

Conferencia

Alimentos transgénicos

M. BUENO

Catedrático de Pediatría. Universidad de Zaragoza

INTRODUCCIÓN

Los alimentos transgénicos son aquéllos en cuyo diseño se utilizan las técnicas de ingeniería genética. Realizaron su aparición pública en España en diciembre de 1996 con la llegada de un barco cargado de soja transgénica al puerto de Barcelona.

El término transgénico, sin embargo, no es correcto, ya que en sentido estricto es el procedimiento por el que un organismo porta genes provenientes de otra especie. Esta fue la situación del primer ratón patentado por la Universidad de Harvard, resultado de la introducción en su organismo de genes humanos procedentes de una neoplasia. Actualmente se definen como aquellos alimentos que **contienen genes no propios, procedentes de otro organismo donador**.

En el caso de los alimentos, varios de los, hasta el momento conseguidos, son modificaciones de un/os gen/es en su expresión (incremento o disminución). Por ello, parecen términos más adecuados los menos agresivos, como "alimentos modificados genéticamente", "organismos genéticamente modificados" o "nuevos alimentos".

La eclosión de la biotecnología ha dado lugar a la denominada nueva revolución verde. En el caso de alimentos de origen vegetal se ha investigado de forma especial la resistencia a herbicidas y a las plagas de insectos. Se calcula que existen unos 40 millones de hectáreas (Ha) de cultivos transgénicos en el mundo, de los que el 86% se encuentran en los EE.UU. En España se han cultivado 20.000 Ha de maíz manipulado genéticamente, siendo el primer país productor de la Unión Europea (UE). Las plantaciones desarrolladas con tecnología genética son de soja, maíz, algodón, colza, tabaco, tomate y patata. En fase de desarrollo

existen ensayos con el melón, cereales, pepinos, lechuga, pimientos y manzanas. Para crear una planta transgénica hay que introducir el nuevo gen o genes, denominados "genes de interés" y cuya expresión se pretende, en el patrimonio genético de la célula vegetal que dará origen a una nueva planta.

En el caso de los alimentos de origen animal se han desarrollado líneas de investigación con vacas transgénicas. También, se ha conseguido un cuajo, la quimosina, que se utiliza para fabricar quesos en algunos países de la UE. Se dispone de salmones transgénicos que portan copias múltiples del gen de la hormona de crecimiento. También se han desarrollado ovejas transgénicas que producen leche conteniendo lactoalbumina humana, o productoras de mayor cantidad de lana.

La actual polémica de los alimentos transgénicos es una discusión entre dos posicionamientos: las multinacionales productoras y los grupos de presión (organizaciones ecologistas transnacionales, principalmente). En medio de ellos están, un consumidor que desconoce qué es la ingeniería genética, unos científicos aislados en la torre de marfil de sus laboratorios y una clase política que aprovecha la situación para atacar al partido de opinión contraria. "Las semillas de la ira" es el título de un reportaje emitido en un conocido canal de TV en el que se abordaron problemas, como el futuro de la agricultura, porvenir de los países menos desarrollados e influencia de las multinacionales del sector agrícola. Las empresas especializadas insisten en el logro que puede suponer disponer de una despensa que asegure la alimentación de los 6.000 millones de personas que pueblan nuestro planeta. Las organizaciones ecologistas cuestionan la producción de los alimentos transgénicos, dado el riesgo que su consumo puede suponer para la salud. El acuerdo sobre transgénicos que se ha discutido en la Cum-

bre de Montreal ha llegado a acuerdos concretados en el llamado "principio de precaución", impuesto por los países de la UE. A cambio, estos han cedido a los EE.UU. en el espinoso punto del etiquetado.

La ingeniería genética puede considerarse el avance más importante de la industria en relación con la moderna agricultura; abre importantes perspectivas sobre la posibilidad de programar las células de las plantas para aumentar la producción de productos naturales raros, o para modificar el contenido nutricional de los alimentos, aumentando o disminuyendo un nutriente en particular, según las necesidades específicas de determinados grupos de población.

LA REVOLUCIÓN GENÉTICA

El acúmulo de conocimientos en el campo que nos ocupa, es parcialmente el resultado del desarrollo del Proyecto Genoma Humano.

La tecnología ADN-recombinante ha permitido secuenciar el genoma humano. Otros genomas han sido secuenciados, como son los casos de la *Drosophila melanogaster*, *C. elegans*, arroz y *E. coli*. Ello permitirá identificar todas las proteínas que sintetiza el hombre y comprender el mecanismo por el que los genes cifran estas proteínas.

La utilización de la tecnología ADN-recombinante en la producción de alimentos para consumo humano ha alcanzado importantes resultados en los últimos años. En la tabla I se incluyen algunos ejemplos. Las técnicas utilizadas para introducir clones de ADN en las células hospedadoras son: técnica del "Caballo de Troya" y técnicas de "Biobalística". La primera consiste en la introducción de genes clonados en las células de algunas plantas, como es el caso de la bacteria *Agrobacterium tumefaciens* en la que se insertan sus plásmidos en las células radiculares de la planta en cuestión (colza). Este método no es válido para otras plantas de interés agronómico, como son las monocotiledóneas (trigo, maíz, arroz) en las que es preciso introducir los segmentos de ADN de interés en soportes de micropartículas de oro o tungsteno que mediante un acelerador de partículas son lanzadas a velocidad supersónica contra las células diana vegetales (balas).

Las líneas de investigación actuales pretenden optimizaciones puntuales de determinadas características de los

TABLA I. ORGANISMOS MODIFICADOS GENÉTICAMENTE

- | | |
|----|---|
| 1. | Genes que confieren resistencia a insectos.
- Endotoxinas trucadas Bt. |
| 2. | Genes que confieren resistencia a herbicidas.
- Glifosato de Roundup (maíz). |
| 3. | Genes que codifican resistencia a antibióticos.
- Actualmente inaceptables. |
| 4. | Genes "terminator".
- Provocan esterilidad macho.
(gen barnasa: semillas híbridas).
- Se han abandonado. |
| 5. | Genes antisentido.
- Silencian a enzimas.
- Inhibición de poligalacturonasa (tomate). |

cultivos o de animales, o la introducción de cualidades que no poseen. La forma de conseguirlo se puede sintetizar en las siguientes posibilidades:

1. Modificar un gen o genes existentes.
Este sería el caso de la supresión del gen o genes responsables del ablandamiento de los tomates.
2. Introducción de un gen de la misma especie, pero de otra variedad o raza.

Un ejemplo de esta modalidad es la introducción de genes procedentes de maíces autóctonos o silvestres de Centroamérica (Guatemala) en variedades cultivadas en los Estados Unidos de Norteamérica.

3. Introducción de un gen de un organismo de otra especie. Este es el ya referido caso de la introducción del gen de la bacteria del suelo *A. tumefaciens* o el procedimiento que ha permitido obtener leche de cabra que contiene el activador tisular del plasminógeno humano, importante para el tratamiento de la hemofilia.

Cambios genéticos por mutaciones naturales y recombinación se producen cada día, originando nuevas variaciones biológicas. Los humanos han sabido realizar selecciones artificiales, cruzamientos extensivos para crear nuevas variedades de alimentos. Así, los ejemplos del trigo y del maíz son ilustrativos. La producción mundial de trigo ha aumentado notablemente durante las últimas décadas. La variabilidad genética de los trigos domesticados se ha ido acumulando en el transcurso de los 10.000 años de su cultivo. Los trigos cultivados pertenecen a cuatro especies del género *Triticum*, constituidas por un juego haploide básico de 7 cromosomas. La especie *T. monococcum* tiene un número

ro diploide de 14 cromosomas; *T. turgidum* y *T. timopheevi* tienen 28; y, finalmente *T. aestivum* con diferencia la más importante panificable desde un punto de vista económico, es hexaploide con 42 cromosomas. Esta última se cultiva en todo el mundo. Las esperanzas de mejoras futuras de esta planta se basan en la manipulación de su abundante acervo genético.

En el caso del maíz moderno, los trabajos de Beadle parecen demostrar que su domesticación a partir de la hierba silvestre *Teosinte*, se ha ido consiguiendo durante milenios mediante selección. El maíz moderno puede considerarse una monstruosidad biológica creada por la prolongada domesticación, siendo incapaz de vivir por sí mismo en condiciones naturales sin el concurso del hombre. El *Teosinte* es una especie que crece de forma espontánea en México, Guatemala y Honduras.

Recientemente ha sido descifrado el genoma del arroz por el grupo liderado por Hood de la Universidad de Washington. La secuencia completa aún no ha sido conseguida, encontrándose en fase de borrador final. Los investigadores esperan avanzar en el conocimiento de los genes distribuidos en los 12 cromosomas de la planta del arroz. Este cultivo será la base de la alimentación de 4.000 millones de personas en el año 2020. El conocimiento del genoma permitirá mejorar la productividad de las cosechas y aprovechar tierras, hasta ahora, poco propicias para su cultivo. También cabe esperar el desarrollo de variantes que, teóricamente, serán más nutritivas, capaces de crecer con menores necesidades de agua y más resistencia a las plagas ambientales. El Instituto de Tecnología de Basilea acaba de obtener dos variedades de arroz con alto contenido de hierro y de provitamina A. Su utilización en países, como India, podría mejorar los problemas de avitaminosis de una parte de la población.

ALIMENTOS MODIFICADOS GENÉTICAMENTE

Los principales alimentos que han sido objeto de investigación son el tomate, soja, maíz y patata (Tabla II). Si nos atenemos a la definición estricta de alimento transgénico, existen comercializados en la actualidad unos sesenta en todo el mundo, la gran mayoría en Estados Unidos, Australia, Canadá y Japón. En fase de experimentación o con

TABLA II. ALIMENTOS MODIFICADOS GENÉTICAMENTE

Alimento	Gen modificado	Acción
Tomate	Poligalacturonasa	Retrasa maduración
Soja	Oleato desaturasa	↓ A.G.S. ↑ Ácido oleico
Soja	5-enolpiruvil-fosfato sintetasa	Resistencia herbicida glifosato
Maíz	Proteína Bt	Resistencia al taladro

solicitud de permiso de comercialización deben sumarse más de trescientos.

En el caso del **tomate**, el denominado "Flavr-Savr" se obtiene inhibiendo la enzima poligalacturonasa, responsable del ablandamiento y senescencia del fruto maduro. Los tomates pueden recogerse maduros y comercializarse directamente. Sin embargo, estos frutos pierden contenido nutricional, por lo que su cultivo ha sido interrumpido. La misma técnica se ha utilizado para conseguir **soja** con un aceite de alto contenido en ácido oleico, inhibiendo, en este caso, la síntesis de oleatodesaturasa.

La inclusión de genes vegetales, animales o bacterianos, da lugar a la síntesis de proteínas específicas. Este es el caso de la soja "Roundup Ready" resistente al herbicida glifosato.

El **maíz** resistente al taladro contiene un gen que codifica una proteína de *Bacillus thuringiensis*, la Bt.

La **patata** también ha sido objeto de modificaciones. Recientemente, se ha desarrollado una variedad que contiene el gen de la subunidad B de la toxina del cólera, capaz de inmunizar contra esta enfermedad. La vacuna puede ser interesante en países del Tercer Mundo, en donde sustituiría a la tradicional, evitando de esta forma los problemas de pérdida de la cadena de frío.

También se han aplicado técnicas de ingeniería genética en los alimentos fermentados. Se han obtenido, de esta forma, quesos o vinos con un incremento de aroma afrutado.

POSIBILIDADES FUTURAS

Los niños, como consumidores, han experimentado cambios en su alimentación que hasta hace relativamente poco tiempo se basaba en los alimentos tradicionales. Los cam-

bios en la estructura familiar (familias uniparentales o con ambos padres trabajadores) ha motivado que los escolares y adolescentes preparen sus alimentos sin supervisión. Los niños consumen comidas rápidas, bocadillos, alimentos congelados o los destinados a su preparación en el microondas. Los fabricantes de alimentos aprovechan esta clientela que elige sus alimentos de acuerdo con el precio, sabor, comodidad y, en ocasiones, prestigio de la marca de fábrica.

La síntesis de "alimentos nuevos" podría conseguir una nutrición adecuada y saludable. La biotecnología se ha utilizado ya en la obtención de los llamados "alimentos funcionales" (prebióticos y probióticos). También, la biotecnología podrá conseguir modificaciones cuantitativas y cualitativas en el perfil de lípidos, carbohidratos y proteínas. Por medio de ingeniería genética cabe agregar a los alimentos genes para la síntesis de compuestos deseables o terapéuticos.

ACCIONES DESFAVORABLES

No deben minimizarse las acciones indeseables de los alimentos modificados genéticamente. La cuestión del poder alergénico debe valorarse en función de lo que se entiende por "nivel aceptable de riesgo". Los cultivos transgénicos, por su naturaleza, pueden codificar nuevas proteínas no presentes de modo natural en los alimentos. Así, hace pocos años un tipo de soja manipulada genéticamente, incorporando una proteína de nueces del Brasil, originó reacciones alérgicas en personas sensibles a este fruto.

Otro problema es la resistencia a antibióticos. Los principales genes de resistencia utilizados en plantas transgénicas son: ampicilina, kanamicina, amikacina, neomicina y estreptomycin. La presencia de estos genes puede reducir la efectividad de los citados antibióticos en medicina humana.

Finalmente, ha sido polémico el caso de las patatas transgénicas que comunicó el Dr. Pusztai. Sus resultados pusieron de manifiesto en ratas alimentadas con patatas que codificaban para la lecitina del bulbo de la campanilla blanca, modificaciones fundamentales del sistema inmunológico y crecimiento enlentecido. Sin embargo, una comisión de expertos, tras examinar los datos, se pronunció en contra de ellos.

En conclusión, las normas de seguridad para los alimentos modificados genéticamente deben ser más rígidas que las que se aplican a los alimentos naturales. Como sucede con los alimentos tradicionales el Estado tiene dos obligaciones fundamentales, proteger la salud pública y evitar que se engañe al consumidor. La salud pública debe asegurarse con la autorización obligatoria de estos alimentos, rigurosamente controlados; prevenir el fraude se consigue con una adecuada legislación de un etiquetado integral.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ballabriga A, Moya M. Alimentos transgénicos. *An Esp Pediatr* 1999;**51**:617-621.
2. Beadle GW. El origen del maíz. *Invest Ciencia* 1980;**42**:84-93.
3. Chesson A, James Ph. Los alimentos con OGM ¿están exentos de peligro?. *Mundo Científico* 2000;**210**:23-31.
4. Editorial. A golden bowl of rice. *Nature Biotechnol* 1999; **17**:831.
5. Ewen SWB, Pusztai A. Effects of diets containing genetically modified potatoes expressing *Galanthus nivalis* lectin on rat small intestine. *Lancet* 1999; **354**:1353-1354.
6. Feldman M, Sears ER. Los recursos genéticos del trigo silvestre. *Invest Ciencia* 1981;**54**:50-61.
7. Jones L. Genetically modified foods. *BMJ* 1999;**318**:581-584.
8. O'Brochta DA, Atkinson PW. Ingeniería genética contra la plaga de insectos. *Invest Ciencia* 1999;**269**:64-69.
9. Patterson RE, Eaton DL, Potter JD. The genetic revolution: Change and challenge for the dietetics profession. *J Am Diet Assoc* 1999;**99**:1412-1420.
10. Pedauy J, Ferro A, Pedauy V. Alimentos transgénicos. La nueva revolución verde. Madrid: McGraw Hill; 2000.
11. Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica. <http://www.biodiv.org/biosafe/BIO-SAFETY-PROTOCOL.htm>. 29 de enero, 2000.
12. Ramón D. Alimentos transgénicos: son seguros para el consumidor. *Nutr Obes* 1999;**2**:164-166.
13. Ramón D. Alimentos transgénicos: ¿peligro o beneficio?. *Rev Ped Atención Primaria* 2000; **2**:101-112.
14. Young A, Lewis ChG. Biotecnología y posibles consecuencias en la nutrición. *Clin Ped Norteamérica* 1998;**1**:855-867.