

## **APLICACIONES DE LA BIOTECNOLOGÍA EN DIFERENTES SECTORES PRODUCTIVOS**

La biotecnología industrial es una disciplina de carácter horizontal que combina amplios conocimientos científicos y tecnológicos e implica la utilización de diversas técnicas: ADN recombinante, bioprocesos, cultivo de células y tejidos, etc. en la intervención en la solución de problemas asociados a productos y procesos de múltiples sectores de actividad: agropecuario, alimentos, textil, salud, celulosa y papel, medio ambiente, entre otros.

Para ello es necesario contar con conocimientos específicos de los diferentes procesos tecnológicos y los problemas asociados que atañen a los sectores productivos en materia biotecnológica.

La utilización de las biotecnologías reporta múltiples beneficios en simplificación de procesos, mejoras en la calidad de los productos, menor impacto ambiental, y ahorro de costos. También han permitido el desarrollo de nuevos productos. Por ejemplo, las tecnologías de ADN recombinante han permitido la producción de proteínas terapéuticas, que serían económicamente inviables de obtener por métodos extractivos.

- **La biotecnología y los alimentos**
- **La biotecnología y la industria textil**
- **La biotecnología y la salud**
- **La biotecnología y la industria del papel**
- **La biotecnología y el medio ambiente**
- **La biotecnología y la energía**
- **La biotecnología y la química**
- **La biotecnología y el agro**
- **La biotecnología y los animales**

- **La biotecnología y los alimentos**

La biotecnología relacionada con el sector de alimentos es la más tradicional, los más conocidos son los procesos de fermentación en productos panificados, bebidas alcohólicas (vino, cerveza) y lácteos (quesos, yogures).

Los cultivos microbianos asociados a estos tienen una larga tradición de utilización y pueden ser mejorados utilizando métodos de ingeniería genética. Estas modificaciones pueden introducir cambios deseados en los productos mejorando por ejemplo parámetros de calidad sensorial, la capacidad para producir compuestos antimicrobianos, etc.

Diferentes enzimas naturales y recombinantes se aplican en procesos y productos alimenticios:

- en la industria del almidón y del azúcar, en la fabricación de jarabes de glucosa y fructuosa de maíz y dextrosa;
- en la producción de quesos, para romper la caseína de la leche y permitir su coagulación, para resaltar el sabor y para acelerar la maduración;
- para la elaboración de leche deslactosada;
- en panificación, para blanquear la harina, facilitar la acción de la levadura, mejorar la estructura de las masas, etc;
- en la clarificación de jugos de frutas, para evitar su turbidez;
- para la optimización del proceso de extracción y refinación de aceites;
- en enología, para acelerar el tiempo de prensada, acelerar el proceso de maduración, la liberación de aromas, y mejorar el color y sabor. También para remover la urea producto de la fermentación y (urea) y contrarrestar los beta glucanos producidos por *Botrytis cinerea*;
- en la industria de la carne, para favorecer su tiernización, facilitar la remoción de la carne de los huesos y en la producción de hidrolizados de proteínas,

- en la elaboración de cerveza, para evitar su enturbiamiento durante el almacenamiento.

Los aportes que las biotecnologías han realizado en los últimos años a procesos y productos de la industria alimentaria incluyen:

- Productos con mayor valor nutricional y organoléptico (nutrientes, poder antioxidante, etc.)
- Nuevos alimentos funcionales para la prevención de enfermedades según los diferentes grupos de consumidores (alimentos hipoalergénicos, para diabéticos, etc.)
- Nuevas fuentes de materias primas (algas, invertebrados, etc.) por medio de la introducción y expresión de genes específicos que incrementan el contenido de sustancias de interés para la industria alimentaria (pigmentos, proteínas, etc.)
- Uso de biosensores para control de procesos (PH, detección de contaminantes, etc.)
- Enzimas con características específicas (termorresistentes, mayor velocidad de reacción) para su utilización en procesos de fermentación en distintos sectores.

- **La biotecnología y la industria textil y curtiembre.**

El uso de enzimas en la industria textil ha tenido un fuerte impacto en los procesos productivos, en la producción de hebra; el hilado, tejido; acabado y fabricación del producto.

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.

Algunas de las enzimas utilizadas son las *amilasas*, para el tratamiento de la fibra, actúan extrayendo el almidón que la recubre (proceso llamado desengomado), las *pectinasas* para extraer pectinas de la pared de las células primarias del algodón, las *lipasas* para el desgrasado de las fibras,

las *catalasas* para descomponer en oxígeno y agua el peróxido de hidrógeno residual después del blanqueo de las fibras de algodón, las *peroxidasa* para eliminar los restos de peróxido de hidrógeno utilizados en la etapa de blanqueo, las *celulasas* para hacer a los tejidos más lisos y blandos, las *lacasas* para la oxidación de colorantes fenólicos utilizados en la preparación de telas para jeans.

En el proceso de elaboración del cuero las enzimas son utilizadas en los procesos de remojo, pelambre enzimático y rendido o purga (lipasas, proteasas)

- **La biotecnología y la salud**

En el área de la salud humana, la biotecnología tiene diversas aplicaciones.

- Nutrición y salud. La biotecnología moderna puede contribuir a paliar los problemas de desnutrición, atenuando al menos las carencias nutricionales y mejorando la salud de las personas afectadas. También puede contribuir a solucionar problemas específicos que afectan a grupos de personas, como es el caso de determinadas alergias o enfermos diabéticos, o reducir el contenido de compuestos tóxicos en productos de consumo habitual en la población.

- Diagnóstico. Una de las aplicaciones de mayor impacto de la tecnología del ADN es el desarrollo de nuevas técnicas para diagnóstico clínico. Esto ha permitido contar con tecnologías más eficientes para el reemplazo de las pruebas serológicas clásicas, y nuevos métodos para el diagnóstico de enfermedades infecciosas y genéticas. Entre éstas se encuentran:

- las técnicas de base inmunológica basadas en la reacción antígeno-cuerpo. Los anticuerpos monoclonales tienen la propiedad de unirse al antígeno de forma muy específica con lo cual los métodos de análisis y diagnóstico desarrollados a partir de ellos son muy precisos (técnica ELISA, citometría de flujo, inmunofluorescencia, etc.)

- las técnicas de base genética como la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) que permite amplificar pequeñas fracciones de ADN para su posterior análisis.

- Biofármacos. Entre los biofármacos, se encuentran aquellos que cumplen una función de reemplazo de moléculas naturales como en el caso de hormonas, interferones, factores de coagulación sanguínea, etc y medicamentos de diseño como la estreptoquinasa, la uroquinasa, los anticuerpos monoclonales y los antígenos para inmunoterapias.

- Vacunas. La tecnología de ADN recombinante han permitido el surgimiento de una nueva generación de vacunas: las vacunas recombinantes y las vacunas de ADN.

En las vacunas recombinantes, los genes que codifican para las proteínas que provocan la respuesta inmune (el antígeno) son aislados y clonados y se introducen mediante técnicas de ingeniería genética en un huésped alternativo no patógeno (bacterias, levaduras o células de mamíferos) para que lo produzca en cantidad en el laboratorio.

En las nuevas vacunas de ADN desnudo se utiliza una porción de ADN purificado que codifique para la proteína que estimula la respuesta inmune. El gen se introduce directamente en el individuo y son las propias células del individuo las que sintetizan el antígeno.

También se aplican técnicas de ingeniería genética para eliminar o inactivar selectivamente, los genes de virulencia de un agente infeccioso manteniendo la habilidad de provocar una respuesta inmune.

- Nuevos antibióticos. A partir de la identificación de sustancias producidas por microorganismos, plantas y animales con propiedades antibióticas con relevancia clínica, es posible incrementar su acción antibiótica, alterando su composición molecular.

- Nuevos tratamientos. Las *inmunoterapias* se basan en el control de la respuesta inmune a través de la aplicación de anticuerpos monoclonales para la prevención de enfermedades virales, en el tratamiento de enfermedades autoinmunes y contra el cáncer, para reducir la respuesta inmune evitando el rechazo al trasplante, etc.

Las *terapias génicas* buscan inhibir la expresión de un gen o la inactivación de su producto o sustituir un gen inactivo por una copia funcional que se exprese y sintetice la proteína necesaria.

- **La biotecnología y la industria del papel**

La utilización de tecnologías enzimáticas en la industria de pulpa y papel tiene amplias perspectivas a futuro; en la medida que se avance en las investigaciones, su incorporación puede traer aparejado importantes beneficios en cuanto a mejoras en productos y procesos; reducción de costos y disminución del impacto ambiental (menores requerimientos de energía y químicos)

Las aplicaciones más frecuentes se dirigen a:

- *La reducción del uso de agentes químicos contaminantes en la etapa de pre blanqueo.* (xilanasas)

- *Blanqueamiento de pulpa.* (xilanasas; celulasas)

- *Reciclado de fibras.* (endoglucanasas para mejorar la velocidad de drenaje de fibras recicladas; celulasas para incrementar la densidad de la hoja de papel y reducir su rusticidad; alfa amilasas para mejorar las propiedades del drenaje y para el destintado de fibras recicladas, etc.).

- *La disminución de residuos y contaminantes en el proceso de reciclado.* (esterasas para el control de stickies, amilasas y proteasas para la remoción del lodo; lipasas para controlar la acumulación de lodo).

- *Modificación de fibras.* (celulasas para incrementar la flexibilidad de las fibras, celulasas, xilanasas y lacasas para incrementar la densidad de las hojas, etc.)

- *Tratamiento de efluentes de la industria* (enzimas y bio-dispersantes)

- **La biotecnología y el medio ambiente**

Las biotecnologías pueden cumplir un importante rol en el cuidado del ambiente desde sus posibilidades de prevenir y remediar los problemas ambientales derivados de las actividades productivas.

- Tecnologías más limpias. Las "biotecnologías blancas" buscan reemplazar las tecnologías contaminantes en procesos industriales disminuyendo a la vez la emisión de residuos. Por ejemplo, las tecnologías enzimáticas permiten reemplazar o reducir la utilización de sustancias químicas agresivas con el ambiente en procesos mas limpios y seguros.

- Biorremediación. Consiste en la utilización de microorganismos, enzimas, hongos o plantas especializados capaces de degradar desechos peligrosos para remover los contaminantes orgánicos (efluentes y residuos sólidos domésticos e industriales, petróleo, pesticidas, etc.), inorgánicos (mercurio, plomo, cobre, cianuros, etc.) y gaseosos (metanos, compuestos volátiles, etc.) del medio ambiente. A partir de la modificación genética es posible incrementar su capacidad de degradación de los contaminantes.

- **La biotecnología y la energía**

Un área de gran relevancia y rápido desarrollo de la biotecnología es la producción de energía a partir de recursos renovables (biomasa) para generar fuentes de energías limpias, base de un desarrollo sustentable.

Entre los combustibles de origen biológico se encuentran:

- *Bioetanol*. El bioetanol se obtiene a partir de la fermentación de la biomasa. La producción biotecnológica de etanol se basa en la acción fermentativa de las levaduras sobre un sustrato adecuado. Se ha empleado la ingeniería genética para obtener microorganismos más productivos y tolerantes al etanol, o capaces de fermentar diferentes materias primas.

▫ *Biodiesel*. El biodiesel se produce por transformación química de aceites vegetales. El biodiesel es un combustible formado por ésteres (etílicos o metílicos) producidos a partir de la reacción química entre aceites vegetales y el alcohol. El biodiesel puede usarse sólo o mezclado con biodiesel convencional.

▫ *Biogas*. El gas producido por la digestión microbiana de la materia orgánica en un biorreactor (o biodigestor) pueden ser utilizado como fuente de energía térmica, eléctrica o como combustible para transporte automotor. El proceso fermentativo (biodigestión) se desarrolla sobre residuos rurales, agro-industriales, domésticos, municipales y sobre plantas. Una vez finalizado el proceso de biodigestión, el biogas puede usarse directamente o almacenarse tanto para consumo doméstico como para generar energía eléctrica. También puede purificarse y ser almacenado para su utilización en el encendido de motores de automóviles.

- **La biotecnología y la química**

La biotecnología se puede utilizar para reemplazar la síntesis química por microorganismos capaces de realizar la secuencia de reacciones necesarias entre el sustrato y el producto final. La fermentación es utilizada corrientemente en procesos de producción farmacéutica, agroquímica, de aditivos alimentarios, aminoácidos, vitaminas y enzimas. Además, el mejoramiento de las cepas industriales por ingeniería genética permite aumentar la eficiencia de los procesos biotecnológicos y obtener productos nuevos.

Los biotecnólogos han focalizado su atención sobre productos clásicos de la industria química como los plásticos. Los plásticos convencionales representan un problema ambiental desde el momento en que son obtenidos a partir de combustibles fósiles y no son biodegradables. Por esto la búsqueda se ha orientado al desarrollo de plásticos biodegradables a partir de materias primas renovables, derivadas de plantas y bacterias (plásticos a partir de almidón, bacterias o plantas modificadas genéticamente).

- **La biotecnología y el agro**

Las técnicas de ingeniería molecular aplicadas al mejoramiento de cultivos y las biotecnologías incorporadas al manejo agrícola permiten un importante incremento en la productividad y la extensión de las fronteras agrícolas de manera ambientalmente sustentable.

Los aportes de la biotecnología al agro incluyen técnicas de cultivo y propagación; nuevas variedades (organismos genéticamente modificados); biocidas y biofertilizantes, métodos de detección de enfermedades y plagas, etc.

- Técnicas de cultivo y propagación. Se conoce como micropropagación al conjunto de técnicas y métodos de cultivo de tejidos utilizados para la multiplicación asexual de plantas. La micropropagación se utiliza principalmente para multiplicar plantas nuevas (creadas por ejemplo por ingeniería genética) o para obtener plantas libres de enfermedades.

La multiplicación vegetativa puede realizarse por métodos relativamente sencillos como la propagación por gajos o por técnicas más complejas como el cultivo in vitro o la propagación por apomixis (propagación por semilla sin fecundación de la gameta femenina, dando lugar a plantas genéticamente iguales a la planta madre)

- Nuevas variedades. Tradicionalmente en el agro se han aplicado técnicas de mejoramiento de cultivos: cruzamiento selectivo entre diferentes variedades vegetales para obtener nuevas variedades de mayor rendimiento, hibridación. Hoy en día, las técnicas de ingeniería genética permiten saltar las barreras entre especies y obtener plantas mejoradas en sus propiedades agronómicas, o en su calidad nutricional o industrial:

▫ *Plantas tolerantes a herbicidas*, de amplio espectro que asociados a sistemas de siembra directa evitan las tareas de labranza que erosionan los suelos.

▫ *Plantas resistentes a enfermedades y plagas*, como el algodón BT y el maíz BT a las que se les ha transferido el gen que codifica para una toxina proveniente de *Bacillus thuringiensis* que provoca la muerte de las larvas de insectos.

▫ *Plantas tolerantes a estrés abiótico* que pueden sobrevivir mejor en suelos salinos, a bajas temperaturas o en climas con lluvias escasas.

▫ *Plantas con calidad nutricional mejorada*: puede implicar el mejoramiento de la calidad de la planta como alimento (por ejemplo modificación en la proporción de nutrientes y vitaminas), la reducción de alérgenos, la modificación del tiempo de conservación, de las características organolépticas, etc. Por ejemplo, el arroz dorado es una variedad de arroz a la que se le han introducido dos genes provenientes del genoma del narciso y otro gen bacteriano. Estos genes codifican pasos de la ruta de síntesis de la provitamina A, lo que las variedades convencionales de arroz no tienen. Este arroz con provitamina A, permitiría paliar en gran medida los problemas de avitaminosis.

▫ *Plantas con propiedades nuevas*: desarrolladas para trabajar como biofábricas produciendo fármacos, vacunas y plásticos. Por ejemplo, la producción de anticuerpos monoclonales humanos para combatir el virus de la hepatitis B (VHB) a partir de células transgénicas de la planta del tabaco.

- Biofertilizantes: Bacterias como *Rhizobium* (presente en los suelos agrícolas) son utilizadas como biofertilizantes para facilitar la asimilación de nitrógeno en los cultivos de leguminosas. La inoculación de las semillas antes de la siembra con bacterias y otros ingredientes permiten aumentar su población y, en consecuencia, la capacidad de fijación de nitrógeno

atmosférico. De esta manera se reduce la necesidad de aplicar fertilizantes nitrogenados evitando la contaminación asociada.

- Biocontrol: Los métodos de control biológico de plagas y enfermedades incluyen la utilización de microorganismos como *Azotobacter*, bacterias del género *Bacillus* y *Streptomyces* que compiten por los nutrientes con los patógenos u otorgan resistencia a las plantas, por su capacidad de producir sustancias con propiedades antimicrobianas. El *Bacillus thuringiensis* (BT) produce unos cristales constituidos por proteínas que tienen propiedades insecticidas. Estas endotoxinas forman parte de formulaciones comerciales de bioinsecticidas.

- **La biotecnología y los animales**

En esta área, las biotecnologías se aplican tanto a la producción animal (acuicultura, piscicultura, marcadores de mejora, Organismos Genéticamente Modificados –OGMs–, feromonas, técnicas reproductivas) como a la alimentación y salud de los animales.

- Producción animal. La ingeniería genética permite modificar genéticamente animales transfiriéndose genes de una especie a otra diferente, integrarse a su genoma, ser funcional y transmitirse a la descendencia. La transgénesis animal puede tener objetivos diversos como el estudio de enfermedades humanas; como fuente de tejidos y órganos para transplantes en humanos, el mejoramiento del ganado (aumento de la tasa de crecimiento corporal, modificación de la relación carne/grasa, resistencia a enfermedades, etc.) o la producción de moléculas de interés para diferentes industrias, como la farmacéutica, la alimenticia, la química, etc.

Proteínas recombinantes de interés farmacológico se obtienen a partir de la leche de animales transgénicos de granja (ovejas, vacas, cerdos, cabras, etc.). De esta manera, las proteínas se pueden producir en grandes cantidades, su purificación es relativamente sencilla, su producción no

interfiere con la biología del animal y tanto su impacto ambiental como su costo es muy bajo.

Una vez obtenido el animal transgénico, éste puede ser clonado para obtener una descendencia importante genéticamente idéntica que producirá también la nueva molécula de interés.

Entre los animales transgénicos utilizados para la producción de proteínas de interés farmacológico se encuentran ovejas transgénicas que producen la proteína alfa<sub>1</sub>proteínasa así como los factores de coagulación VII y IX y vacas que producen la hormona de crecimiento humano.

- Alimentación y salud animal. Técnicas biológicas aplicadas a ensayos de diagnósticos y vacunas para patologías animales; suplementación con enzimas (amilasas, beta-glucanasas, xylanases) para mejorar la digestibilidad de las mezclas nutricionales para animales, empleo de fitasas exógenas para mejorar la biodisponibilidad de fósforo en las dietas.