



**UNIVERSIDAD EUROPEA  
MIGUEL DE CERVANTES**

# LA BIOTECNOLOGÍA, HERRAMIENTA PARA LA INNOVACIÓN EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

DRA. M<sup>a</sup> CRUZ REY DE LAS MORAS

LECCIÓN INAUGURAL DEL  
CURSO ACADÉMICO 2016-2017

VALLADOLID, 2016



**LECCIÓN INAUGURAL  
CURSO ACADÉMICO 2016–2017**

**“La biotecnología,  
herramienta para la innovación  
en la industria alimentaria”**

**Dra. M<sup>a</sup> Cruz Rey de las Moras**

**Pronunciada el 21 de septiembre de 2016**

Autor: Dra. M<sup>a</sup> Cruz Rey de las Moras

Colección Lidera, nº 21

ISBN: 978-84-943081-2-3

D.L.: VA 599-2016

Edita: Servicio de Publicaciones de la Universidad Europea

Miguel de Cervantes (UEMC)

Imprime: Gráficas Lafalpoo



**DRA. Mª CRUZ REY DE LAS MORAS**

Doctora en Biología Molecular y Biotecnología e Ingeniera Agrónoma por la Universidad de León. Ingeniera Técnica Agrícola, Técnico en Dirección y Gestión de Empresas Agrarias y Máster en Química Experimental y Laboratorios por la Universidad de Valladolid. Food Safety Management Systems Auditor IRCA-FS/11/SP/1438- y Quality Management System Auditor IRCA-SSCE/QMSLAC/509600/P/21078. Técnico Superior de Prevención de Riesgos Laborales en Seguridad, Higiene Industrial y Ergonomía y Psicosociología -1038/NS/2005- y Agente de Desarrollo Local por el Instituto de Desarrollo Comunitario, además de Técnico en Diseño Industrial.

Directora del Dpto. de Enseñanzas Técnicas, Directora del Máster en Biotecnología, Investigación y Seguridad Alimentaria y Coordinadora Académica del Grado en Tecnología e Innovación Alimentaria en la UEMC. Doctora acreditada profesor de universidad privada y profesor contratado doctor de universidad pública.

Tiene probada experiencia profesional en Dptos. de Calidad e I+D+i en industrias agroalimentarias de gran prestigio. Actualmente su tarea investigadora se centra en la mejora continua aplicada en el campo de la biotecnología y los procesos industriales alimentarios, mediante colaboraciones con empresas y entidades punteras del sector, así como con otras universidades públicas y privadas.



*A mis hijos, mi marido y mis padres,  
con todo mi cariño...*



*“Si alguna vez no sabe cómo animar una conversación que languidece saque a colación el tema de la comida.”*

Leigh Hunt

## **Preámbulo**

Es un honor para mí impartir la lección inaugural del curso académico 2016-2017 cuyo acto protocolario celebramos hoy, y desde aquí quiero que mis primeras palabras sean de agradecimiento a nuestra Rectora, Dña. Imelda Rodríguez Escanciano, por haberme confiado tal privilegio y lo que ello representa, ya que desde hace siglos las lecciones inaugurales han servido a las universidades de Europa para reafirmar y recordar su quehacer en la búsqueda del conocimiento, contribuyendo así al enriquecimiento del saber humano.

En la preparación de la lección que hoy voy a impartirles he podido constatar la dificultad de una tarea que, si bien debe tener, en su contenido, el nivel y rigor que le corresponde a las enseñanzas universitarias, ha de dirigirse, y en lo posible interesar a una amplia audiencia altamente heterogénea, por lo que he procurado buscar el mejor compromiso posible entre las dos concepciones anteriores en aras de conseguir que su atención, y en consecuencia, su aprovechamiento, sea máximo.

Y como el tema es amplio y requiere entrar pronto en materia, lo inicio apropiándome de un texto cervantino en el IV centenario de la muerte de su escritor, desde la gran Universidad que hoy nos acoge y lleva su nombre:

*“...Empero Ahora, que tan sin pensarlo me veo enriquecido deste divino don de la habla, pienso gozarle y aprovecharme dél lo más que pudiese, dándome priesa á decir todo aquello que se me acordare, aunque sea atropellada y confusamente, porque no sé cuándo me volverán á pedir este bien, que por prestado lo tengo”*

(Berganza a Cipión en el Coloquio de los perros).

## Introducción

Dicho lo anterior, se hace necesario contextualizar mi exposición, para ello les hablaré en primer lugar sobre el sector de la industria alimentaria, que como bien sabrán ustedes, se encuentra en un momento clave de consolidación de su fortaleza, en procesos de internacionalización, y en una clara apuesta por la innovación como elemento garante de competitividad y futuro, y así puede ser apreciable a través de las distintas empresas del sector que año tras año tan estrechamente colaboran con esta Universidad y muy especialmente las empresas agroalimentarias de Castilla y León.

La Industria de Alimentación y Bebidas (IAB) sigue siendo un soporte de creación de valor para la economía del Estado que se consolida, según la Federación de Industrias de Alimentación y Bebidas (FIAB) en su último informe de 2015, como primer sector industrial de España con casi 95.000 millones de euros en facturación. Esta cifra supone más del 22% del Valor Añadido Bruto (VAB) del total de las manufacturas nacionales, un máximo histórico.

Cabe destacar que en el último año las exportaciones del sector se han incrementado más del 6% hasta aproximarse a los 26.000 millones de euros y que el número de empresas que han realizado I+D+i en el sector se ha incrementado un 2,5%, alcanzando los 578 millones de euros de inversión.

Este contexto me permite dirigirme hoy a ustedes para compartir una serie de reflexiones e inquietudes en torno a una ingeniería alimentaria, rica en todas sus acepciones, en la que el consumidor demanda productos seguros, de calidad, que aporten sabor y variedad a su vida, y cuya producción sea sostenible y sostenida.

En esta misión, la industria de alimentación y bebidas ya ha dado un paso adelante apostando por la tecnología, los procesos industriales, la calidad, la seguridad alimentaria, la trazabilidad, la innovación, la investigación aplicada, etc. Y es que desde que la biotecnología comenzó a ser un tema mediático se puso en evidencia su impacto en la vida cotidiana, y su relevancia como una tecnología que se suma a las ya existentes para la elaboración de productos que son parte de nuestra vida diaria, como la medicina o la alimentación.

Por tanto, permítanme que les esboce a lo largo de esta disertación algunos temas actuales en el ámbito de la biotecnología e innovación alimentaria y que tal y como expuse al principio de mi intervención tratare de abordar desde el punto de vista estrictamente objetivo y científico, pero con los mínimos tecnicismos posibles para que no les induzca a desconectar de estos apasionantes temas.

## Concepto e historia

Conceptualmente, la biotecnología es una palabra de reciente aparición que describe una disciplina antigua y utilizada por el hombre desde los comienzos de la historia. Según la Sociedad Española de Biotecnología, se define la biotecnología de alimentos como “el conjunto de técnicas o procesos que emplean organismos vivos o sustancias que provengan de ellos para producir o modificar un alimento, mejorar las plantas o animales de los que provienen los alimentos, o desarrollar microorganismos que intervengan en los procesos de elaboración de los mismos”.

El desarrollo de la biotecnología moderna fue posible gracias al avance que se produjo en el conocimiento de la genética en el siglo XX. Cuando se habla de vacunas de nueva generación, de enzimas recombinantes o de cultivos transgénicos, se trata de productos en los cuales se ha utilizado la información genética de los organismos para diseñar el producto final. Por esto, se considera a la genética como una de las ciencias básicas sobre las que se asientan los desarrollos biotecnológicos.

La genética es, básicamente, el estudio de los genes, la herencia y sus mecanismos y fue utilizada empíricamente a lo largo de la historia para obtener mejores especies animales y vegetales que respondieran a los intereses humanos. Estas aplicaciones dejaron de ser empíricas a partir del desarrollo de las Leyes de Mendel, a fines del siglo XIX, y de su redescubrimiento a principios del siglo XX.

Fue durante la segunda mitad del siglo XX cuando se avanzó en la base biológica y molecular de los mecanismos de la herencia, con la asociación de los cromosomas con la información genética, y con el advenimiento de la biología molecular tras el descubrimiento de la estructura del ADN por Watson y Crick en la década de 1950. Dos décadas más tarde, la genética clásica y molecular dieron lugar a la ingeniería genética, cuando se logró obtener construcciones de ADN recombinante usando principalmente enzimas de restricción y ligasas. Así, en la biotecnología moderna están presentes la genética clásica, la citogenética, la genética molecular, la genética de poblaciones y la ingeniería genética, entre otras.

El paso desde las construcciones genéticas a la aparición del primer producto biotecnológico en el mercado en la década de 1980, fue posible por la asociación de científicos y empresarios, que entendieron a la ciencia como un bien común sobre el cual se basa una sociedad para progresar.

Aunque la mayoría de los consumidores asocie la biotecnología de alimentos con los alimentos transgénicos, es decir, aquéllos que son, contienen o han sido producidos a partir de organismos modificados genéticamente, probablemente un porcentaje menor de la población es consciente de que en la práctica totalidad de los alimentos que ingiere ha intervenido algún proceso biotecnológico.

La biotecnología alimentaria no es en absoluto una práctica reciente y podemos dividir la historia de la biotecnología en cuatro periodos:

- I. El primer período se extiende desde la antigua civilización egipcia que ya utilizaba la biotecnología para la selección y mejora de las plantas y los animales que consumía y utilizaba los microorganismos para obtener nuevos alimentos como el vino, la cerveza, el pan con levadura, el queso, etc. mediante procesos de fermentación hasta la segunda mitad del siglo XIX y se caracteriza por la aplicación artesanal de una experiencia resultante de la práctica diaria. Era tecnología sin ciencia subyacente en su acepción moderna.

A este tipo de biotecnología se le denomina “tradicional”, en contraposición con la “moderna”, que emplea la ingeniería genética para obtener plantas, animales y microorganismos modificados genéticamente. De esta forma, se pueden introducir selectivamente modificaciones de interés en un determinado organismo, así como “saltar la barrera de especie”, es decir, introducir un gen de interés de una especie en otra distinta para conferirle una característica determinada. Precisamente en este “matiz” radica el desacuerdo de muchos con esta técnica.

- II. La segunda etapa del desarrollo de la biotecnología se inicia con la identificación, por Louis Pasteur (1822-1895), de los microorganismos causantes de la fermentación y el siguiente descubrimiento por parte de Eduard Buchner (1860-1917) de la capacidad de las enzimas, extraídas de las levaduras, de convertir azúcares en alcohol. Estos desarrollos dieron un gran impulso a la aplicación de las técnicas de fermentación en la industria alimentaria y al desarrollo industrial de productos como las levaduras, los ácidos cítricos y lácticos y, finalmente, al desarrollo de una industria química para la producción de acetona, butanol y glicerol, mediante el uso de bacterias, gracias a los aportes de Robert Koch (1843-1910).

- III. El tercer período en la historia de la biotecnología viene marcado por el descubrimiento de la penicilina por Alexander Fleming en 1928, que sentaría las bases para la producción en gran escala de antibióticos, a partir de la década de los años cuarenta y la aplicación de variedades híbridas en la zona maicera de los Estados Unidos (“cornbelt”) en los años treinta, con espectaculares incrementos en la producción por hectárea, iniciándose así el camino hacia la “revolución verde” que alcanzaría su apogeo 30 años más tarde.
  
- IV. La cuarta era de la biotecnología se inició con el descubrimiento de la doble estructura axial del ácido desoxirribonucleico (ADN) por Watson y Crick en 1953, seguido por los procesos que permiten la inmovilización de las enzimas, los primeros experimentos de ingeniería genética realizados por Cohen y Boyer en 1973 y la aplicación en 1975 de la técnica del “hibridoma” para la producción de anticuerpos “monoclonales”, gracias a los trabajos de Milstein y Kohler y se extendería hasta nuestros días.

Lo que hoy se conoce como ingeniería genética o ADN recombinante, fue parte del hallazgo hecho en 1970 por Hamilton Smith y Daniel Nathans de la enzima restrictasa capaz de reconocer y cortar el ADN en secuencias específicas, hallazgo que les valió el Premio Nobel de fisiología y medicina, compartido con Werner Arber, en 1978. Esta serendipia dio origen al desarrollo de lo que hoy se conoce como ingeniería genética, que permite clonar cualquier gen de microorganismo, célula de planta o de animal en un virus.

## Aplicaciones de la Biotecnología

La aplicación de la Biotecnología es utilizada en muchos ámbitos de nuestra vida, no sólo en la ingeniería alimentaria, así es empleada en el desarrollo de nuevos fármacos y tratamientos de enfermedades, para preservar el medio ambiente a través de la biorremediación y hasta para la restauración de obras de arte, tales como pinturas o monumentos. Se clasifica siguiendo una escala de colores que es meramente orientativa, pero muy intuitiva, en: roja, verde, blanca, gris y azul.

- ⇒ La biotecnología roja se refiere a las aplicaciones biotecnológicas en las áreas de la salud humana y animal. Incluye tecnologías como la ingeniería celular, el diagnóstico molecular, el diseño de nuevos antibióticos o vacunas más seguras, los diagnósticos moleculares, terapias regenerativas y el desarrollo de la ingeniería genética para curar enfermedades a través de la manipulación génica.
  
- ⇒ La biotecnología blanca es también conocida como biotecnología industrial, y se aplica a procesos industriales mediante el diseño de microorganismos para producir productos químicos de gran valor o destruir contaminantes químicos peligrosos. La biotecnología blanca tiende a consumir menos recursos que los procesos tradicionales utilizados para producir bienes industriales al utilizar sistemas biológicos para la fabricación, transformación o degradación de moléculas, gracias a procesos enzimáticos y fermentativos. En estos casos, los procesos biotecnológicos se emplean como alternativa a procesos químicos convencionales, lo que conlleva ventajas económicas y medioambientales. La

importancia de la biotecnología blanca para una industria más sostenible, ha sido repetidamente señalada por entidades, como la Comisión Europea o la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

- ⇒ La biotecnología gris se centra en las aplicaciones ambientales, creando soluciones tecnológicas sostenibles que ayudan a proteger el medio ambiente en dos grandes ramas de actividad: el mantenimiento de la biodiversidad y la eliminación de contaminantes. Respecto a la primera, cabe destacar la aplicación de la biología molecular al análisis genético de poblaciones y especies integrantes de ecosistemas y las técnicas de clonación con el fin de preservar especies y la utilización de tecnologías de almacenamiento de genomas. En cuanto a la eliminación de contaminantes o biorremediación, se utilizan microorganismos y especies vegetales para el aislamiento y la eliminación de diferentes sustancias, como metales pesados e hidrocarburos.
  
- ⇒ La biotecnología azul también llamada biotecnología marina, es un término utilizado para describir las aplicaciones de la biotecnología en ambientes marinos y acuáticos. Aún en una fase temprana de desarrollo, sus aplicaciones son prometedoras para la acuicultura, cosmética y productos alimentarios.
  
- ⇒ Y por último, la biotecnología verde se refiere a las aplicaciones de la biotecnología en agricultura y agroalimentación e incluye la investigación y obtención de plantas genéticamente modificadas.

## **La biotecnología alimentaria**

Centrémonos en esta última. La biotecnología alimentaria aprovecha el espectacular desarrollo acaecido en la segunda mitad del siglo XX en el campo de la microbiología, la ingeniería genética y la biología molecular para innovar en la producción de alimentos más sanos, saludables y seguros y es capaz de mejorar la calidad de vida, reflejándose en la economía y convirtiéndose en uno de los motores de crecimiento global, al aumentar las empresas que aprovechan sus oportunidades y los beneficios generados por ellas. Y es que los mercados se mueven y cambian a gran velocidad. La globalización imprime un ritmo a las empresas que no admite interrupciones ni dilaciones.

En ese contexto, la empresa necesita optimizar regularmente sus procesos de producción; y, por supuesto, gestionar con agilidad cualquier mejora tecnológica en sus productos, por lo que innovar ya no es una opción, es una necesidad y en muchos casos la biotecnología es su principal herramienta.

Con todo lo anterior se hace necesario responder a la siguiente pregunta:

### ***¿Hacia dónde nos dirigimos?***

Pues bien, el desarrollo de la biotecnología en el sector alimentario, derivado de la creciente demanda de productos más seguros y saludables, así como el fuerte impacto del sector alimentario en la economía y un incremento de las fuentes de energía renovables, y la mejora medioambiental mediante el aprovechamiento

de subproductos y reducción de fuentes de contaminación, tales como residuos orgánicos o aguas residuales, ofrecen las grandes oportunidades para los años venideros.

Y en este sentido, la biotecnología como herramienta innovadora de la industria alimentaria es ya utilizada para el diagnóstico biológico mediante herramientas moleculares y bioquímicas como la identificación y caracterización de microorganismos, microbiología predictiva, análisis de la expresión génica, evaluación de bioactividad mediante sistemas “in vitro” o biosensores. También para la ingeniería genética de microorganismos en la que incluimos el diseño de microorganismos para la producción de sustancias de interés o el diseño de microorganismos como sistemas de diagnóstico, o incluso para la producción de bioproductos: cultivos iniciadores, microalgas, proteínas unicelulares, compuestos activos como ácidos orgánicos, grasas, vitaminas, etc.

Por tanto, las aplicaciones de la biotecnología en la industria alimentaria podrían resumirse fundamentalmente en las tres siguientes:

1. Mejora de la calidad de las materias primas

### **Origen Vegetal**

La primera generación de cultivos transgénicos buscaba aumentar la productividad, reducir el uso de agroquímicos, conservar la tierra cultivable, manejar y aprovechar más eficientemente el agua y la energía o reducir la contaminación ambiental. Los primeros cultivos transgénicos de maíz, soja, trigo o algodón obtenidos poseían ventajas fundamentalmente para los agricultores al ser plantas resistentes a insectos y/o tolerantes a herbicidas, asegurando de esta forma el mayor rendimiento de la cosecha.

La segunda generación de cultivos transgénicos reportan beneficios más evidentes para el consumidor y/o para la industria alimentaria, tales como propiedades nutricionales, funcionales y/o tecnológicas mejoradas.

Actualmente existen programas de mejora en calidad nutricional (proteínas, vitaminas y minerales), en eliminación de alérgenos, la fitorremediación o la utilización de plantas como biorreactores (“molecular pharming”) para la expresión de proteínas recombinantes con fines tales como la producción de anticuerpos, vacunas y otras proteínas de uso terapéutico o industrial.

Las plantas genéticamente modificadas nos ayudan a aumentar el valor nutritivo de los alimentos básicos de nuestra dieta como son el maíz, el arroz o el trigo, que presentan porcentajes bajos en aminoácidos esenciales como la lisina y la metionina y se pueden aumentar el tipo y concentración de hidratos de carbono y lípidos para aumentar el contenido energético y propiedades funcionales en las harinas de estos cereales.

Con el objetivo de mejorar el valor nutritivo del arroz surgió el “arroz dorado”, llamado así por la pigmentación amarilla que tienen sus granos debido a que acumula altos niveles de provitamina A en el endospermo. Este arroz es utilizado para suplir la deficiencia de vitamina A que provoca ceguera y trastornos inmunitarios en zonas de Asia, África e Iberoamérica. El arroz dorado sintetiza un compuesto, el  $\beta$ -caroteno, que el organismo transforma en vitamina A. Se está estudiando también como introducir en estos alimentos básicos más vitaminas y minerales como el hierro.

También se están creando vegetales transgénicos capaces de producir medicinas o vacunas. Existen plantas, como la planta del tabaco, capaz de expresar anticuerpos monoclonales contra el agente que causa la caries dental o antibióticos de origen vegetal como la alicina y la encima glucocerebrosidasa aconsejada contra la enfermedad cerebral de Gaucher, además de patatas transgénicas que inmunizan contra el cólera o diarreas bacterianas.

O las llamadas “vacunas comestibles”, es decir, plantas por ejemplo de tomate, patata o bien plátanos capaces de fabricar antígenos útiles como vacunas, aunque siguen en estudio debido a la escasa cantidad de vacuna que una planta produce o por la cantidad de alimento con vacuna comestible que proporciona una dosis predecible de antígeno.

Al mismo tiempo se están realizando estudios para eliminar compuestos tóxicos o alergénicos en alimentos como por ejemplo eliminar el gluten, proteína a la que ya muchas personas tienen intolerancia y en menos casos alergia.

Con la biotecnología somos capaces de obtener patatas más ricas en almidón para hacer un puré más fino o con menos aceite o aceites a partir de los cuales obtener sustancias como el ácido adípico utilizado en la fabricación del nailon y el ácido láurico, usado para la elaboración de detergentes. En el café transgénico podemos disminuir los niveles de cafeína y potenciar su aroma y en las uvas transgénicas podemos eliminar las semillas que producen.

Y como no, los tomates transgénicos un ejemplo conocido por todos. El primer logro fue el tomate FlavrSavr, producido por la compañía Calgene en 1994, que contenía un gen que hacía

que madurara más lentamente. El objetivo era conseguir tomates que pudieran cortarse lo más tarde posible de la planta y llegar al consumidor con el sabor y la textura óptimos. Esto fue posible al anular la enzima poligalacturonasa y en consecuencia los tomates tardaban más en pudrirse una vez recolectados. Para conseguir este alimento transgénico, una copia inversa del gen responsable de generar esta enzima se introducía en el genoma de la planta.

El mejoramiento de las características del tomate se logró mediante la transferencia de un gen proveniente de un hongo comestible llamado *Flammulina velutipes*. Este gen codifica para la enzima C-5 esteroles desaturasa (FvC5SD), una enzima involucrada en la síntesis del ergosterol.

Las plantas de tomate transgénicas que expresan FvC5SD tienen una producción mayor de cera epicuticular, una cera tipo parafina que en las hojas de las plantas las protege de la pérdida de agua, un 23% más que sus homólogos no transgénicos, dándoles una mayor tolerancia a la sequía y mayor resistencia a los ataques de hongos.

Los tomates transgénicos de color morado deben su pigmentación oscura a la antocianina, también denominada antocianidina, un antioxidante perteneciente al grupo de los bioflavonoides que protege de los rayos ultravioletas, evita la producción de radicales libres y juega un papel fundamental en la prevención de la degeneración celular que se produce en los órganos de mamíferos y humanos. El pigmento de color púrpura es el resultado de la transferencia del gen de una planta de boca de dragón. La modificación desencadena un proceso dentro de la planta de tomate que permite que se desarrolle la antocianina.

En los trabajos realizados con ratones de laboratorio se ha demostrado que la inclusión de estos tomates en su dieta diaria aumentaba la esperanza de vida, sin duda, es una buena razón para tener presentes este tipo de productos en la alimentación.

### **Origen Animal**

Un animal transgénico es un animal genéticamente modificado, que tiene un gen o grupo de genes que no le pertenecen con el fin de producir algo de interés.

El genoma de los animales se puede modificar:

- Insertando genes de la misma especie o de una especie diferente (por ejemplo, para que una vaca produzca en su leche la hormona de crecimiento humana).
- Alterando ciertos genes presentes en el animal de manera que esta modificación se transmita a la descendencia. En general esta estrategia se emplea para conocer la función de ese gen.

En lo que se refiere a los animales transgénicos destinados a la producción de alimentos, se han obtenido, entre otros, cerdos transgénicos clonados ricos en ácidos grasos omega 3 y peces de mayor tamaño, pero en la actualidad no existe autorización para la comercialización de ningún animal transgénico destinado a la alimentación.

No obstante, la producción de proteínas de interés terapéutico para el ser humano en la leche de determinadas especies domésticas (lo que se denominan “granjas farmacéuticas”) presenta un gran interés para la industria farmacéutica, pues permite la obtención de cantidades mucho más elevadas de proteínas biológicamente

activas en comparación con las obtenidas mediante los métodos de purificación tradicionales.

Los ratones fueron los primeros animales transgénicos que se obtuvieron en la década de los 80, paralelamente con el advenimiento de la ingeniería genética. El primer ratón transgénico, publicado en la revista científica Nature en 1982, producía la hormona de crecimiento de rata por lo cual su tamaño era mayor que el ratón que no la tenía. Este experimento constituyó una revolución porque demostraba que un gen de una especie puede introducirse en otra especie diferente, integrarse en el genoma y expresarse.

Actualmente se siguen utilizando ratones transgénicos como herramientas de laboratorio para estudiar los genes, su función y cómo se regula su expresión, si se cambia el lugar o el tiempo de expresión de ese gen y como modelos de enfermedades para el desarrollo de medicamentos y estrategias de tratamiento, siendo posible obtener otros animales transgénicos, además de roedores. Los animales más grandes como ovejas, cabras, cerdos y vacas pueden modificarse genéticamente gracias al desarrollo de las técnicas de clonación.

Tracy, fue la primera oveja transgénica del mundo y producía alfa-1-antitripsina en la leche. La deficiencia de esta sustancia es un trastorno hereditario el cual lleva a una degradación tisular durante la inflamación. Esto causa enfisema pulmonar y lleva a la cirrosis hepática en casos severos. Rosita ISA, fue el primer bovino clonado con genes humanos que codifica dos proteínas presentes en la leche materna, de gran importancia para la nutrición de los lactantes: la lactoferrina y la lisozima y Herman fue el primer toro transgénico del mundo que poseía el gen para la lactoferrina humana (HLF). El gen fue transmitido a su descendencia, obteniéndose las primeras vacas

transgénicas que producían HLF en su leche. La lactoferrina tiene actividad antimicrobiana por lo que es considerada un componente de la inmunidad innata y la lisozima actúa como una barrera frente a las infecciones, ya que daña las células bacterianas catalizando la hidrólisis de las uniones  $\beta$  1-4 entre los residuos de ácido N-acetilmurámico y N-acetil-D-glucosamina en un peptidoglicano.

Para aumentar la cantidad de leche producida, en EE.UU. está permitido darles a las vacas rBGH (hormona recombinante del crecimiento bovino), que está prohibida en la Unión Europea, así como en Japón, Canadá, Nueva Zelanda y Australia.

En 1989, investigadores canadienses lograban alterar el genoma del salmón Atlántico para que creciese más deprisa, son salmones del Atlántico con genes del salmón chinook (del Pacífico) y del abadejo, que hacen que los salmones sobre expresen la hormona que causa su crecimiento, de forma que crecen durante todo el año y no solo en primavera y verano. Como resultado, alcanzan su tamaño óptimo en la mitad de tiempo: un año y medio en vez de tres años.

La insulina con la que actualmente se trata a los diabéticos en todo el mundo, proviene de bacterias genéticamente modificadas para expresar esa proteína. Poca gente sabe que un agente coagulante, aprobado en la Unión Europea en verano de 2006 (no para consumo, sino como medicamento), y que se usa para tratar a cientos de pacientes al año, se obtiene a partir de leche de cabras transgénicas.

Me refiero a una proteína de la sangre humana, llamada antitrombina humana alfa, o AT, con propiedades anticoagulantes y antiinflamatorias. Las personas sanas producen naturalmente esta proteína, que evita que se formen coágulos en las venas y arterias,

pero algunas carecen de ella por causas hereditarias. Cuando una de estas personas debe someterse a un procedimiento quirúrgico de riesgo, la AT se utiliza para evitar de forma preventiva que aparezcan trombos que pongan en riesgo su vida.

La empresa GTC Biotherapeutics logró modificar genéticamente una cabra, de forma que exprese esta proteína en su leche. Esta forma de producirla es más segura que extraerla de donantes humanos, ya que el historial de los animales está siempre completamente controlado. La empresa posee un rebaño de 200 cabras que viven aisladas en una granja en Massachusetts, rodeadas de medidas de seguridad tanto para evitar contagios como para evitar que escapen y puedan transmitir sus genes modificados.

También hay vacas como Patagonia I, II, III y IV, que producen insulina, de forma que con sólo 25 de estos animales se podría generar la suficiente insulina para abastecer a 300.000 diabéticos, y también existen ya vacas capaces de producir más cantidad de caseína en la leche, de esta forma se puede fabricar más queso con el mismo volumen de leche y más rápido porque el tiempo de coagulación es menor.

Si hablamos de la oveja humana, no esperen oír acerca del cruce entre un pastor y uno de los lanudos animales, sino la primera quimera del mundo (parte animal, parte humana), gracias a la introducción de células humanas en el peritoneo del feto de la oveja. El responsable de este monstruo mitológico, 85% animal 15% humano, es Esmail Zanjani, profesor de la Universidad de Nevada. Y lo hizo para que la oveja lograra órganos que se pudiesen trasplantar al humano, sin problemas de rechazos.

Los órganos que esta oveja comparte con parte de células humanas son el hígado, el corazón, los pulmones y el cerebro. Si la teoría funcionara, resultaría la salvación para millones de personas que aguardan un trasplante.

Un equipo de investigadores de la Universidad de Biología Anfibia de Hiroshima ha creado un tipo de rana translúcida cuyos órganos internos son visibles a través de su piel. ¿Para qué? Los investigadores aseguran que estas ranas pueden ayudar al estudio de las enfermedades y al desarrollo de tratamientos médicos, permitiendo a los científicos observar el estado de los órganos internos del anfibio, sin tener que diseccionar al animal. La rana “transparente” es el resultado de cruzar dos especies de ranas japonesas. Por defecto, la Rana Japónica, tiene una mutación genética que le da una piel pálida. El cruce sistemático y selectivo entre especímenes de piel pálida, va generando ranas cada vez más traslúcidas. Si quieren, según asegura el profesor Masayuki Sumida, podrían hacer ranas brillantes, además de translúcidas tan sólo agregando proteínas fluorescentes y así servirían para visualizar en tiempo real problemas en los genes u observar el desarrollo y el progreso del cáncer, el crecimiento y envejecimiento de los órganos internos y los efectos de los químicos en los órganos.

A su vez, ANDi, cuyo nombre viene de “inserted DNA”, en un juego de palabras típico de los norteamericanos, es el primer mono modificado genéticamente que nació ya hace mucho tiempo, en octubre del año 2000. Se le agregó un gen de medusa al óvulo fecundado. Esta modificación logra que las células brillen con una luz especial bajo el microscopio. Desde entonces, se ha propuesto agregar todo tipo de genes a los óvulos de los primates, desde genes con alzheimer, hasta genes infectados con el virus del SIDA o con cáncer. En combinación,

estos genes con el de la medusa, resaltarán las moléculas de las células y acelerará de forma exponencial las investigaciones sobre estas enfermedades, según asegura el Profesor Gerald Schatten.

La polémica no se hizo esperar y, siendo los monos los más próximos a los humanos, miles de personas levantaron su voz expresando su indignado descontento. Pero, mientras algunos se horrorizan y otros se indignan, los menos afortunados albergan la esperanza de que uno de estos animalitos pueda ser su salvación.

## 2. Procesado y conservación de los alimentos

La biotecnología se aplica a la conservación de alimentos mediante la producción de bacteriocinas y mediante la prolongación de la vida útil. Las bacteriocinas como la nisina, pediocina y la lactococcina con capacidad antimicrobiana, son péptidos con gran potencial como agente conservante de alimentos. 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, algunos de estos péptidos se están utilizando en la conservación de productos lácteos, cárnicos y vegetales poco procesados. Se espera que en un futuro reemplacen a los aditivos químicos por lo que la biotecnología está desarrollando bacterias recombinantes que produzcan mayores cantidades de estas sustancias para cubrir su demanda comercial.

Para la prolongación de la vida útil se están siguiendo distintas estrategias como plantas con frutos con mayor resistencia física al ataque bacteriano, plantas con menor producción de etileno o

plantas con bloqueo del proceso de senescencia que interviene en la maduración del fruto antes y después de la cosecha.

### 3. Control de la seguridad alimentaria

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 cría 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.

El nuevo enfoque adoptado para asegurar la inocuidad de los alimentos considera que cada eslabón de la cadena de producción de alimentos, desde la producción primaria y la producción de piensos para animales hasta la venta al consumidor final, tiene el potencial de influir en la seguridad alimentaria. En este contexto, aparece el concepto de trazabilidad, es decir, la posibilidad de identificar el origen de un alimento y poder seguir su rastro durante toda su vida útil. La trazabilidad es una herramienta que asegura y/o restablece la seguridad alimentaria y que ayuda a evitar fraudes y a recuperar la confianza del consumidor en la seguridad de los productos alimenticios.

La biotecnología puede aportar soluciones tanto para el control de la seguridad alimentaria como para satisfacer la obligatoriedad de garantizar la trazabilidad de los productos alimenticios, por ejemplo empleando métodos inmunoquímicos y genéticos para el control de la seguridad en todos los eslabones de la cadena.

### 3.1 Detección de agentes nocivos en los alimentos

En el último siglo, la preocupación por la seguridad alimentaria ha adquirido especial importancia en los consumidores, en especial, la eliminación de productos o compuestos tóxicos de los alimentos.

Las técnicas biotecnológicas para la detección de agentes nocivos (microorganismos patógenos y/o sus toxinas, alérgenos, residuos de tratamientos veterinarios, contaminantes abióticos de origen ambiental, etc.) en los alimentos pueden emplearse individualmente o en combinación con técnicas analíticas tradicionales (como HPLC y cromatografía de gases acopladas a espectrometría de masas). Los sistemas biotecnológicos de detección están basados en técnicas inmunoquímicas (ELISA, dispositivos de flujo lateral, ensayos de aglutinación con partículas de látex, etc.), genéticas (hibridación de ADN, PCR y sus variantes, como PCR cuantitativa en tiempo real, etc.), u otras (por ejemplo, detección de la bioluminiscencia del ATP). En muchos casos, estas técnicas se presentan bajo el formato de kits comerciales sencillos de utilizar, que producen resultados de forma rápida y que permiten la realización de ensayos de campo gracias a su portabilidad. Asimismo, cada vez se dispone de una mayor variedad de nanodispositivos compactos de análisis (biosensores) 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, anti nutrientes, toxinas, fármacos, contaminantes orgánicos, alérgenos, etc. para la detección de agentes nocivos presentes en los alimentos.

Las nuevas técnicas biotecnológicas presentan una serie de ventajas tales como una mayor sensibilidad del sistema de detección, mejor portabilidad, mejor adaptación a los sistemas de producción y, en algunos casos, abaratamiento del coste de control.

Por ejemplo, en los quesos, se acumulan grandes cantidades de aminas biógenas debido al metabolismo de ciertas cepas de bacterias del ácido láctico. Estas aminas son compuestos tóxicos producidos por la descarboxilación de aminoácidos. El consumo de quesos con un elevado contenido en aminas biógenas puede ocasionar intoxicaciones alimentarias, por ello, se busca reducir su concentración. Muchas de las metodologías empleadas hasta el momento no son efectivas o modifican las propiedades organolépticas de los quesos, por lo que el uso de bacteriófagos capaces de infectar a bacterias productoras de aminas biógenas para complementarlas sería la solución.

### 3.2 Trazabilidad de los organismos modificados genéticamente

Todos los eslabones de la cadena de producción de alimentos deben conocer y transmitir la información relativa al empleo de organismos modificados genéticamente en sus productos para que los consumidores finales puedan tomar sus propias decisiones acerca de los productos alimenticios que adquieren. El etiquetado de los mismos debe ser veraz y completo, tanto en su composición como en su forma de obtención.

Para detectar la presencia de organismos genéticamente modificados en los alimentos se utilizan técnicas de biotecnología como PCR, ELISA, inmunoblotting y Southernblot.

### 3.3. Identificación de especies

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

La sustitución de especies animales o vegetales por otras similares con menor valor económico es uno de los fraudes alimentarios más frecuentes. No estamos hablando sólo de dinero sino de que en algunas ocasiones se pueden originar problemas de salud en los consumidores (alergias) o conllevar implicaciones éticas o religiosas. La identificación de especies puede llevarse a cabo mediante métodos inmunoquímicos, como ELISA o Western blot, o genéticos, basados en el análisis de los denominados marcadores moleculares genéticos. Éstos consisten en secuencias de ácidos nucleicos capaces de proporcionar información específica sobre un organismo. Su identificación se realiza mediante diferentes métodos, entre los que se incluyen: Southernblot, análisis de los polimorfismos de los fragmentos de restricción (RFLP) y diferentes variantes de la técnica de PCR.

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);  $\alpha$ -lactoglobulina para la detección de leche de vaca; glicina y  $\beta$ -conglucina para detectar presencia de soja al sustituir productos lácteos o hesperetina y metilantranilato para detectar miel proveniente de cítricos.

## Colorario

Fue Baudelaire quien escribió en 1857 su poemario “Las flores del mal”, en su afán destructivo de abrazar el mal y la perversión. Y así, en la actualidad no son pocos los que considerarían que no sólo habría flores malvadas, sino también maíz, tomates, salmón o leche que saben a alga o abadejo, con una vehemencia que recuerdan a los debates medievales sobre si era correcto desviar un río el cual “Dios había puesto ahí desde el principio de los tiempos”.

La tecnología, y en ella incluyo desde el más simple azadón hasta lo último en nanotecnología, nos ha ayudado y ayuda a desenvolvemos en un ambiente hostil. Ciertamente es que algunas innovaciones científico-técnicas, como la biotecnología aplicada a la alimentación, provocan un gran impacto social. El rechazo a la innovación o neofobia, se genera como prevención frente al peligro potencial de lo no conocido y en alimentación ante la posibilidad de que el alimento pudiera provocar consecuencias mórbidas o mortales.

Con ello no pretendo decir que todo aquello que es nuevo ha de ser necesariamente bueno, ni que todo lo viejo lo sea, pero sí que les invito a hacer la siguiente reflexión: el miedo a lo nuevo siempre ha estado presente en nuestra evolución tecnológica, se presentó cuando inventamos el avión (“no va volar o puede ser peligroso viajar a más de 30 km/h”), la televisión (“no tendrá mucho futuro”) o la radio (“destruirá la industria musical”), la robótica, etc. Es por ello que debemos poner en práctica el consejo de Marie Curie y hacer un esfuerzo por conocer aquello que, en principio, nos puede infundir miedo, porque el miedo nos paraliza y no nos deja avanzar.

Y es ese esfuerzo lo que permitiría no menospreciar los aportes que la biotecnología ha realizado en los últimos años a procesos y productos de la industria alimentaria, como los productos con mayor valor nutricional y organoléptico, nuevos alimentos funcionales, 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.), el uso de biosensores para control de procesos (ph, detección de contaminantes, etc.) o de enzimas con características específicas (termo resistentes, mayor velocidad de reacción) para su utilización en procesos de fermentación en distintos sectores.

En definitiva, la biotecnología y su desarrollo en el futuro no debería ser puesta en entredicho *per sé*, ya que como decía Blaise Pascal “El hombre está dispuesto siempre a negar todo aquello que no comprende”. Por ello, el debate público, y las posiciones sociales que lo alimentan, previsiblemente serán duraderos. Están en juego no sólo potentes intereses económicos y políticos, sino también referencias simbólicas que conciernen concepciones borrosas del mundo natural, valoraciones de la tecnología, ideologías contrapuestas, escrúpulos sumergidos, sin razones o con razón.

Confío en que hayan disfrutado, como yo, mientras trataba de dibujar este esbozo sobre el uso de la biotecnología como factor necesario en el desarrollo de la tecnología y la innovación alimentaria.

Es en este contexto donde la Universidad que hoy nos acoge, apostando firmemente por este mundo tan apasionante a través de la investigación y la docencia, tiene la misión no sólo de destaparlo, sino de enseñar a descubrirlo.

Muchas gracias por su respetuoso silencio y benevolente atención.

He dicho.

## Bibliografía

- Ambavaram M.M.R. *et al.* 2014. Coordinated regulation of photosynthesis in rice increases yield and tolerance to environmental stress. *Nature Communications* 5, doi:10.1038/ncomms 6302.
- Ariño A *et al.*, 2007. Natural occurrence of *Fusarium* species, fumonisin production by toxigenic strains, and concentrations of fumonisins B1 and B2 in conventional and organic maize grown in Spain. *Journal of Food Protection* 70, 151-156.
- Bakan *et al.* 2002. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50, 728-731, 2002
- Cubero JI. 2013. *Introducción a la Mejora Genética Vegetal*.
- De la Fuente JM *et al.* 1997. Aluminum Tolerance in Transgenic Plants by Alteration of Citrate Synthesis. *Science* 276, 1566-1568.
- Deinlein U. *et al.* 2014. Plant salt-tolerance mechanisms. *Trends Plant Sci.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2014.02.00>
- Duke SO, Powles SB. 2009. Glyphosate-Resistant Crops and Weeds: Now and in the Future *AgBioForum* 12, 346-357.
- EFSA, Guidance document for risk assessment of food and feed from genetically modified plants (*EFSA Journal* 9(5), 2150, 2011).
- Etzel RA. 2002. Mycotoxins, *JAMA*, 287, 425-427.
- European Commission. [http://ec.europa.eu/food/dyna/gm\\_register/index\\_en.cfm](http://ec.europa.eu/food/dyna/gm_register/index_en.cfm)
- Fernández-Cornejo J *et al.* 2014. Genetically Engineered Crops in the United States – USDA (ERR 162) [http://www.ers.usda.gov/media/1282242/err162\\_summary.pdf](http://www.ers.usda.gov/media/1282242/err162_summary.pdf)

- Gil-Humanes J. *et al.* 2014. Reduced-GliadinWheat Bread: An Alternative to the Gluten-Free Diet for Consumers Suffering Gluten-Related Pathologies. *PlosOne* 9(3), e90898. doi:10.1371/journal.pone.0090898.
- Gilbert N. 2010. Inside the hot houses of industry. *Nature* 466, 448-451.
- Gómez Sordo, C. *et al.* Bacteriófagos para el biocontrol de aminas biógenas en alimentos. International Service for the Acquisition of Agribiotech Applications (ISAAA). <http://www.isaaa.org>
- Inst. Medicine and Natl Research Council. 2004. Safety of Genetically Engineered foods. National Academy Press.
- James C. 2015. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2014. Brief 49. ISAAA. [www.isaaa.org](http://www.isaaa.org)
- James, C (2011). ISAAA Brief 43, Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2011. ISAAA Briefs. Ithaca, New York: International Service for the Acquisition of Agribiotech Applications (ISAAA)
- Joshi *et al.* 2013. Genomic differences between cultivated soy bean, *G. max* and its wild relative *G. soja*. *BMC Genomics* 14 (Supl 1), S5.
- Klümper W., Qaim M. 2014. A Meta-Analysis of the Impacts of Genetically Modified Crops. *PLoS ONE* 9(11): e111629. doi:10.1371/journal.pone.0111629
- Kochian L.V. *et al.* 2004. How do crop plants tolerate acid soil mechanisms of aluminum tolerance and phosphorous efficiency. *Ann Rev Plant Sci* 55:459–93.
- Lam H.M. *et al.* 2010. Resequencing of 31 wild and cultivated soy bean genomes identifies patterns of genetic diversity and selection. *Nature Genetics*. 42, 1053–1059. Mutant Variety Database: <http://mvd.iaea.org/>
- National Academy of Sciences, 2010. Impact of Genetically engineered crop on farm sustainability in the United States. <http://www.nap.edu/catalog/12804.html>

- Naqvi S. *et al.*, 2009. Transgenic multivitamin corn through biofortification of endosperm with three vitamins representing three distinct metabolic pathways. PNAS 106, 7762-7767.
- Nicolia A. *et al.* 2013. (Review) An overview of the last 10 years of genetically engineered crop safety research. Crit Rev Biotechnol: 10.3109/07388551.2013.823595. Nuclear Techniques for Food and Agriculture: <http://www-naweb.iaea.org/nafa/Safety> of Genetically Engineered foods. Inst. Medicine and Natl Research Council. National Academy Press, 2004.
- Sankula S. *et al.* 2005. Biotechnology derived crops planted in 2004. Impact on US Agriculture. National Center for Food and Agricultural Policy, Washington DC. USA Página 3
- Van Eenennaam AL. *et al.* (2007). Maize streak virus-resistant transgenic maize: a first for Africa. Plant Biotechnol. J. 5 (6): 759-67. doi:10.1111/j.1467-7652.2007.00279.x. PMID 17924935.
- Tan, S. *et al.* (2005). Imidazolin one-tolerant crops: History, current status and future 3 (61). Pest Management Science. pp. 246-257.
- Wu F. 2006. Mycotoxin reduction in Bt corn. Nature Biotechnology 26, 1301 - 1308 (2008). Published online: 26 October 2008 | doi:10.1038/nbt.1506









UNIVERSIDAD EUROPEA  
MIGUEL DE CERVANTES