



¿Cómo ayuda la biotecnología a la seguridad alimentaria?

De la granja a la mesa

Los alimentos posibilitan el crecimiento, la regeneración y reparación de tejidos, y aportan la energía necesaria para los procesos vitales. Sin embargo, en ocasiones, son el vehículo de agentes extraños (infecciosos o tóxicos) que al ser ingeridos pueden provocar enfermedades. Este tipo de enfermedades son evitables si los alimentos llegan en buen estado al consumidor.

La Cumbre Mundial sobre la Alimentación, organizada en 1996 por la FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación- definió que *“existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimentarias y sus preferencias en cuanto a los alimentos, a fin de llevar una vida activa y sana”*. Esta definición implica por una parte, seguridad en el acceso a los alimentos y, por otra, seguridad en la inocuidad de los alimentos.

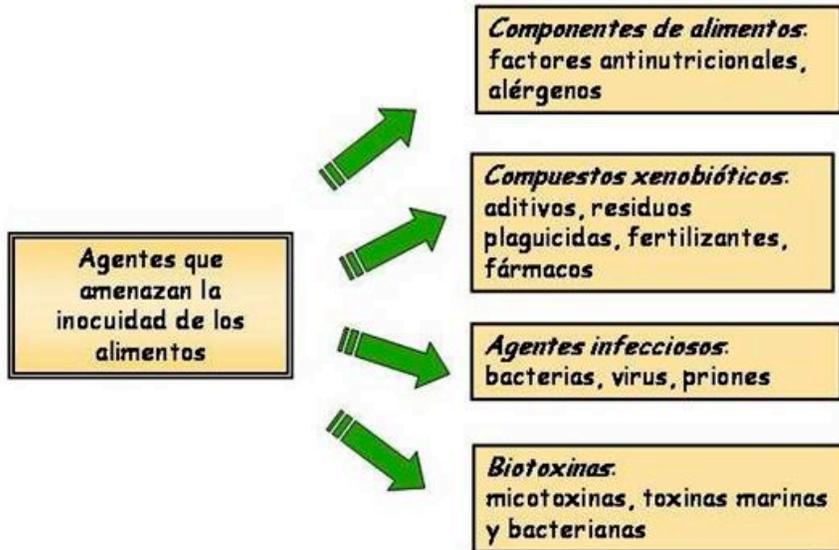
En los últimos años se hizo necesario ampliar los métodos de control de la seguridad alimentaria a toda la cadena del proceso productivo, desde la siembra en el campo y crianza de animales, pasando por la cosecha, sacrificio, elaboración, empaquetado, distribución, venta y consumo del producto final.

Surge así una nueva forma de abordar el problema de la seguridad alimentaria, con un enfoque global y un tratamiento integral del consumo de alimentos que va de la granja a la mesa.

La biotecnología ofrece enormes posibilidades para mejorar los sistemas de seguridad alimentaria. Los nuevos sistemas de detección de agentes nocivos presentan una elevada sensibilidad y una mayor versatilidad en sus posibilidades de aplicación, contribuyendo a mejorar los sistemas de control. Además, se están implementando otras biotecnologías para mejorar los procesos productivos, conservación y envasado de alimentos, los cuales inciden de forma indirecta en una mejora de la seguridad alimentaria.

¿Qué elementos amenazan la inocuidad de los alimentos?

Muchas veces, la inocuidad de los alimentos se ve amenazada por la presencia de diferentes agentes, que se resumen en el siguiente diagrama:



¿Qué aporta la biotecnología a la seguridad alimentaria?

Los grandes avances que ha experimentado la biotecnología en los últimos años permitieron que lentamente se vayan utilizando nuevas técnicas para asegurar a los consumidores la inocuidad de los alimentos.

Dentro de las áreas de aplicación de la biotecnología en el ámbito de la bioseguridad se encuentran:

1. Detección de agentes nocivos

Existen una gran cantidad de agentes que amenazan la seguridad de los alimentos. Si bien todos ellos son detectados por técnicas analíticas convencionales, las nuevas técnicas biotecnológicas presentan una serie de ventajas tales como una mayor sensibilidad del sistema de detección, mejor portabilidad (kits pequeños de fácil transporte), mejor adaptación a los sistemas de producción (pueden ser incluidos en los sistemas de producción sin afectar al normal funcionamiento de los mismos) y, en algunos casos, abaratamiento de los costos de control.



Son varias las técnicas de biología molecular que se utilizan para el control de la calidad alimentaria (ver Cuadernos N° 67 y 68). Entre ellas se encuentran:

- ü **ELISA** (en inglés, Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay): es un método de detección basado en la especificidad antígeno-anticuerpo. Permite la detección de diversas sustancias antigénicas mediante la unión de anticuerpos específicos que directa o indirectamente producen una reacción cuyo producto es visible y puede ser medido.
- ü **Inmunoblotting o Western blot**: es una técnica inmuno-enzimática que se utiliza para la detección de proteínas. Se basa en la separación de las proteínas de una muestra en función del tamaño, mediante una electroforesis y una detección posterior mediante anticuerpos específicos contra la proteína que se desea detectar. Permite detectar el contenido relativo de proteínas en diferentes muestras.
- ü **Southern blot**: Es una técnica de hibridación que se utiliza para detectar una determinada secuencia de ADN dentro de una mezcla compleja. Para ello se debe contar con una sonda (fragmento conocido de ADN de simple cadena) que sea complementaria a la secuencia que se desea encontrar.
- ü **Reacción en cadena de la polimerasa (PCR)**: es un método de análisis rápido y sencillo que permite la detección y amplificación de determinados segmentos del ADN.
- ü **Secuenciación de ADN**: se utiliza como técnica de confirmación positiva en la presencia de una determinada secuencia de ADN, tras su detección por PCR. Generalmente se utiliza para la autenticación genética de alimentos (autenticación de especies o detección de componentes de origen animal o vegetal no deseados en el alimento).
- ü **Biosensores**: son dispositivos de análisis compactos que incorporan un elemento de tipo biológico asociado a un sistema de transducción que permite amplificar, almacenar y registrar la señal producida por la interacción entre el elemento de reconocimiento y el analito buscado. Permiten detectar muchas sustancias como: fertilizantes, aditivos, plaguicidas, metales pesados, antinutrientes, toxinas, fármacos, contaminantes orgánicos, alérgenos, etc.

En la siguiente tabla se muestran los agentes nocivos que pueden ser detectados por las técnicas antes mencionadas:



Agentes	Sistemas de detección biotecnológicos			
	biosensores	PCR	ELISA	inmunoblotting
antinutrientes	*		*	
alérgenos	*	*	*	*
aditivos	*			
plaguicidas	*		*	
fertilizantes	*			
fármacos	*		*	
metales pesados	*			
virus	*	*	*	
priones			*	*
bacterias	*	*	*	
toxinas marinas	*		*	
toxinas bacterianas	*	*	*	
micotoxinas	*		*	

2. Detección de organismos genéticamente modificados (OGMs)

Muchos son los aportes de las técnicas de ingeniería genética (transgénesis) a la seguridad alimentaria. Por ejemplo, la obtención de plantas resistentes a insectos permite una reducción en el uso de plaguicidas. De la misma forma, las plantas transgénicas tolerantes a herbicidas permiten la utilización de menores cantidades de estos compuestos. La reducción en los aportes de estos insumos a los cultivos causa una menor contaminación medioambiental y, de forma indirecta, mejores niveles de seguridad alimentaria. Sin embargo, en algunos países, debido a grandes controversias respecto al consumo de estos alimentos, se realizan análisis para detectar si provienen de OGMs. Las técnicas de biotecnología que son eficientes en la detección de OGMs son: PCR, ELISA, inmunoblotting y Southern blot.

3. Identificación de especies

Uno de los objetivos de la seguridad alimentaria es conocer la procedencia de un producto. Es para ello que se utilizan técnicas analíticas, que permitan determinar el origen de los animales o plantas que se utilizan para la elaboración de un alimento (trazabilidad).

Estas técnicas se usan principalmente para la detección de fraudes. Por ejemplo, se pueden encontrar a la venta productos de calidad inferior a la denominada en su etiqueta, o se modifican los ingredientes de los mismos para abaratar costos, pudiéndose originar problemas de salud.

Para identificar las especies de procedencia se debe contar con marcadores bioquímicos, ya sean ácidos nucleicos o proteínas específicas de esa planta o



animal. Por lo general se utilizan marcadores que sean estables frente a los tratamientos del proceso industrial (pasteurización, congelamiento, etc.). Así, se utilizan la *troponina I* (termoestable) para la detección de carne de cerdo; las hemoglobinas, *mioglobinas* y *citocromo C* para discriminar el origen de distintas carnes (porcinos, vacunos, etc); *alfa-lactoglobulina* para la detección de leche de vaca; *glicina* y *beta-conglicinina* para detectar presencia de soja usada para abaratar costos al sustituir productos lácteos; *hesperetina* y *metilantranilato* para detectar miel proveniente de cítricos.

4. Biotecnología aplicada a la conservación

La biotecnología se aplica a la conservación de alimentos, básicamente de dos maneras:

- ü Mediante la **producción de bacteriocinas**. Las bacteriocinas son péptidos de origen bacteriano con capacidad antimicrobiana, es por ello que tienen un gran potencial como agente conservante de alimentos. Las más conocidas son la nisina, pediocina y la lactococcina. Estas sustancias son producidas por bacterias ácido-lácticas y atacan a bacterias relacionadas con la cepa productora, entre las que se encuentran cepas alterantes y patógenas frecuentes en los alimentos. En la actualidad, algunas de estos péptidos se están utilizando en la conservación de productos lácteos, cárnicos y vegetales poco procesados. Se espera que un futuro reemplacen a los aditivos químicos, es por eso que la biotecnología está desarrollando bacterias recombinantes que produzcan mayores cantidades de estas sustancias para cubrir su demanda comercial.
- ü Mediante la **prolongación de la vida útil**. Cuando se obtienen frutas con vida útil prolongada se incide indirectamente en la seguridad alimentaria ya que, al tener inhibido el proceso de maduración, son productos con menor contaminación microbiana. Actualmente se están desarrollando plantas transgénicas cuyos frutos tienen maduración retardada. Los científicos están logrando este objetivo a través de diferentes estrategias: plantas con frutos con mayor resistencia física al ataque bacteriano, plantas con menor producción de etileno (hormona responsable de la maduración), plantas con bloqueo del proceso de senescencia que interviene en la maduración del fruto antes y después de la cosecha.

5. Biotecnología aplicada al envasado

En los últimos años, se está fomentando la investigación y desarrollo de materiales bioplásticos (Ver cuaderno N° 48) producidos a partir de microorganismos y plantas transgénicas. Éstos proveen a la industria un

"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.



método de envasado amigable con el medio ambiente y además presentan unas características de barrera activa, que permiten una mejor conservación del producto y un aumento de su seguridad.

Una nueva rama de la biotecnología aplicada al mejoramiento de alimentos es la **Nutrigenómica**. Es el estudio de cómo interactúa la información de los alimentos con la de los genes y sus consecuencias, relacionando la investigación genómica y biotecnológica con la nutrición. Ésta surge de los rápidos avances en el conocimiento del genoma humano, de sus mecanismos de regulación y del conocimiento de cómo ciertos alimentos inciden en estos sistemas. Así, la nutrigenómica permitirá mejorar tanto la seguridad como la eficiencia de los alimentos.

Si bien actualmente se está haciendo énfasis en garantizar la seguridad alimentaria, en un futuro cercano se añadirá una creciente consideración de los posibles beneficios asociados a los alimentos y sus componentes, en relación a la salud.



CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

El tema de seguridad alimentaria tiene dos aspectos o miradas que se puede trabajar con los alumnos.

Por una parte, el abordaje que se presenta en este Cuaderno que se refiere a la seguridad alimentaria a nivel de las organizaciones o laboratorios responsables de evaluar, controlar y asegurar a los ciudadanos la inocuidad de los alimentos en su producción. Estos temas requieren de ciertos conocimientos por parte de los alumnos lo hace más apto para el trabajo con alumnos más grandes o de alguna especialidad técnica. Para comprender las técnicas explicadas en este Cuaderno se requiere que los alumnos tengan presente la estructura del ADN y su función. A su vez, se sugiere trabajar en conjunto con docentes de química y de física aspectos referidos a las propiedades de las moléculas y los mecanismos en los que se basan las diferentes técnicas (por ejemplo, la electroforesis, el marcado radiactivo, la fluorescencia, el empleo de luz UV, etc.).

Otro trabajo interesante para abordar en el aula y en la escuela en su conjunto, es el referido a las acciones individuales y comunitarias que se deben fomentar para la higiene alimentaria y la inocuidad de los alimentos. Este abordaje resulta más simple para trabajar con alumnos de todos los niveles, y se refiere fundamentalmente a la mala manipulación o conservación de los alimentos que los convierten en amenazas para la salud pública. Para trabajar estos aspectos en la clase se sugiere visitar el sitio de la Organización Panamericana de la Salud (dependiente de la OMS) donde se publica un Manual denominado "Cinco claves para la inocuidad de los alimentos" (en <http://www.paho.org/Spanish/AD/DPC/VP/fos-5-claves-manual.pdf>) y un afiche (en <http://www.paho.org/Spanish/AD/DPC/VP/fos-5-claves-afiche.pdf>) con los que podrá trabajar en el aula. Según este Manual "*la contaminación bacteriana de los alimentos causada por malas prácticas de manipulación, representa el factor de riesgo más importante asociado a la aparición de brotes en América Latina y el Caribe... La mayor parte de este tipo de enfermedades pueden atribuirse al mal manejo de los alimentos por:*

- *mala salud o hábitos deficientes de higiene por parte de las personas que manipulan los alimentos,*
- *contaminación de alimentos cocidos con alimentos crudos o con superficies contaminadas,*
- *mala cocción de los alimentos que no permite la destrucción total de los microbios".*

Por esto se proponen en el Manual y en el Afiche cinco claves que pueden prevenir esta situación:

- ü Clave N° 1: Utilice agua y alimentos seguros
- ü Clave N° 2: Mantenga la limpieza

"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.



- ü Clave N° 3: Separe las carnes y pescado crudos del resto de alimentos
- ü Clave N° 4: Cocine los alimentos completamente
- ü Clave N° 5: Mantenga los alimentos a temperaturas seguras

Se sugiere trabajar estos aspectos en la escuela para promover la conciencia individual y comunitaria, en los que a cada uno respecta, además de exigir de los organismos responsables que cumplan con los controles de producción. En clase se sugiere que el docente repase con sus alumnos cada uno de estas claves, para comprender qué significa, que cada alumno pueda averiguar si estas medidas se respetan y, eventualmente, hacer una campaña escolar o barrial para fomentar estas conductas.

CONCEPTOS RELACIONADOS

Alimentos. Procesamiento industrial. Envasado y Conservación. Seguridad alimentaria. Inocuidad de los alimentos. Agentes contaminantes. ADN. Proteínas. Antígenos. Anticuerpos. Biología molecular. Biotecnología en alimentos y envasado.

ACTIVIDADES

Actividad 1: Repaso de conceptos

A continuación se presentan párrafos con las definiciones de diez tipos de compuestos que amenazan la inocuidad de los alimentos. También se dan los nombres de los mismos.

El objetivo es:

1. que los alumnos relacionen los agentes con sus respectivas definiciones.
2. Una vez determinado, indicar las técnicas que permiten detectar a cada agente.

Agentes:

ANTINUTRIENTES, ALÉRGENOS, ADITIVOS, PLAGUICIDAS, FERTILIZANTES, FÁRMACOS, BACTERIAS, PRIONES, VIRUS, MICOTOXINAS

Definiciones.

- a) Organismos unicelulares de tipo procariota. Algunas de ellas están relacionadas con infecciones alimentarias, por ejemplo: *Clostridium botulinum* (provoca botulismo), *Escherichia coli O157: H7* (intoxicación severa), *Salmonella spp.* (salmonelosis), *Vibrio cholerae* (cólera), etc. **Rta:** bacterias (detectadas por PCR, ELISA, biosensores, inmunoblotting)

"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.



- b) Se producen por el crecimiento de varios tipos de hongos que pueden estar presentes en una gran cantidad de alimentos humanos y animales. **Rta:** micotoxinas (detectadas por biosensores, ELISA)
- c) El agua y los alimentos que se ingieren crudos son el vehículo más común de este tipo de agentes infecciosos. Unos de los más conocidos son los de la hepatitis A y hepatitis B. **Rta:** virus (detectados por PCR, ELISA y biosensores)
- d) Medicamentos veterinario utilizado con el fin de prevenir o tratar enfermedades. **Rta:** fármacos (detectados por biosensores y ELISA)
- e) Agente infeccioso responsable de enfermedades neurodegenerativas en mamíferos. Este agente carece de ADN y está compuesto exclusivamente por una proteína con estructura tridimensional modificada. Una de las enfermedades causadas por este agente es la encefalopatía espongiforme bovina o “mal de la vaca loca”. **Rta:** priones (detectados por ELISA, inmunoblotting)
- f) Compuestos presentes de forma natural en los alimentos que interfieren negativamente en la absorción y metabolismo de sustancias nutritivas. **Rta:** antinutrientes (detectados por biosensores, ELISA)
- g) Sustancias que al ser ingeridas, inhaladas o por contacto, desencadenan la respuesta inmune en las personas, generalmente mediadas por inmunoglobulinas de tipo E. **Rta:** alérgenos (detectadas por PCR, ELISA, biosensores, inmunoblotting)
- h) Sustancia que se utiliza para combatir plagas. Sus residuos pueden quedar en los alimentos, provocando su contaminación. **Rta:** plaguicidas (detectadas por ELISA, biosensores)
- i) Conjunto de sustancias que se agregan a los alimentos (colorantes, conservantes, antioxidantes, estabilizantes, etc.). Se produce toxicidad del alimento cuando estas sustancias están en mayor cantidad que las permitidas o por la utilización de aquellos no permitidos por el Código Alimentario Argentino. (Ver cuaderno N° 75). **Rta:** aditivos (detectadas por biosensores)
- j) Sustancias que aportan a las plantas uno o varios elementos nutritivos (nitrógeno, potasio, hierro, fósforo, etc.) indispensables para su desarrollo normal. **Rta:** fertilizantes (detectadas por biosensores)

Actividad 2: Análisis de artículo periodístico

El objetivo de esta actividad es conocer los avances en las técnicas de biotecnología que se encuentran actualmente en desarrollo.

"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.



Biosensores para detectar bacterias en los alimentos

Fuente: Clarín. 10/10/2006. <http://www.clarin.com/diario/2006/10/10/sociedad/s-04101.htm>

Una de las técnicas estudiadas se basa en las sombras de luz de láser de los microbios.

Para Scott Martin, especialista en microbiología de alimentos en la Universidad de Illinois, Urbana-Champaign, "el **lavado con agua** de todos los productos que ingerimos es uno de los métodos más eficaces para eliminar bacterias no deseadas. El problema es que **no se las puede eliminar a todas**".

Para mejorarlo, especialistas en microbiología y bioingeniería están trabajando duro para crear **biosensores** capaces de detectar e identificar distintos tipos de bacterias en los alimentos. Algunos de estos biosensores analizan colonias enteras con millones de células bacteriales mientras que otros buscan nada más que una bacteria nociva o molécula.

Confían en poder realizar pruebas con microbios indeseados **a mayor velocidad de lo que se logra con la tecnología actual**, que demanda un día por lo menos. Los nuevos sensores serán **destinados a laboratorios de seguridad de alimentos**. Los especialistas están trabajando con empresas de seguridad de alimentos para lograr que los nuevos sensores sean **portátiles**. Y algunos no ven motivos para que estas nuevas tecnologías no puedan algún día ser lo suficientemente baratas y fáciles de usar como para ser utilizadas **todos los días en el hogar**.

Una de estas nuevas técnicas fue creada por Arun Bhunia, profesor de Microbiología de Alimentos en la Universidad Purdue de West Lafayette, Indiana. Su método se basa en la forma en que los rayos de luz del láser detectan distintos microbios.

En agosto pasado, Bhunia escribió en una publicación especializada que las bacterias tienen sombras de luz de láser **tan únicas como los huellas dactilares** y que brillan de forma difusa en determinadas circunstancias o forman anillos en otras, según la especie de que se trate. Bhunia asegura estar en condiciones de identificar especies **con una precisión de más de un 90%** así como otros agentes patógenos, incluidos el E Coli y la salmonela.

Su equipo de trabajo está probando ahora alimentos como las **salchichas y fiambres**, de modo de verificar la capacidad para diferenciar a las bacterias patógenas de las inofensivas dentro de un ambiente de la vida cotidiana.

De todas maneras, este enfoque tiene una desventaja, que es que se debe esperar a que las células crezcan. Para solucionarlo, el profesor de Química e Ingeniería Biológica Raj Mutharasan, creó una forma para detectar bacterias individuales en muestras de alimentos.

Preguntas para analizar el artículo:

1. ¿Quiénes y en dónde se realizó la investigación?
2. ¿Cuál es el objetivo principal de esta investigación?
3. ¿En qué consiste el método de detección utilizado?
4. ¿Cómo es el funcionamiento del mismo?
5. Cuáles son algunas de las ventajas de este sistema de detección?

Respuestas

1. Fue realizada por Arun Bhunia, profesor de Microbiología de Alimentos en la Universidad Purdue de West Lafayette, Indiana.
2. El objetivo es diseñar un método de detección de microorganismos contaminantes de alimentos.

"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.



3. La búsqueda de microorganismos patógenos se realiza mediante un biosensor, el cual puede analizar tanto colonias enteras de bacterias, como bacterias o moléculas aisladas.
4. El método se basa en la forma en que los rayos de luz del láser del biosensor detectan distintos microbios. Esto se debe a que las bacterias tienen sombras de luz de láser diferentes según la especie, dando un patrón único para cada una de ellas, algo similar a las huellas dactilares.
5. Estos sistemas son más rápidos que los convencionales, más fáciles de transportar debido a su reducido tamaño y tienen una precisión del 90% en la identificación de especies patógenas.

MATERIAL DE CONSULTA

- Declaración de Roma sobre la Seguridad Alimentaria Mundial. Cumbre Mundial sobre la alimentación. 13-17 de noviembre de 1996. Roma, Italia. FAO.
<http://www.fao.org/DOCREP/003/W3613S/W3613S00.HTM>
- “Aplicaciones de Biotecnología en Seguridad Alimentaria” publicado por AESA/ Genoma España. Idioma: español. http://www.gen-es.org/02_cono/docs/SEGURIDAD_ALIMENTARIA.pdf
- Detección de patógenos en alimentos.
<http://ciencias.uniandes.edu.co/pdf/deteccion.pdf>
- Detección e identificación de bacterias causantes de enfermedades transmitidas por alimentos mediante PCR
<http://www.medigraphic.com/espanol/e-htms/e-bioquimia/e-bq2006/e-bq06-2/em-bq062e.htm>
- Detección inteligente de agentes patógenos
<http://www.eufic.org/article/es/page/FTARCHIVE/artid/deteccion-inteligente-agentes-patogenos/?lowres=1>
- Avances en el diagnóstico molecular de Salmonella: PCR aplicada a la avicultura y a la microbiología de los alimentos.
<http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/ganaderia/otras/aves/salmonella.htm>
- “Las 5 claves para mantener los alimentos seguros”. Organización Panamericana de la Salud. 2006. <http://www.paho.org/Spanish/AD/DPC/VP/fos-5-claves-manual.pdf>

"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.