasas (que degradan esta sustancia) son utilizadas en el lavado alcalino del algodón. Numerosos estudios realizados muestran que un tratamiento usando solamente pectinasa, seguido por un enjuagado en agua caliente, es capaz de hacer que la fibra de algodón se vuelva hidrófila y absorbente, facilitando su posterior utilización.

CATALASAS

En la industria textil la catalasa es utilizada para descomponer en oxígeno y agua el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) residual después del blanqueo de las fibras de algodón. La remoción de este producto es necesaria para que las fibras puedan luego ser teñidas. La catalasa es una enzima que se encuentra en organismos vivos y su empleo disminuye el consumo de productos químicos, de energía y de agua.

Después del blanqueo, se produce el enjuague, se aplica ácido acético y se aplica la catalasa en un baño nuevo o en propio baño de teñido por aproximadamente 10 minutos, a temperaturas entre 20 y 50°C, con un pH de entre 6 y 10.



PEROXIDASAS

Los restos de peróxido de hidrógeno utilizados en la etapa de blanqueo, en contacto con pigmentos sensibles a la oxidación, pueden provocar pequeñas alteraciones en la tonalidad causando reducción en el color. En el proceso convencional, los residuos de peróxido de hidrógeno son removidos a través de varios enjuagues o de la adición de un reductor inorgánico, el cual causa gran carga de sales en los efluentes. Para minimizar este efecto, se utilizan las peroxidasas que reducen el peróxido de hidrógeno. La cantidad de enzimas usada es menor que la cantidad de agente reductor inorgánico y no causan problemas ecológicos, como la elevada carga de sales.

Las peroxidasas también pueden ser utilizadas después del teñido, para la reducción de colorantes residuales.

CELULASAS

Las fibras están compuestas básicamente de celulosa la cual, al ser un material no biodegradable, constituye un problema para el posterior tratamiento de efluentes. Las celulasas son enzimas que degradan las fibras de la superficie (fibras sueltas y microfibrillas) haciendo a los tejidos más lisos y blandos.

También son usadas para producir la apariencia “*stonewashed*” en los jeans.

Tradicionalmente esta apariencia en los tejidos Denim (nombre de la tela con que se realizan los jeans) es otorgada por un proceso que utiliza piedra-pómez para desgastar el color localmente por roce. Este proceso presenta muchas desventajas ya que causan el desgaste rápido y rotura de las máquinas utilizadas, provocan gran abrasión empeorando la calidad de la tela y causan problemas ambientales ya que se generan efluentes no biodegradables.

La ventaja en la utilización de celulasas en el proceso de desgaste del jean en relación al proceso convencional, es que no causa gran degradación de la fibra como la piedra-pómez y el desgaste es más uniforme.

Las celulasas son utilizadas juntamente con las piedras o sustituyéndolas totalmente.

El procedimiento general para su aplicación consiste en:

- ü introducción de los artículos de celulosa en la máquina
- ü ajuste de las condiciones del baño de tratamiento con pH entre 5,5 y 8,0 y temperaturas de 50 a 60°C
- ü adición de la enzima y control de las condiciones de reacción (tiempo, temperatura, pH y agitación mecánica)
- ü interrupción de la actuación de la enzima: agregando carbonato de sodio y/o aumentando la temperatura hasta 80°C durante 10 minutos



Al culminar este proceso, se suele realizar un tratamiento de limpieza con un agente blanqueante para resaltar los contrastes y eliminar la reposición de microfibras teñidas de color azul que enmascaran el efecto logrado.

Estas enzimas no sólo se utilizan en el proceso de stone-wash de telas para jeans, sino que también se utilizan en telas destinadas a la confección de blusas y faldas, porque el proceso enzimático les otorga una textura aterciopelada similar a la seda natural.

LACASAS

Son enzimas del tipo fenol-oxidasa dependiente de cobre que tiene la capacidad de catalizar reacciones de desmetilación. Este es un paso importante en la biodegradación de polímeros que contengan grupos aromáticos fenólicos.

Debido a esta propiedad, la lacasa es utilizada en la oxidación del índigo (colorante de tipo fenólico) en la preparación de telas para jeans. Esta enzima es extraída de hongos, como *Trametes hirsuta* y *Sclerotium rolfsii*.

Además, en procesos de oxidación de muchos compuestos (principalmente de compuestos fenólicos) la lacasa presenta una gran especificidad para un gran número de compuestos no biodegradables, por lo cual se empezó a utilizar en tratamientos de efluentes industriales.

Uso de enzimas en el tratamiento de efluentes

Hoy en día, muchas enzimas son utilizadas por una gran diversidad de tipos de industrias y esto no es ajeno a la industria textil. Tradicionalmente, se han utilizado enzimas en el proceso de limpieza de las fibras. Ahora, las enzimas como las proteasas, lipasas, celulasas y enzimas oxidativas, se utilizan en el bioprocesamiento de fibras naturales, mientras que otras son fundamentales en el tratamiento de efluentes derivados de esos procesos (ver Cuaderno N° 36 y 46).

La industria textil es una de las mayores productoras de efluentes líquidos, los cuales son tóxicos, contienen productos no biodegradables y también resistentes a la destrucción por métodos de tratamiento físico-químico. Los efluentes textiles poseen un elevado contenido de colorantes (10-15% de los colorantes no fijados son enviados al río) y aditivos que generalmente son compuestos orgánicos de estructuras complejas, no biodegradables.

Las enzimas aplicadas en la industria textil deben producirse a bajo costo, ser estables en las condiciones de pH y temperatura en que se realizan los tratamientos textiles, y de uso y manipulación segura. En esto, la biotecnología moderna juega un rol importante al producir enzimas recombinantes a gran escala por fermentación de microorganismos cuyo cultivo es conocido y controlado. Por



ejemplo, existen enzimas alfa amilasa y lipasas y celulasas obtenidas a partir de microorganismos recombinantes (ver cuaderno N° 73).

Actualmente, son estudiadas nuevas alternativas que utilizan microorganismos capaces de degradar de manera eficiente un gran número de contaminantes a un bajo costo operacional para el adecuado tratamiento de efluentes textiles. Un ejemplo es el *Bacillus subtilis* que fue adaptado a un medio de cultivo artificial para biodegradar colorantes del tipo "azo" bajo condiciones anóxicas (con deficiencia de oxígeno). Estas bacterias utilizan el nitrato o nitrito como aceptor final de electrones, posibilitando la oxidación biológica de colorantes "azo".

También se utilizan bacterias, como *Pseudomonas sp* y *Sphingomonas sp*, particularmente útiles en la degradación de azo-colorantes.

Los hongos de descomposición blanca, como *Phanerochaete chrysosporium*, *Pleurotus ostreatus*, *Trametes versicolor*, *Trametes hirsuta*, *Coriolus versicolor*, *Pycnoporus sanguineus*, *Pycnoporus cinnabarinus*, *Phlebia tremellosa*, *Neurospora crassa* y *Geotrichum candidum*, son conocidos por degradar varios tipos de colorantes textiles. Estos hongos poseen la capacidad de mineralizar, además de la lignina, una variedad de contaminantes resistentes a la degradación. Esta característica se debe a la acción de las enzimas peroxidasas y lacasas producidas por ellos.

CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

Este Cuaderno trata tres aspectos fundamentales y relacionados:

- la actividad industrial y sus consecuencias en el ambiente,
- el empleo de enzimas en la industria y en el ambiente
- la limpieza de la contaminación que produce la actividad industrial.

A su vez, estos temas se vinculan con la biotecnología moderna, ya que en todos los casos se pueden aplicar las nuevas tecnologías que emplean microorganismos o sus productos, ya sea para mejorar la producción, reducir la contaminación ambiental o limpiar el ambiente contaminado.

Esto permite trabajar el tema desde diferentes enfoques. Podría introducirse el tema a partir de la clase de geografía o de economía, en cuanto a la actividad industrial y sus consecuencias en la sociedad. Por ejemplo, trabajar cómo fueron variando las actividades humanas a lo largo de la historia, cómo fue variando la interacción del hombre con su entorno, cómo el ambiente afectó y seleccionó diferentes caracteres humanos y cómo los humanos seleccionaron y modificaron sus propios ambientes (desde su actividad de cazador-recolector, los comienzos de la agricultura, la Revolución Industrial, la Revolución Verde, etc).

También se puede trabajar desde la biología teniendo en cuenta el concepto de microorganismos y enzimas, su estructura y sus múltiples funciones (ver Cuaderno



N° 30, 34). Es interesante introducir el concepto de extremófilos, y las enzimas que se extraen de estos organismos y se emplean en la industria (ver Cuaderno N° 57). Este Cuaderno da ejemplos prácticos de la utilidad de las enzimas en la industria.

Otra alternativa es introducir el tema a partir de considerar aspectos ambientales, el equilibrio del ecosistema, aquellos factores, como los contaminantes, que alteran ese equilibrio, y las nuevas metodologías que emplea la biotecnología para limpiar el ambiente (remediación, Ver Cuaderno N° 36, 46, 79 y 88).

Se sugiere trabajar en clase el concepto de *impacto ambiental* como cualquier alteración, positiva o negativa, de las propiedades físicas, químicas o biológicas del medio, causada por la actividad humana que, directa o indirectamente, puedan afectar el aire, el agua, el suelo, el clima, el paisaje y los seres vivos, entre ellos el hombre, sus condiciones de vida y sus propiedades culturales. Cuando el cambio que se produce en el ambiente provoca un desequilibrio en el ecosistema se habla de *contaminación*.

Otro aspecto interesante para trabajar con los alumnos es el concepto de *biodegradable*. Los contaminantes biodegradables son aquellos para los cuales existen mecanismos eficientes de tratamiento natural, es decir que la naturaleza por sí misma los descompone, dispersa o recicla rápidamente (ver Cuaderno N° 48). Existen compuestos sintéticos que pueden ser degradados naturalmente por organismos que están en el ambiente. Sin embargo, su composición química hace que el ritmo de degradación natural sea demasiado lento en comparación con el ritmo de acumulación en el ambiente, por lo que podrían considerarse no biodegradables.

Es importante aclarar con los alumnos que los microorganismos no actúan “intencionalmente” en beneficio del hombre, sino que incorporan las sustancias del entorno como el resto de los seres vivos, lo que les permite nutrirse y sobrevivir. La utilidad de los microorganismos es producto del aprovechamiento que el hombre hace de ellos en beneficio propio. Incluso cuando las bacterias se transforman mediante técnicas de ingeniería genética para que actúen como descontaminantes o para emplear las enzimas que producen con ese fin, las bacterias no hacen más que cumplir con sus funciones vitales.

CONCEPTOS RELACIONADOS

Contaminación; impacto ambiental; ecosistema; enzimas y digestión enzimática; polímeros y monómeros; microorganismos y su función en el ecosistema; compuestos biodegradables; ingeniería genética; organismos transgénicos; biotecnología y ambiente.

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.



ACTIVIDADES

Actividad 1: Repaso de conceptos

El objetivo de esta actividad es repasar algunos de los conceptos trabajados en el Cuaderno, de manera que cada alumno pueda evaluar sus conocimientos y plantear sus dudas. En la parte b) de la pregunta, es importante que los alumnos traduzcan en palabras lo representado en el esquema. Esto es un aspecto importante del trabajo en el aula, ya que la interpretación de las representaciones gráficas, la “lectura” de esquemas y gráficos, y su traducción a otros lenguajes, no resulta simple ni obvia. Si esto no se trabaja con los alumnos, el empleo de representaciones gráficas puede convertirse en un obstáculo en la comprensión de los conceptos.

a) Unir con flechas, teniendo en cuenta las características de las enzimas utilizadas en la industria textil:

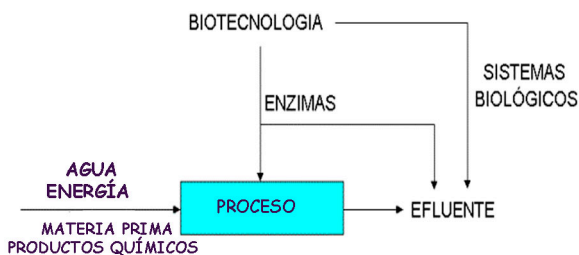
a. Utilizada luego del blanqueo para descomponer el H ₂ O ₂	1. Pectinasas
b. Suplantando a la piedra pómez en el proceso de stone wash	2. Peroxidasas
c. Extraen las pectinas de las fibras de algodón	3. Catalasas
d. Utilizadas después del teñido, degradando restos de H ₂ O ₂	4. Lacasas
e. Utilizada en la oxidación del índigo y tratamiento de efluentes	5. Celulasas
f. Degradan el almidón que recubre a las fibras	6. Alfa amilasas

Respuesta: a-3; b-5; c-1; d-2; e-4; f-6

b) Redactar un texto que exprese en palabras lo que está representado en el esquema.

(Respuesta abierta) El esquema representa cuáles son los insumos (materia y energía) que emplean los procesos industriales y sus desechos liberados en los efluentes. Sobre estos procesos y los efluentes puede actuar la

biotecnología a través del empleo de sistemas biológicos y/o de enzimas que favorezcan a la industria, sus productos y/o la calidad del ambiente.



Actividad 2. Novedades en biotecnología

1. El último grito de la moda: telas hechas de arroz y plumas

(Publicado el 21/09/2006 en la Sección Novedades de www.porquebiotecnologia.com.ar)

En el futuro podría ser perfectamente factible usar vestidos y trajes fabricados con materiales derivados de plumas y desechos vegetales. Así lo afirman los científicos de la Universidad de Nebraska, quienes están planeando desarrollar métodos para convertir los desechos de la actividad agropecuaria en fibras textiles, como una manera de reducir el empleo de fibras sintéticas derivadas del petróleo. En el caso de las plumas, que normalmente son un desecho de la producción avícola, consiguieron transformarlas en fibras que lucen como la lana, y en el caso del rastrojo de arroz, las telas resultantes se parecen a las de lino o algodón. “Esperamos que esta investigación estimule el interés por emplear desechos o productos secundarios de la actividad agropecuaria para hacer fibras y telas”, señaló Yiqi Yang, profesor de Ciencias Textiles de esa

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.



Universidad. Con millones de toneladas de plumas de pollo y rastrojo de arroz que se descartan cada año, estos materiales representan una alternativa abundante y barata a las fibras sintéticas basadas en derivados del petróleo. Pero además, a diferencia de las fibras sintéticas, son biodegradables. El proyecto más avanzado es el de arroz. El rastrojo consiste en los tallos de la planta de arroz, que quedan después de la cosecha de esos granos. Como el lino y al algodón, el rastrojo de arroz está compuesto principalmente de celulosa. Usando una especial combinación de químicos y enzimas, los investigadores lograron desarrollar fibras a partir del rastrojo. "Las propiedades de estas fibras indican que podrían emplearse para confeccionar telas usando las máquinas textiles comunes. El resultado tendrá una apariencia similar a las telas de lino o algodón", explicó Yang. En cambio las plumas de pollo están constituidas principalmente de queratina, la misma proteína que tiene la lana. Los investigadores están trabajando para fabricar fibras inclusive mejores que la lana, basándose en la arquitectura particular que tienen ciertos aportes de las plumas.

Preguntas para analizar el texto

- ¿En que año y en dónde se realizó la investigación? **Rta:** Esta investigación fue realizada por científicos de la Universidad de Nebraska y los resultados de la misma fueron conocidos en Septiembre de 2006.
- ¿Cuál fue el objetivo de esta investigación? **Rta:** el objetivo fue encontrar nuevas fuentes de materia prima para la fabricación de fibras textiles que suplanten a las derivadas de petróleo
- ¿Cuáles fueron los resultados obtenidos? **Rta:** a partir de plumas, lograron fibras parecidas a la lana, y con rastrojo de arroz, realizaron telas similares al lino o algodón.
- ¿Cuál es la importancia y los beneficios de estos desarrollos? **Rta:** estos resultados permitirán reciclar desechos o productos secundarios de la actividad agropecuaria, que se encuentran en gran cantidad y que actualmente no se utilizan, para hacer fibras y telas. Así se evitaría que muchos desechos de los procesos industriales se eliminen al ambiente, y se reduciría el empleo de fibras sintéticas basadas en derivados del petróleo. Esto beneficia al medio ambiente.
- ¿Cuál sería el aporte de la biotecnología en este nuevo proyecto? **Rta:** Mediante técnicas de biotecnología se podrían obtener y emplear enzimas que permitirían obtener fibras de los rastrojos y de las plumas.

2. Algodón genéticamente modificado para evitar la tinción de las fibras

(Publicado el 02/03/2007 en la Sección Novedades de www.porquebiotecnologia.com.ar)

Un grupo de científicos chinos acaba de describir un método que podría servir para modificar el color de la fibra de algodón sin la necesidad de teñirla. La clave está en usar los genes que la bacteria *Streptomyces antibioticus* emplea para la síntesis de melanina, que le otorgarían al algodón un color pardo. Los investigadores usaron los genes dORF438 y dtyrA para transformar genéticamente al cultivar de algodón 'Xinluzao 6'. Estos genes estarían involucrados en la síntesis de la enzima tirosinasa, necesaria para la síntesis de melanina. Los autores ensayaron los genes primero en tabaco, y vieron que en la plantas transgénicas se acumulaba melanina en los tricomas de las hojas (apéndices epidérmicos). Luego transformaron plantas de algodón, donde los genes se expresaron también correctamente, observándose la producción de melanina en las células epidérmicas y la coloración marrón de las fibras.

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.

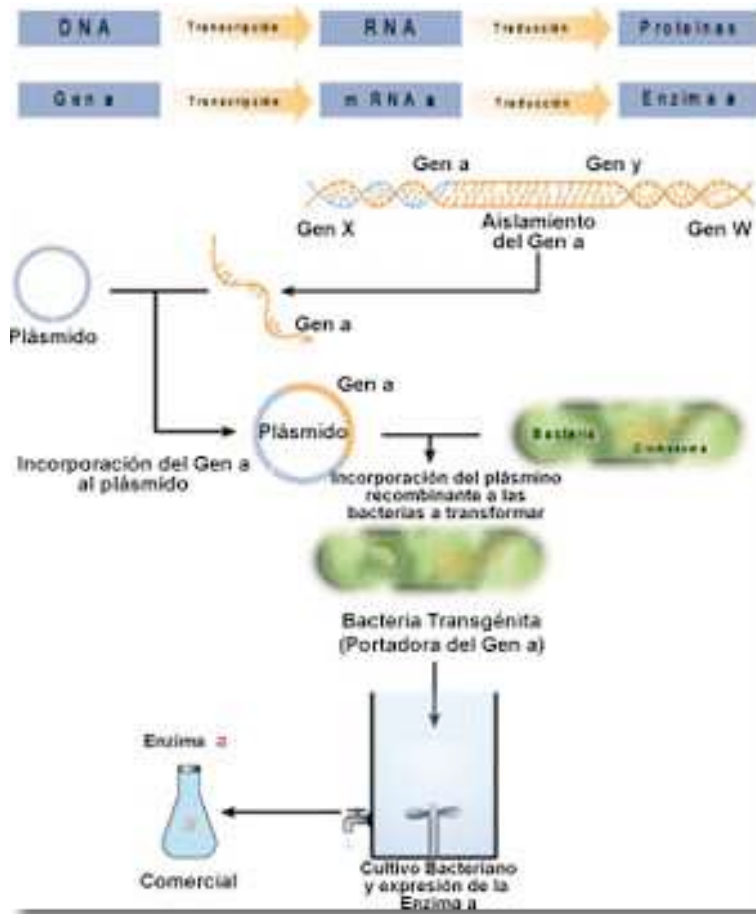


Preguntas para el análisis del texto:

1. Relatar cuál es la novedad que presenta este artículo. *Rta. esta nota presenta un nuevo método para obtener algodón coloreado. Este método no se basa en la tinción con colorantes sino en la introducción en las plantas de algodón de genes (provenientes de bacterias) que intervienen en la fabricación de la melanina, un pigmento marrón de los seres vivos.*
2. ¿Cuáles serían los resultados de este procedimiento? *Rta. Se obtendrían plantas con algodón de color marrón.*
3. ¿Cuál sería el beneficio de este proceso? *Rta. no se usarían colorantes que son productos químicos que constituyen parte importante de los efluentes que contaminan los ríos a donde desembocan.*

Actividad 3. Producción de una enzima recombinante

Esta actividad tiene por objetivo repasar conceptos que fueron trabajados en otros Cuadernos y que se incluyen en este Cuaderno. Estos conceptos se refieren a la biotecnología moderna, la ingeniería genética, los vectores, los organismos transgénicos, etc. Para lograrlo se propone analizar una infografía en donde se muestra un esquema de la obtención de una enzima de interés a partir de microorganismos recombinantes. En este caso se pondrá como ejemplo la obtención de la enzima **celulasa recombinante** que se utiliza ampliamente en la industria textil y papelera. Luego, teniendo en cuenta la información que el esquema suministra, se propone completar el párrafo con los términos que se indican a continuación: **PLÁSMIDO- CELULASA-GEN-VECTOR-FERMENTADORES-RESISTENCIA A ANTIBIÓTICOS-PURIFICACIÓN-INGENIERÍA GENÉTICA-TRANSFORMADAS-RECOMBINANTE-BACTERIAS**



Para ver claramente la imagen recurrir a la fuente:

http://www.bioplanet.net/magazine/bio_sepoct_1999/bio_1999_sepoct_industria.htm

Texto:

Como primer paso, se debe detectar y aislar el _____ que codifica para la enzima de interés (en este caso, la enzima _____). Mediante la aplicación de las técnicas de _____, se debe introducir el gen aislado en un _____ de transgénesis (en este ejemplo, un _____) y luego incorporarlo en _____. Este vector también posee genes de _____ los cuales al estar presentes en el genoma de las bacterias transformadas permiten la selección durante el crecimiento de los microorganismos resistentes a los antibióticos.

Una vez que las bacterias están _____, se procede a cultivarlas en recipientes especiales llamados _____. Después de seleccionar la cepa de bacterias que presente el mayor grado de producción de enzima _____ se procede a la _____ de la célula hasta obtener un producto comercializable.

Respuesta:

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.



Como primer paso, se debe detectar y aislar el **gen** que codifica para la enzima de interés (en este caso, la enzima **celulasa**). Mediante la aplicación de las técnicas de **ingeniería genética**, se debe introducir el gen aislado en un **vector** de transgénesis (en este ejemplo, un **plásmido**) y luego incorporarlo en **bacterias**. Este vector también posee genes de **resistencia a antibióticos** los cuales al estar presentes en el genoma de las bacterias transformadas permiten la selección durante el crecimiento de los microorganismos resistentes a los antibióticos.

Una vez que las bacterias están **transformadas**, se procede a cultivarlas en recipientes especiales llamados **fermentadores**. Después de seleccionar la cepa de bacterias que presente el mayor grado de producción de enzima **recombinante** se procede a la **purificación** de la celulasa hasta obtener un producto comercializable.

MATERIAL DE CONSULTA

Biotecnología aplicada a la industria textil. Sitio brasilero sobre los tipos de enzimas utilizados en estos procesos

http://www.enq.ufsc.br/labs/probio/disc_eng_bioq/trabalhos_pos2004/textil/introducao.htm

Producción de enzimas: Aliadas productivas de la industria

http://www.bioplanet.net/magazine/bio_sepoct_1999/bio_1999_sepoct_industria.htm

Tratamiento de Efluentes textiles

http://www.enq.ufsc.br/labs/probio/disc_eng_bioq/trabalhos_pos2004/textil/efluentes.htm

Microbiología y metales pesados. Revista Química viva. Vol. 2, número 3, 2003.

www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar

Biorremediación: Reportaje al Dr. en Ciencias Bernardo González.

http://www.bioplanet.net/magazine/bio_julago_2001/bio_2001_julago_reportaje.htm

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.