



## Las enzimas, "aliadas" de la Biotecnología

### La historia de las enzimas

Algunos productos que hoy son cotidianos fueron el resultado de descubrimientos casuales a los que, con el tiempo, la ciencia pudo dar una explicación.

Por ejemplo, se cuenta que alrededor del año 3000 a.C. en Egipto, un aprendiz de panadero descuidó una masa ya preparada que quedó expuesta al aire durante más tiempo que el acostumbrado. La superficie húmeda de la masa se hinchó, y aumentó mucho su volumen. Se cree que este fue el primer pan blando y esponjoso.

Algo similar habría sucedido con la cerveza. Según un grabado que se remonta a 4.000 años a.C., un pan olvidado se humedeció y se transformó en una pulpa de la que se extraía un líquido que, según expresa el grabado "transforma la gente en alegre, extrovertida y feliz".

También cuenta una leyenda que un pastor árabe, de regreso a su casa después de una larga jornada en el campo, guardó la leche ordeñada de sus ovejas dentro de una bolsa hecha con la tripa de ternero; después de caminar y caminar a pleno sol, abrió la bolsa para saciar su sed y se sorprendió cuando encontró que la leche estaba separada en dos partes: un líquido acuoso pálido y un cuajo (grumo) blanco sólido.

Una masa que se infla, la leche que se coagula, una bebida con propiedades nuevas... ¿En qué consistían esos procesos que misteriosamente transformaban los alimentos? ¿Qué componentes desconocidos provocaban estos cambios? Se necesitaron muchos años de trabajo para conocer las sustancias responsables de estos procesos, entre ellas las **enzimas**.

### El descubrimiento de las enzimas

Hoy se sabe que la obtención del pan y la cerveza fueron resultado del proceso de fermentación alcohólica, uno de los procesos enzimáticos más antiguos. Y que la producción del queso a partir de la leche, también se debe a un proceso enzimático.

Antes del siglo XIX, se creía que estos fenómenos y otros similares eran reacciones espontáneas. No se conocía de la existencia y función de las enzimas. Hasta que en 1857 el químico francés Louis Pasteur comprobó que la fermentación sólo ocurre en presencia de células vivas. Más tarde, en 1897, el químico alemán

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



# El Cuaderno de PorquéBiotecnología

Edición N°

30

Eduard Buchner descubrió que un extracto de levadura, libre de células, puede producir fermentación alcohólica. Este descubrimiento demostró que las levaduras producen enzimas y éstas llevan a cabo la fermentación. A partir del descubrimiento de Buchner, los científicos asumieron que, las fermentaciones y las reacciones vitales eran producidas por enzimas. Sin embargo, todos los intentos de aislar e identificar su naturaleza química fracasaron.

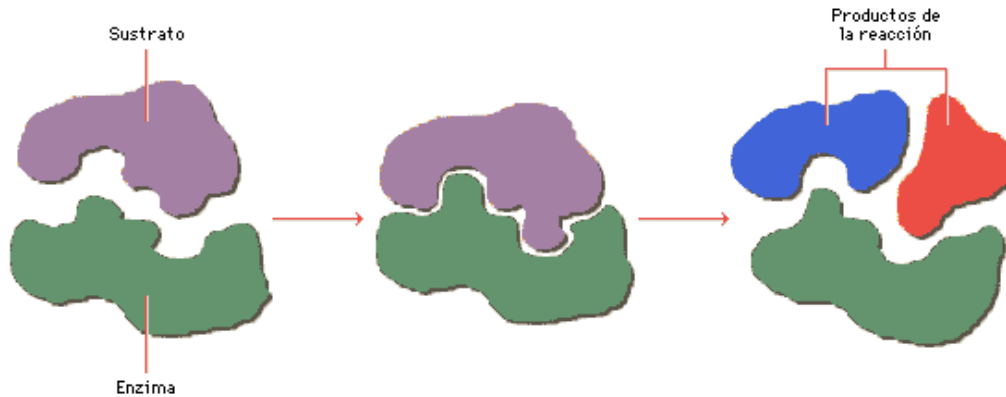
En 1926, el bioquímico estadounidense James B. Sumner consiguió aislar y cristalizar la ureasa. Cuatro años después su colega John Howard Northrop aisló y cristalizó la pepsina y la tripsina y demostró también la naturaleza proteica de las enzimas.

En los últimos años, la investigación sobre la química enzimática ha permitido aclarar algunas de las funciones vitales más básicas. La ribonucleasa, una enzima descubierta en 1938 por el bacteriólogo estadounidense René Jules Dubos y aislada en 1946 por el químico estadounidense Moses Kunitz, fue sintetizada por científicos estadounidenses en 1969. Dicha síntesis permitió identificar aquellas áreas de la molécula que son responsables de sus funciones químicas, e hizo posible crear enzimas especializadas con propiedades de las que carecen las sustancias naturales. Este potencial se ha visto ampliado durante los últimos años por las técnicas de ingeniería genética que han hecho posible la producción de algunas enzimas en grandes cantidades.

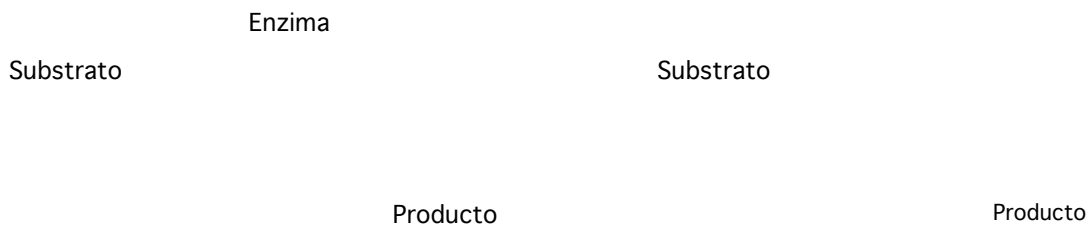
## ¿Qué son las enzimas y qué función cumplen?

Las enzimas son una clase especial de proteínas que aceleran la velocidad de las reacciones químicas que ocurren en una célula. Por esto se las conoce como “catalizadores biológicos”. Las enzimas ayudan en procesos esenciales tales como la digestión de los alimentos, el metabolismo, la coagulación de la sangre y la contracción muscular. El modo de acción es **específico** ya que cada tipo de enzima actúa sobre un tipo particular de reacción y sobre un sustrato específico.

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



Fuente: <http://images.encarta.msn.com/xrefmedia/eencmed/targets/illus/ilt/T013944A.gif>  
Para realizar su función, una enzima reconoce una molécula específica, llamada **sustrato**. Cada enzima une a su sustrato específico en el **sitio activo** y provoca en él un cambio químico, por el cual se obtiene un **producto**. El cambio implica la formación o rotura de un enlace covalente. La enzima que participa en la reacción no sufre modificaciones, y puede volver a actuar sobre otro sustrato del mismo tipo. En ausencia de las enzimas, las reacciones bioquímicas serían extremadamente lentas y la vida no sería posible. Las enzimas pueden aumentar la velocidad de las reacciones en un millón de veces.



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



### ¿Cómo funciona una enzima?

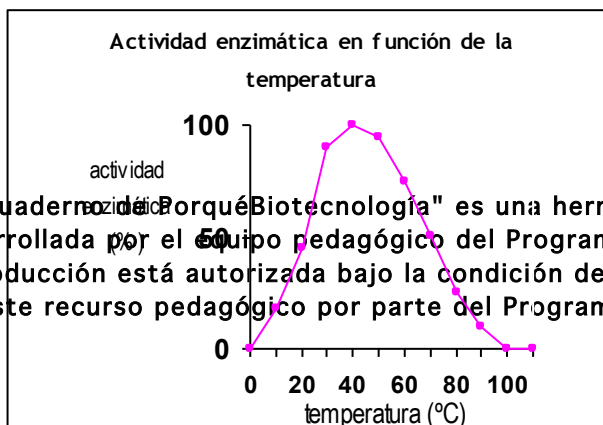
1. La reacción (de sustrato a producto) no se produce espontáneamente ya que hace falta energía (llamada energía de activación) para poder sortear el obstáculo.
2. La enzima hace que disminuya la energía de activación necesaria para que la reacción ocurra espontáneamente, haciendo más rápido el proceso.

Modificado de :

[http://web.educastur.princast.es/proyectos/biogeo\\_ov/2bch/b3\\_metabolismo/t31\\_metabol/diapositivas/diapositiva12.gif](http://web.educastur.princast.es/proyectos/biogeo_ov/2bch/b3_metabolismo/t31_metabol/diapositivas/diapositiva12.gif)

Los estudios de laboratorio muestran, que al igual que todas las proteínas, las enzimas son muy sensibles a los cambios de temperatura y acidez. Las enzimas funcionan correctamente dentro un limitado rango de temperatura y pH. En condiciones de temperatura elevada o pH alto (por encima de las condiciones óptimas para su funcionamiento) , se rompen las uniones débiles y se desarma la estructura tridimensional de la proteína (se desnatura) y pierde su capacidad para actuar como enzima.

Cada tipo de enzima funciona óptimamente a una determinada temperatura; si la temperatura del medio en el que está la enzima se aleja de la óptima, la enzima disminuye su actividad. Esta particularidad de las enzimas se puede representar en



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



# El Cuaderno de PorquéBiotecnología

Edición N°

30

un gráfico como el siguiente:

El gráfico muestra cómo varía la actividad de la enzima (expresada en porcentajes) a medida que aumenta la temperatura. La temperatura óptima de esta enzima es 40°C. A esa temperatura la enzima funciona al 100%. A temperaturas por debajo y por encima de los 40°C la curva desciende, lo que muestra una disminución en la actividad de la enzima. Por debajo de la temperatura óptima la actividad enzimática disminuye porque se reduce la movilidad de la molécula, mientras que a temperaturas por encima de la óptima la reducción en la actividad se atribuye a la desnaturalización. Las enzimas del cuerpo humano actúan preferentemente a temperaturas cercanas a los 36-37°C.

## Enzimas y biotecnología

La mayoría de los procesos biotecnológicos tradicionales como la obtención de yogur, la producción de cerveza o la fermentación de la uva para fabricar vino, son realizados por las enzimas que cada microorganismo produce para su particular metabolismo. Sin embargo también es posible realizar los procesos biotecnológicos con las enzimas, en ausencia de los microorganismos.

La mayoría de las enzimas industriales se extraen de bacterias y hongos. Entre ellas: Proteasa de bacilo, Amiloglicosidasa,  $\alpha$ Amilasa de bacilo, Glucosa isomerasa, Cuajo microbiano,  $\alpha$ Amilasa fúngica, Pectinasa, Proteasa fúngica.

Las enzimas presentan muchísimas aplicaciones y su utilización en el ámbito industrial se lleva a cabo desde hace muchos años. Sus características específicas permiten a los industriales ejercer un control más estricto de la calidad de sus productos.

En el siguiente esquema se mencionan algunas aplicaciones industriales de las enzimas:

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



### Uso de enzimas en la fabricación de alimentos

La **fermentación alcohólica** es un ejemplo conocido de los procedimientos en que se efectúan alteraciones enzimáticas, tanto cuando se agrega alguna enzima como cuando se añade algún microbio vivo que las contiene (por ejemplo, levaduras). Muchos productos que se consumen en la actualidad se fabrican por un proceso fermentativo, tales como el yogur, las bebidas alcohólicas, el vinagre, los embutidos, etc. Por ejemplo, la elaboración de vinagre con alcoholes es un proceso enzimático producido por un microbio vivo (*Acetobacter aceti*). El alcohol es oxidado y convertido en ácido acético con oxígeno de la atmósfera. Si bien, aislada de las bacterias, la enzima cataliza igualmente la oxidación, el desarrollo del producto se realiza con el microorganismo entero, por resultar más económico. En la fabricación de **queso**, por ejemplo, se utiliza la enzima renina para producir la coagulación de las proteínas de la leche (caseína), que luego se trata para

"El Cuaderno de Porqué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Porqué 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 Porqué Biotecnología.



# El Cuaderno de PorquéBiotecnología

Edición N°

30

convertirla en queso. Si bien, originariamente, esta enzima era extraída del cuajo de terneros, hoy en día se está utilizando enzima quimosina de origen recombinante (ver Cuadernos N° 7, 11, 49, 54).

Otra de las enzimas ampliamente utilizadas es la lactasa, que transforma la lactosa (un azúcar) en una mezcla de sus monómeros glucosa y galactosa con un sabor más dulce. Así, se refina el producto y se concentra en una especie de jarabe con un sabor parecido al de la miel, ya ampliamente utilizado en el sector de confitería industrial. (ver Cuaderno N° 54).

## Uso de enzimas en la industria textil

En la fabricación de telas, se realiza en proceso llamado lavado enzimático. En éste se realiza la bio-preparación del algodón en rama utilizando ciertas enzimas. Así, se remueven del algodón solamente los componentes necesarios y se evita o se reduce el daño causado a la celulosa, utilizando, además, condiciones de proceso más favorables para los operarios, las máquinas y el medio ambiente.

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.

Entre las enzimas utilizadas en la industria textil se pueden nombrar:

**Proteasa**, usada en el tratamiento de fibras proteínicas (seda y lana); **Catalasa**, para la eliminación de peróxido de hidrógeno después del blanqueado y antes del teñido; **Lacasa**, en la oxidación enzimática del índigo; **Peroxidasa**, en la oxidación enzimática de colorantes reactivos no fijados y **Lipasa** para el desengrasado.

## Uso de enzimas en la industria de detergentes (ver Cuaderno N° 73)

Las enzimas empleadas en detergentes se encuentran disponibles en forma líquida y granular. Éstas actúan sobre los materiales que constituyen las manchas, facilitando la remoción de los mismos y de forma más efectiva que los detergentes convencionales. Entre las enzimas utilizadas se pueden encontrar: **proteasas** (producidas principalmente por *Bacillus licheniformis* o *B. Amyloliquefaciens* y *Aspergillus flavus*) que aceleran la degradación de proteínas y producen pequeños péptidos o aminoácidos individuales los cuales pueden ser fácilmente removidos de los tejidos.

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





# El Cuaderno de PorquéBiotecnología

Edición N°

30

Las **amilasas** provenientes de *Bacillus licheniformis*, que degradan el almidón, sacando manchas de chocolate y papa, entre otros.

Las **lipasas**, que rompen los lípidos por hidrólisis, sacando manchas de grasa y aceite.

Las **celulasas** producidas por el hongo *Humicola insolens* son utilizadas para remoción de suciedad, y para restaurar la suavidad y color de fibras de algodón.

## Enzimas utilizadas en la industria del papel

Al igual que en el tratamiento de telas, en la fabricación de papel, se utilizan las enzimas **celulasas** para degradar la celulosa, componente principal de la madera. Además de la celulosa, la madera contiene lignina, un compuesto que debe ser eliminado en la fabricación de papel. La eliminación se realiza con compuestos químicos que son contaminantes del medio ambiente.

La elucidación de los mecanismos enzimáticos implicados en el proceso de biodegradación de la lignina está proporcionando nuevas herramientas biotecnológicas para un mejor aprovechamiento de la biomasa vegetal en sectores industriales, tales como la producción de pasta de papel y la obtención de biocombustibles.

## **Aplicación de las enzimas en análisis clínicos**

Las enzimas se emplean como reactivos estándar en los laboratorios para el diagnóstico de enfermedades, para el control y el seguimiento de enfermedades y de la respuesta del paciente hacia la terapia seguida, y para la identificación y control de la concentración de drogas o sus metabolitos en la sangre u otros fluidos corporales. Las técnicas de inmunoanálisis enzimático (ELISA) representan un nuevo e importante avance al asociar anticuerpos específicos a enzimas como la peroxidasa o la galactosidasa cuya unión genera una reacción colorimétrica (se observa color) proporcional a la extensión de unión del anticuerpo (Ver cuaderno N° 68).

Las enzimas se emplean rutinariamente para diagnosticar enfermedades hepáticas, miocárdicas, pancreáticas y prostáticas, anemias, leucemias, distrofia muscular, tumores y toxemias del embarazo.

Las técnicas enzimáticas también se utilizan en la detección de drogas, análisis de antibióticos, detección de antígenos o anticuerpos, o en la detección de enzimas y metabolitos en los fluidos intracelulares. Estas técnicas son generalmente más

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





rápidas, específicas ya baratas que otros métodos de detección como el inmunoanálisis, los análisis fotométricos, cromatográficos.

### Uso de enzimas como productos médicos y farmacéuticos

A diferencia de otros usos industriales para las enzimas, las aplicaciones médicas y farmacéuticas de las mismas requieren generalmente pequeñas cantidades de enzimas muy purificadas. Esto se debe a que si el destino de una enzima o de un producto obtenido por métodos enzimáticos es su administración a un paciente, resulta evidente que el preparado debe contener las menores cantidades posibles de material extraño para evitar probables efectos secundarios.

Uno de los productos obtenidos mediante el uso de enzimas son los **aminoácidos**. Si bien se pueden sintetizar empleando un proceso químico, el resultado es una mezcla de dos tipos distintos (D y L isómeros). Puesto que solamente el L-isómero es biológicamente activo, la mezcla debe ser separada en sus dos componentes.

Además de aminoácidos, las enzimas son utilizadas para la producción de **antibióticos semi-sintéticos**. Las penicilinas semisintéticas son los principales productos farmacéuticos obtenidos por tecnología enzimática.

También se utilizan enzimas en la producción de esteroides. Los esteroides se utilizan en un gran número de preparados farmacéuticos (por ejemplo en los antiinflamatorios), por lo que los procesos empleados en la producción de estas sustancias presentan una considerable importancia económica.

### Uso de enzimas para generación de energía

Otra aplicación biotecnológica de las enzimas es la producción de energía, a partir de fuentes orgánicas en vez de combustibles fósiles, no renovables.

Cada año crecen unos 200 mil millones de toneladas de biomasa (madera, cereales, etc), de las cuales se usan sólo un 3%. Por lo tanto, este rubro ofrece un enorme potencial que puede ser aprovechado. Un ejemplo clásico de biocombustible es el alcohol obtenido por fermentación de material rico en azúcares y almidón, o de residuos orgánicos como los forestales (ver Cuaderno N° 58). El principal obstáculo para la viabilidad de esta propuesta es el costo, puesto que el petróleo sigue siendo más barato. Sin embargo, los avances tecnológicos permitirán en un futuro aumentar el desarrollo de estos productos biodegradables.

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



# El Cuaderno de PorquéBiotecnología

Edición N°

30

La tecnología enzimática tiene como objetivo superar aquellos inconvenientes que puedan retrasar la aplicación de las enzimas en procesos a escala industrial. Este área tiene aplicaciones desde tiempos remotos, y actualmente se utiliza en diferentes industrias, ya que implica la utilización de sistemas enzimáticos diversos que optimizan el procesamiento en la obtención de detergente, aditivos alimenticios, productos químicos y farmacéuticos. La tecnología enzimática se presenta como alternativa biotecnológica para que las industrias desarrollen productos de calidad homogénea, aprovechen óptimamente sus materias primas, aceleren sus procesos de producción, minimicen desperdicios y disminuyan el deterioro del medio ambiente.

## CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

El tema de las enzimas se aplica en diferentes instancias del aprendizaje. En los años inferiores se trata de manera general, tal como al hablar de las “enzimas que degradan alimentos”. En años superiores es posible introducir conceptos de metabolismo (conjunto de reacciones químicas que ocurren en las células), y la participación de enzimas en diferentes reacciones, su estructura química y modo de acción.

Se sugiere introducir este tema al trabajar las biomoléculas, particularmente la estructura proteica y múltiples funciones de las proteínas. Es conveniente trabajar en coordinación con docentes de química la estructura química de las moléculas proteicas, los enlaces peptídicos que unen aminoácidos y los enlaces más débiles (puente de hidrógeno, electrovalente, hidrofóbico) que mantiene la estructura terciaria. Asimismo, en físico-química se puede trabajar el concepto de “energía de activación” y el modo de acción de las enzimas que catalizan las reacciones químicas.

Hay un concepto fundamental en este tema, que no solo atañe a la estructura proteica sino a todas las moléculas que intervienen en procesos metabólicos, y que se relaciona con la importancia de la estructura espacial de las moléculas en relación con su función. La “forma” o estructura química de las proteínas, así como la de otras moléculas es esencial para que puedan cumplir con su función, y la pérdida de esta estructura espacial puede afectar la función. En este sentido se sugiere trabajar el concepto de “desnaturalización” de las proteínas, las

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



# El Cuaderno de PorquéBiotecnología

Edición N°

30

condiciones que llevan a la pérdida de la estructura terciaria (espacial, tridimensional) de la proteína y la consecuente pérdida de función.

Otro concepto básico para comprender la acción enzimática es la de “temperatura óptima”, que es aquella temperatura a la cual las enzimas proteicas funcionan óptimamente. En este punto hay dos ideas que se sugiere trabajar con los alumnos:

- la temperatura óptima depende del organismo y de la enzima en cuestión. Una enzima del cuerpo humano puede actuar óptimamente a los 36-37°C, mientras que las enzimas de un organismo extremófilo que habita aguas termales puede estar próxima a los 80°C.
- Es interesante plantear con los alumnos qué significa que la actividad enzimática es del 100% o del 50%. Por ejemplo, una actividad del 50% significa que la mitad de las moléculas enzimáticas están activas o que las moléculas enzimáticas funcionan en la mitad de su capacidad? Se sugiere dejar a los alumnos exponer sus ideas, ya que suele resultar una discusión muy enriquecedora. La respuesta sería que un 100% de actividad enzimática significa que el 100% de las moléculas enzimáticas se encuentran activas. Un 50% de actividad significa que la mitad de las moléculas enzimáticas se encuentran activas y la otra mitad no.

Este Cuaderno permite también trabajar en el aula el concepto de nutrición (obtención de materia y energía), diferenciarlo del concepto de alimentación con el que suele confundirse, y destacar la respiración celular (aeróbica) y la fermentación (respiración anaeróbica) como procesos por los cuales se obtiene energía en el proceso de nutrición.

Otro tema interesante, y habitualmente desconocido, es el hecho de que las enzimas recombinantes (obtenidas mediante técnicas de ingeniería genética) se encuentran ya en el mercado comercial y participan en diferentes actividades cotidianas. Por otra parte, comprender los múltiples usos y beneficios que aportan los microorganismos a las actividades humanas, como fuente de enzimas.

## CONCEPTOS RELACIONADOS

Biomoléculas; moléculas orgánicas; proteínas (estructura y función); acción enzimática; propiedades enzimáticas: especificidad, temperatura óptima, desnaturalización; nutrición; respiración y fermentación.

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



30

## Actividades

### Actividad 1: Proteasas del ananá

En la siguiente actividad, se propone probar la actividad de ciertas enzimas presentes en el ananá y compararlas con otras frutas.

Algunas frutas tropicales producen enzimas con actividad proteasa, es decir, que rompen las proteínas al romper las uniones covalentes entre los aminoácidos que la constituyen. Por ejemplo, la papaya produce una proteasa conocida con el nombre de papaína y el ananá produce la bromelina (nombre derivado del nombre del grupo de plantas al cual pertenece el ananá, las Bromeliades).

#### Procedimiento:

1. Marcar 4 tubos de ensayo con los números del 1 al 4.
2. Colocar en el tubo 1 un pequeño trozo de ananá fresco, en el tubo 2 algunas gotas de jugo de ananá, en el tubo 3 un trozo pequeño de manzana, y dejar vacío el tubo 4.
3. Preparar en un recipiente gelatina siguiendo las instrucciones del envase.
4. Agregar a cada tubo aproximadamente 3 ml de la gelatina recién preparada todavía líquida, mezclar haciendo rotar los tubos, y colocar todos los tubos en un baño de hielo durante 5 a 10 minutos.
5. Cuando el tubo 4 contenga una gelatina firme, observar los restantes tubos y comparar los resultados.
6. Registrar los resultados observados en cada tubo en una tabla.

#### Contestar el siguiente cuestionario:

- a. ¿Por qué se preparó un tubo que sólo contenía gelatina? *Rta: este es el tubo "control" que muestra que características tiene la gelatina sin el agregado de ningún compuesto.*
- b. ¿Por qué se preparó un tubo con un trozo de manzana? *Rta: para contrastar los resultados con los del ananá, que posee la enzima que queremos estudiar.*
- c. ¿Qué pueden decir acerca de los resultados obtenidos, teniendo en cuenta que la gelatina está constituida por proteínas? *Rta: el ananá, al contener enzimas proteasas, degrada las proteínas de la gelatina, desarmando su estructura.*

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



30

Dado que las enzimas son sensibles a la temperatura posible, demostrar la sensibilidad de la proteasa del ananá a dichos factores.

Para ellos se repiten los experimentos pero calentando previamente el jugo de las frutas o los trozos de fruta, por ejemplo 3 minutos a 100°C.

- ¿Qué sucede ahora en cada recipiente? Rta: al desnaturalizar la enzima, pierde su funcionalidad y no degrada las proteínas de la gelatina.
- ¿Cuál sería el rango de temperatura óptimo para la actividad enzimática? Rta: la enzima cumple su función preferentemente a temperatura ambiente.

## Actividad 2: Enzimas de última generación

Se propone el análisis de dos textos que desarrollan el tema de enzimas recombinantes. Para ello, es necesario rever con los alumnos el tema de proteínas recombinantes, desarrollado en el cuaderno N° 49.

### Texto 1: Patatas OGM que transforman su fécula en fructosa

Publicado en la sección "Novedades" de [www.porquebiotecnologia.com.ar](http://www.porquebiotecnologia.com.ar) el 12/10/2000

Un artículo de la revista *Biotechnology and Bioengineering* anuncia la creación de un nuevo tipo de patata OGM por parte de la Universidad Jules Verne de Amiens (Francia). Se trata de una patata a la que se le ha incorporado genes procedentes de bacterias que producen enzimas (alfa amilasa) que descomponen la fécula de la patata en glucosa, y una segunda enzima (glucosa isomerasa) que transforma la glucosa en fructosa. Estas enzimas solo trabajan a altas temperaturas. El resultado es una patata que aparentemente es normal, pero que en cuanto se calienta a unos 65° se transforma en una pequeña fábrica química transformando la fécula en fructosa, un edulcorante que se utiliza en muchos productos alimentarios, incluyendo aquellos que son especiales para diabéticos, que no toleran el azúcar normal (sacarosa).

### Texto 2: Cerveza con levadura OGM

Publicado en la sección "Novedades" de [www.porquebiotecnologia.com.ar](http://www.porquebiotecnologia.com.ar) el 07/11/2002

La compañía cervecera venezolana Cervecería Polar ha obtenido una patente para una levadura recombinante, que es capaz de realizar una fermentación de la malta más estable. Actualmente se agregan al mosto de cerveza enzimas (reductasas) para evitar las llamadas reacciones de Maillard, que producen sabores indeseables. La levadura OGM tiene ya sus propias reductasas incorporadas mediante ingeniería "El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



# El Cuaderno de PorquéBiotecnología

Edición N°

30

genética, por lo que no hay necesidad de incorporar enzimas al mosto, que además de ser costosas plantean un problema en cuanto al momento de su aplicación.

## Preguntas para analizar los textos:

1. ¿cómo se produce una proteína/ enzima recombinante? (Ver cuaderno 49)
2. ¿En qué organismos se producen las enzimas recombinantes mencionadas en los textos? Rta: en el primer texto se desarrolla una patata transgénica que produce alfa amilasa y glucosa isomerasa, mientras que en el segundo se desarrollaron levaduras recombinantes.
3. ¿Qué nuevas propiedades tiene las patatas transgénicas y bajo qué condiciones? Rta: las patatas desarrolladas pueden transformar su propia fécula en glucosa y luego en fructosa. Como la actividad de las dos enzimas recombinantes se “despierta” a altas temperaturas, para que se produzca la degradación de la fécula se deben calentar las patatas a 65° C.
4. ¿Qué nuevas propiedades tiene las levaduras recombinantes desarrolladas? Rta: Las levaduras recombinantes poseen sus propias enzimas reductasas. Debido a estos, en la fabricación de la cerveza, ya no hace falta agregar estas enzimas para evitar reacciones indeseadas en el producto.

## **Material de Consulta**

1. [http://www.biologia.arizona.edu/biochemistry/problem\\_sets/energy\\_enzymes\\_catalysis/01t.html](http://www.biologia.arizona.edu/biochemistry/problem_sets/energy_enzymes_catalysis/01t.html) . Sitio de la Universidad de Arizona, en donde se desarrolla el tema de las enzimas
2. <http://www.arrakis.es/~lluengo/enzimas.html> . Sitio de Arrakis, de España que desarrolla el tema de enzimas, catalizadores y características de la acción enzimática.
3. Página con contenidos y actividades relacionadas a la ingeniería genética. La sección “Práctica final”, incluye una simulación de la construcción de un ADN recombinante. <http://www.arrakis.es/~ibrabida/biologia.html>
4. Página con esquemas y simulaciones de la obtención de proteínas recombinantes y su aplicación en la salud. <http://www.arrakis.es/~ibrabida/vigmedici.html>  
[http://minnie.uab.es/~veteri/21264/t4\\_els\\_enzims.pdf](http://minnie.uab.es/~veteri/21264/t4_els_enzims.pdf). Las enzimas en los alimentos

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