



Revista Chilena de Nutrición

ISSN: 0716-1549

sochinut@tie.cl

Sociedad Chilena de Nutrición, Bromatología y  
Toxicología  
Chile

dos Santos Silva, Danielly Beraldo; Endres da Silva, Lara; do Amaral Crispim, Bruno; Oliveira Vaini, Jussara; Barufatti Grisolia, Alexéia; Pires de Oliveira, Kelly Mari  
Biotecnología aplicada a la alimentación y salud humana  
Revista Chilena de Nutrición, vol. 39, núm. 3, septiembre, 2012, pp. 94-98  
Sociedad Chilena de Nutrición, Bromatología y Toxicología  
Santiago, Chile

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46923920014>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## Biotecnología aplicada a la alimentación y salud humana

### Biotechnology applied to food and human health

Danielly Beraldo dos Santos Silva (1)  
Lara Endres da Silva (1)  
Bruno do Amaral Crispim (1)  
Jussara Oliveira Vaini (2)  
Alexéia Barufatti Grisolia (1)  
Kelly Mari Pires de Oliveira (1)

#### ABSTRACT

*This review article is aimed to focus on biotechnology applications in food and its benefits to human health. The use of biotechnology to develop plant varieties promotes immeasurable benefits, which are being related to greater food production, with higher quality and nutritional value, it affects in future economic performance of countries and the nutritional status of their populations. Currently, the application of biotechnology in plants has been directed to evaluate and improve the nutritional quality of food. Many of them are in the category of "functional foods". Some of the foods that were developed and others that have being optimized will be exemplified. Thus, scientific information to society ensures that biotechnology applied to food can safely contribute to human health.*

*Key words: Genetic engineering, quality, nutrition, human health.*

(1) Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD),  
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA), Dourados, MS- Brasil.  
(2) Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD),  
Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia (FACET), Dourados, MS- Brasil.

Dirigir la correspondencia a:  
Alexéia Barufatti Grisolia  
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais-FCBA  
Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD  
Caixa postal: 533  
CEP: 798049-70  
Dourados/ Mato Grosso do Sul/ Brasil  
Fono: (067) 34113895  
E mail: alexeiagrisolia.ufgd.edu.br

Este trabajo fue recibido el 14 de Noviembre de 2011  
y aceptado para ser publicado el 1 de Julio de 2012.

#### INTRODUCCIÓN

Los alimentos de origen vegetal son las principales fuentes de nutrientes para gran parte de la población mundial, siendo imprescindible para el sustento de la salud y bienestar (1). Con el fin de aumentar la calidad nutricional de las especies vegetales, se están realizando investigaciones para comprender y manipular las vías metabólicas de macro y micronutrientes, también su biodisponibilidad, o sea, cantidad de nutrientes absorbidos y utilizados por el organismo (2).

La ingeniería genética tiene una importante función al tratarse del perfeccionamiento y mejoramiento de alimentos funcionales, lo que no sólo implica investigaciones biológicas y tecnológicas, sino también normativas y de comunicación ética (3).

La biotecnología es una ciencia multidisciplinaria que se basa en la obtención de bienes y servicios utilizando los procesos biológicos y el conocimiento sobre las propiedades de los seres vivos (4). La biotecnología aplicada a los alimentos no sólo tiene como finalidad aumentar la producción, mejorar o modificar la funcionalidad, sino también atender la demanda de los consumidores para productos mas seguros, frescos, y sabrosos (2).

Muchos alimentos con propiedades funcionales están

siendo estudiados e investigados por científicos de todo el mundo. Entre ellos destaca: la soja con contenido elevado de isoflavonoides, el ácido oleico, omega 3 (5); granos oleaginosos enriquecidos con ácido esteárico; papa con mayores niveles de aminoácidos esenciales (6); tomate con un elevado contenido de licopeno con propiedad antioxidante que ayuda a prevenir el cáncer y enfermedades del corazón; arroz con un mayor contenido de beta caroteno, que estimula la producción de vitamina A; arroz, trigo y alubias con mas hierro, importante para combatir la anemia.

Otras aplicaciones biotecnológicas incluyen el desarrollo de granos con cantidades elevadas de vitamina E, la cual estimula el sistema inmunológico, frutas con mayor contenido de vitamina C. También por medio de la ingeniería genética, ha sido posible desarrollar vegetales que expresan antígenos, conocidos como vacunas comestibles (7).

El uso de la biotecnología para el desarrollo de variedades promueve beneficios inmensos, los cuales se relacionan con la sustentabilidad implicando una mayor producción de alimentos, con mayor calidad y valor nutricional, lo que influye en el futuro desempeño económico de los países y en la condición nutricional de sus poblaciones (2). En ese contexto, este artículo de actualización tuvo como objetivo abordar las

aplicaciones biotecnológicas en los alimentos y los beneficios que proporcionan a la salud humana.

#### EXPANSION, PRODUCCION Y CONTROL DE LOS ALIMENTOS GENETICAMENTE MODIFICADOS (AGMs)

Los experimentos clásicos de Mendel fueron base para el esclarecimiento y manipulación de la herencia, con el objeto de mejorar el desarrollo de nuevas variedades. Con el transcurrir del tiempo, se desarrollaron modelos matemáticos (genética cuantitativa), dándole mayor confiabilidad a la producción de plantas genéticamente mejoradas (8).

Después de la segunda guerra mundial, la presión por la producción de alimentos pasó a ser mayor y se hicieron necesarios nuevos conocimientos. Hubo necesidad de optimizar la producción agrícola y sólo fue posible por el desarrollo de nuevas tecnologías (9). La utilización de biotecnología en la obtención de plantas transgénicas trajo una nueva dimensión a la mejoría genética de plantas (10).

Con las herramientas desarrolladas por la biotecnología, el DNA de las especies vegetales puede ser alterado por medio de la técnica del DNA recombinante, el cual posibilita el aislamiento y el clonaje de genes, seguidos de la introducción y expresión de los mismos en cualquier otro organismo (9). Así, fue posible obtener cultivos de excelente calidad, con las características deseadas, con mayor control de la cosecha agrícola.

El plantel de cultivos genéticamente modificados está aumentando cada año, desde 1996 cuando se produjo la primera generación de cultivos. El año 2011, las plantaciones de semilla genéticamente modificadas ocuparon 160 millones de hectáreas, un aumento de 12 millones de hectáreas en relación al año 2010. Según el ISAAA (International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications) (11). De los 29 países que plantan transgénicos, 19 son países en desarrollo.

El año 2011, cuatro países de Sudamérica (Brasil, Argentina, Paraguay y Uruguay) estaban entre los diez primeros países que más plantaban transgénicos en el mundo. Brasil alcanzó 30,3 millones de hectáreas plantados con siembras genéticamente modificadas o transgénicas el año 2011, ampliando su producción y consolidando la segunda posición en tres años consecutivos en el ranking mundial de países que adoptan la biotecnología en sus cultivos, detrás solamente de los Estados Unidos con 69,0 millones de hectáreas (11).

Otros países sudamericanos se destacaron en el ranking de producción de cultivos transgénicos el año 2011, como Bolivia, Colombia y Chile, ocupando respectivamente, el décimo primer lugar (0,9 millones de hectáreas); decimotercero lugar (<0,1 millones de hectáreas) y el décimo noveno lugar (<0,1 millones de hectáreas) (11).

A pesar de la expansión de los cultivos genéticamente modificados por el mundo, aún se hace necesario, que la producción de plantas transgénicas para el consumo humano sea sometida a análisis de riesgos, evaluaciones toxicológicas y nutricionales, entre otras (12).

Para cultivar transgénicos, la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (13) creó algunos criterios, cuyo principio son los análisis químicos y nutricionales para la identificación de semejantes entre las plantaciones de organismo genéticamente modificados (OGMs) y las convencionales. Estos análisis de bioseguridad se realizan en cada país por medio de agencias gubernamentales locales.

En Estados Unidos, la producción de transgénicos es controlada por las agencias: USDA (United States Department of Agriculture), EPA (Environmental Protection Agency) e FDA

(Food and Drug Administration) (14).

En Brasil, el IDEC (Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor); IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis); Ministerios de la Agricultura, Medio Ambiente y Salud; y los principalmente la CTNBio (Comissão Técnica Nacional de Biossegurança) son los organismos técnicos responsables de la evaluación de la bioseguridad de todas las actividades que comprenden la OMGs (14).

En Argentina, la producción es regulada por la CONABIA (Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria). El Calt (Comisión Asesora de Liberación de Transgénicos) presidido por el SAG (Servicio Agrícola y Ganadero) establece requisitos para la bioseguridad de transgénicos en Chile (15).

Estudios científicos demostraron que los alimentos transgénicos y sus derivados liberados por las agencias gubernamentales son tan seguros para el medio ambiente y para el consumo como los convencionales (16-18). Es imprescindible, por lo tanto, que todas las variedades modificadas genéticamente sean sometidas a evaluaciones rigurosas, teniendo como objetivo la detección de eventuales cambios inesperados que pudiesen producir efectos adversos a la salud.

#### MEJORIA EN LAS CARACTERISTICAS DE CALIDAD DE LOS ALIMENTOS

En la primera generación de productos agrícolas biotecnológicos fueron incorporadas características favorables a las necesidades agronómicas. Estas incluyeron el desarrollo de vegetales con mayor resistencia al transporte y almacenamiento; semillas resistentes a plagas, agroquímicos, metales tóxicos del suelo, al frío y otros estreses abióticos (19,20).

A consecuencia de los avances científicos, los investigadores propusieron utilizar la tecnología para desarrollar alimentos más nutritivos, dando prioridad a los beneficios para el consumidor. Muchos de ellos se encuentran en la categoría de "alimentos funcionales", pues proporcionan elementos nutritivos adicionales, si son comparados a su contraparte convencional (5). Alimentos que fueron mejorados genéticamente y otros que aún están siendo perfeccionados serán expuestos a continuación.

##### a) Granos oleaginosos más saludables

Varias investigaciones indican que el consumo de granos de soja traen diversos beneficios para la salud como la reducción de los síntomas de menopausia (21); reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares (22); reducción de riesgo de algunos tipos de cáncer (23); aumento de la densidad ósea en mujeres postmenopáusicas (24).

Alimentos que tiene como base la soja poseen una fuente natural de isoflavonoides, un fitoestrógeno que puede ser responsable por muchos de estos beneficios. Se cree que los isoflavonoides (como la genisteína) tienen efectos semejantes al del estrógeno en el organismo, al presentar una estructura química semejante a la de los dos receptores de estrógeno, alfa (ER $\alpha$ ) y beta (ER $\beta$ ) (25).

Pequeñas cantidades de granos de soja con elevado contenido de isoflavonoides pueden proporcionar más beneficios a la salud cuando son comparados con granos de soja convencionales en la medida que la cantidad ingerida deba ser mayor para obtener los mismos resultados. Actualmente, granos de soja con gran cantidad de isoflavonoides se están desarrollando por medio de la ingeniería genética y esa nueva variedad tendrá aproximadamente cuatro veces el contenido normal de isoflavonoides de los granos de soja convencionales. Granos de soja con alto contenido de isoflavonoides deberán

comercializarse después del año 2016 (5).

Durante mucho tiempo se consideró como componente fundamental en la dieta saludable debido a los beneficios proporcionados en la reducción de la oxidación del LDL – colesterol (Low Density Lipoprotein), al ácido oleico que es un ácido graso monoinsaturado (26). Tal propiedad del ácido oleico es de extrema importancia para la salud humana, pues, al inhibir la modificación oxidativa del LDL, disminuye el progreso de las lesiones ateroscleróticas (27).

La introducción de genes que alteran las vías metabólicas facilita la producción de grasa sólida o semisólida sin ácidos grasos trans en las semillas de oleaginosas (28). Se han desarrollado variedades de canola con alto contenido de ácido esteárico por la supresión del gen asociado a la producción de la enzima  $\Delta 9$  saturase. El ácido esteárico mismo saturado, se cree que tiene implicaciones muy bajas en el perfil lipídico, pudiendo ser convertido en ácido oleico en el organismo. El aceite casi no necesita de hidrogenación y por lo tanto no se producen ácidos grasos trans (28). Este aceite es suficientemente estable para hacer grasas suaves de origen vegetal sin la necesidad de hidrogenación (5).

Otra manera de evitar la hidrogenación es por medio de silenciamiento génico que induce al aumento del gen asociado a la producción de ácido oleico en lugar del ácido linoleico y  $\alpha$ -linoleico por la supresión de la enzima  $\Delta 12$  saturase (29). De esta manera, la utilización de la biotecnología agrícola para el desarrollo de aceites de soja y canola con niveles elevado de ácido oleico y, por lo tanto, con estabilidad oxidativa, puede proporcionar el perfeccionamiento de productos alimenticios sin grasas trans (5).

Además de los pescados, los ácidos grasos poliinsaturados omega 3 también se encuentran en algunos cereales y legumbres (30). Diversos estudios muestran que la alta ingestión de ácidos grasos omega 3 se asocia a un menor riesgo de muerte por enfermedades cardiovasculares y que el consumo de aceites vegetales ricos en ácido linoleico puede conferir protección cardiovascular (31, 32). Se sabe que el ácido docosahexanoico (DHA) es importante en la síntesis de las neuronas y desarrollo del cerebro infantil (33).

Investigadores están desarrollando granos de soja y linaza más ricos en contenido de omega 3 por medio de transgenia. El objetivo de esta investigación es la creación de alimentos más sabrosos y ricos en este nutriente esencial, el omega 3, y además que sean de bajo valor adquisitivo y puedan ser utilizados como alternativa del pescado (34).

La primera de estas innovaciones es el desarrollo de granos de soja que logre un elevado contenido de ácido estearidónico (SDA), que es convertido en ácido eicosapentaenoico (EPA) y DHA con más eficacia que el ácido alfa-linolénico (ALA) (34). De esta forma, se espera que los productos de aceite de soja derivados de esta innovación tengan cantidades de omega 3 biodisponibles seis veces mayor que el aceite de soja tradicional. El aceite SDA, probablemente será utilizado como aditivo para fortalecer los aceites tradicionales (5).

#### b) Mayor calidad y cantidad de proteínas en vegetales

La mejora del valor nutricional de los vegetales, enfocándose en la composición de aminoácidos de las plantas, ha sido objeto de programas de mejoramiento de plantas desde hace décadas (2). Los cereales normalmente son pobres en ciertos aminoácidos esenciales. En el maíz, la lisina y el triptófano son aminoácidos esenciales que aparecen en pequeñas cantidades. Otros como, la metionina y cisteína, constituyen aminoácidos asociados a la absorción de hierro y zinc en el intestino, tam-

bién están presentes en bajas concentraciones en el maíz (28).

Investigadores del CIMMYT (Centro Internacional del Maíz y Mejoramiento de Trigo) desarrollaron semillas de maíz con una calidad proteica mejorada (QPM) a partir de la introducción de genes que modifican el endospermo. Este trabajo ha resultado en la concepción de productos genéticamente modificados que poseen niveles medios de triptófano y lisina aproximadamente 50% mayores al compararlos con semillas de maíz convencional. Variedades de QPM pueden proporcionar contribuciones importantes para la adecuación de calidad de proteínas en dietas con base al maíz (35).

La lisina es producida junto con otros aminoácidos esenciales, como la treonina, metionina y isoleucina, partiendo del aspartato. Genes asociados a la producción de las enzimas aspartato-quinase y dihydrodipicolinate sintasa de bacterias menos sensibles a la inhibición por lisina fueron insertados en el genoma de la patata resultando en aumento de 2,6 y 8 veces los contenidos de metionina, lisina y treonina, respectivamente. En las plantas convencionales el nivel de lisina fue de 1% de aminoácidos total en cuanto en las transgénicas alcanzó valores de 15% (6).

Muchos vegetales están siendo utilizados como bio-reactores, esto es, constituyen verdaderas fábricas para la producción de fármacos, químicos, plásticos u otros productos. Investigaciones realizadas han demostrado que vegetales transgénicos son idóneos de expresar proteínas encontradas en la leche humana (3).

Un ejemplo es el gen que codifica la  $\beta$ -caseína, proteína encontrada en la leche humana, el que puede introducirse en la papa, de modo que esa proteína pueda encontrarse en la proporción de 0,01% de las proteínas solubles en los tubérculos y hojas (36). Del mismo modo, los genes asociados a la producción de  $\alpha$  lactoalbumina sérica (37), y lactoferrina (38), pueden ser detectados en tabaco transgénico.

Otro ejemplo es la modificación de plantas para expresión de antígenos (vacunas), como es el caso del arroz, trigo, alfalfa, papa, guisante y lechuga. Para la producción de vacunas comestibles, se utiliza como vector la *Agrobacterium tumefaciens*. El vector libera en las células vegetales el gen que codifica el antígeno del virus o de la bacteria patogénica, y en consecuencia ocurre una respuesta inmune en el individuo al ingerir el vegetal (7). Al contrario del método convencional de producción de vacunas, este nuevo método no necesita de purificación, pues la acción de las proteínas antigénicas es directa.

#### c) Aumento de hierro y vitamina A

El principal componente de la dieta básica de la población mundial es el arroz. Este cereal es responsable del 20% de la fuente de energía alimenticia de la población mundial (39); siendo, por lo tanto, el alimento principal de investigaciones relacionadas en la mejora en su calidad nutricional.

El hierro desempeña importantes funciones en el metabolismo del humano, siendo uno de los micronutrientes ampliamente investigados. Tales funciones engloban el transporte de oxígeno y almacenamiento, reacciones de liberación de energía en la cadena de transporte de electrón y síntesis de moléculas orgánicas (conversión de ribosas y desoxirribosa). La falta de hierro en el organismo es la carencia nutricional predominante en la población mundial, pudiendo acarrear disturbios neurocognitivos (40). La manera más grave de tal carencia, es la anemia, la que afecta principalmente niños y mujeres en edad reproductiva (41).

Las plantas transgénicas fortificadas con hierro son consi-

deradas buenas alternativas para la reducción del número de individuos que presentan tales deficiencias, además de propiciar la ingestión de cantidad de hierro necesaria, posibilitan el aumento en la productividad del vegetal, considerando que su desarrollo es muchas veces limitado debido a la propia carencia de este mineral en la planta. Con el objeto de aumentar el contenido de hierro del arroz blanco, se realizó la inserción de genes, que pronunciaron proteínas en el endospermo central: la fitoferritina de *Phaseolus*; la proteína semejante a la metalotioneína, rica en cisteína endógena; y la fitasa de *Aspergillus fumigatus* termorresistente (42). Considerando el consumo diario de 300 g de arroz convencional por adulto, se obtiene aproximadamente 3 mg de hierro, entretanto la ingestión de arroz transgénico posibilita la obtención de 6mg de hierro lo que se equivale a 20% de las recomendaciones diarias de hierro. De esta forma, la ingestión de hierro en el arroz transgénico es de gran importancia del punto de vista nutricional (28).

El arroz dorado, Golden Rise, fue desarrollado por investigadores alemanes y suizos en los 90 con el objetivo de expresar un alto contenido de carotenoide. Este arroz trae dos genes extras, el gen *psy* (phytoene synthase) proveniente de la planta narciso y otro fitoeno desaturasa (*ctrl*) de la bacteria *Erwinia uredovora* los que fueron insertados en el arroz para producir granos amarillos, con altos niveles de  $\beta$ - caroteno, que es convertido en vitamina A en el organismo. Syngenta substituyó el gen *psy* proveniente del narciso por el *psy* del maíz, lo que consecuentemente proporcionó un aumento de la cantidad de  $\beta$ - caroteno en el Golden Rise II (3).

El arroz con vitamina A ha recibido atención de los medios de comunicación por su potencial para suprimir las deficiencias de provitamina A en millones de individuos. Está indicada como alternativa en el combate de la ceguera. Proyecto similar al Golden Rise fue realizado por la Monsanto con la canola (*Brassica napus*) basado en la investigación de Shewmaker et al., 1999 que desarrolló tecnología para la inserción de gen bacteriano que produjera la enzima fitoeno sintasa y observó un aumento en la producción de carotenoide de la planta (43).

Esta tecnología se introdujo también en la mostaza (*Brassica juncea*), cultivada en diversos lugares del mundo, incluyendo India, Nepal y Bangladesh, siendo el segundo mayor aceite consumido en la India. El aceite de mostaza alterado por medio de esta tecnología posee  $\beta$ - caroteno en cantidad suficiente para reducir la deficiencia de vitamina A en la población (44).

El licopeno, además de ser responsable de la coloración roja del tomate, es uno de los más potentes antioxidantes, siendo sugerido para la prevención del cáncer, de próstata y de enfermedades cardiovasculares por proteger moléculas como lípidos, lipoproteínas de baja densidad (LDL), proteínas y DNA (45).

Varietades de tomate transgénico con altos niveles de licopeno se desarrollaron accidentalmente por investigadores norteamericanos. Ellos intentaban crear un tomate transgénico con propiedades de maduración tardía. Por tanto, un gen de levadura fue insertado juntos a los genes del tomate, que, posibilitó que permaneciera joven por más tiempo. Los científicos observaron que además del retardo de maduración, el alimento pasó a tener dos veces más cantidad de licopeno (3).

La utilización de la biotecnología en los días actuales representa una herramienta adicional para la ayuda de otras ciencias que tienen como propósito preservar la salud humana. Así siendo, tal tecnología en conjunto con la nutrición permite beneficios inmensurables para la población.

## CONCLUSIÓN

Las técnicas biotecnológicas propician beneficios inmensos, teniendo grandes posibilidades de solucionar muchos de los problemas de mala nutrición y hambre mundiales en la medida en que optimizan la calidad nutricional de los alimentos. La inclusión de alimentos genéticamente modificados con mejores propiedades funcionales y nutricionales en el menú popular proporcionarían una alta contribución para la salud y prevención de enfermedades. Es importante resaltar que hasta el momento, los productos transgénicos han sido exhaustivamente probados, regularizados, fiscalizados en cuanto al cumplimiento de las leyes y recomendaciones de las agencias gubernamentales mostrándose seguros. Los esfuerzos y las investigaciones han visado la utilización de la biotecnología para la producción de alimentos los que están creciendo significativamente, pero todavía existe resistencia de la sociedad en relación a la aceptación de estos productos. Igualmente con las diferencias ideológicas, existen objetivos comunes entre las personas, a ejemplo de la producción en abundancia de alimentos con elevada calidad nutricional, a precios accesibles y con un daño mínimo al medio ambiente. Asimismo, la información científica es una de las maneras de garantizar a la sociedad que la biotecnología aplicada a los alimentos puede de manera segura promover beneficios para la salud y alimentación humana.

## RESUMEN

Este artículo de actualización tuvo por objetivo enfocar las aplicaciones biotecnológicas en los alimentos y sus beneficios para la salud humana. El uso de la biotecnología para el desarrollo de variedades vegetales promueve beneficios inmensos, los cuales se relacionan con una mayor producción de alimentos, con una mayor calidad y valor nutricional de ellos, lo que influye en el futuro, en el desempeño económico de los países y en la condición nutricional de sus poblaciones. Actualmente, la aplicación de la biotecnología en los vegetales ha sido dirigida a valorar y mejorar la calidad nutricional de los alimentos; muchos de ellos se encuentran en la categoría de "alimentos funcionales". Algunos de los alimentos que se desarrollaron y otros que están siendo optimizados se ejemplifican. La información científica garantiza a la sociedad que la biotecnología aplicada a los alimentos puede, de manera segura, contribuir con la salud humana.

Palabras clave: Ingeniería genética, calidad nutricional, salud humana.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Silva Dias J, Ortiz R. *Transgenic Vegetable Crops: Progress, Potentials, and Prospects, in Plant Breeding Reviews*, ed J. Janick, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA, 2011.
2. Costa NMB, Borém A. *Biotechnologia e nutrição: Saiba como o DNA pode enriquecer seus alimentos*. Nobel., São Paulo, Brasil, 2003.
3. Borém A, Santos FR. *Entendendo a biotecnologia*. Universidade Federal de Viçosa., Viçosa, Brasil, 2008.
4. *Conselho de Informações sobre Biotecnologia/ CIB*. [Accessed 2012 fev 13]. Available in: <<http://www.cib.org.br/>>.
5. *U.S. Soybean Export Council/ USSEC*. [Accessed 2012 mar 2]. Available in: <<http://www.ussec.org>>.
6. Sévenier R, Meer IMVD, Bino R, Koops AJ. *Increased production of nutrients by genetically engineered crops*. *J Amer Coll Nutr* 2002; 21: 199-204.
7. Curtis IS, Power JB, Blackhall NW, Laat AMM, Davey

- MR. Genotype-independent transformation of lettuce using *Agrobacterium tumefaciens*. *J Exp Botany* 1994; 45:1441-9.
8. Rodrigues MC, Arantes OMN. *Direito Ambiental & Biotecnologia: Uma abordagem sobre transgênicos sociais*. Juruá, Curitiba, Brasil, 2005.
  9. Bacaltchuk B. Impacto do uso da biotecnologia na pesquisa agropecuária dos países da América Latina. In: ABIA. *Alimentos geneticamente modificados: Segurança alimentar e ambiental*-(Coletânea de palestras proferidas nos Seminários sobre Alimentos Geneticamente Modificados). São Paulo (Brasil), 2002, p. 79-90.
  10. Melo Moura W. Aspectos legais da proteção de cultivares transgênicos. *Informe Agropecuário* 2009; 30(253): 33-43.
  11. International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications/ ISAAA. [Accessed 2011 mar 30]. Available in: <<http://www.isaaa.org/>>.
  12. Nodari RO, Guerra MP. Plantas transgênicas e seus produtos: impactos, riscos e segurança alimentar (Biossegurança de plantas transgênicas). *Rev Nutr* 2003; 16(1):105-16.
  13. Food and Agriculture Organization of the United Nations/ FAO. [Accessed 2012 mar 2]. Available in: <<http://www.fao.org/>>.
  14. Vercesi AE, Ravagnani FG, Di Ciero L. Uso de ingredientes provenientes de OGM em rações e seu impacto na produção de alimentos de origem animal para humanos. *R. Bras. Zootec* 2009; 38: 441-9.
  15. Ríos NS. "Cultivos transgênicos en Chile" en Observatorio de la economía Latino americana. *Rev Académica de Economía* 2004; 38. [Accessed 2012 mar 3]. Available in: <<http://www.umed.net/cursecon/ecolat/cl/srn-transg.htm>>.
  16. Lajolo, FM, Nutti MR. *Transgênicos, bases científicas de sua segurança*. SBAN; 2003.
  17. Chassy B. et al. Nutritional and safety assessment of foods and feed nutritionally improved through biotechnology: an executive summary. *J Food Sci* 2004; 69(2): 62-8.
  18. Lajolo FM, Di Ciero L. Segurança alimentar de produtos alimentícios derivados de animais alimentados com OGM. *ILSI Brasil Notícias* 2006; 14: 3-6.
  19. Pessanha LDR, Wilkinson J. *Transgênicos provocam novo quadro regulatório e novas formas de coordenação do sistema agroalimentar*. *CC&T* 2003; 20(2): 263-303.
  20. Andrade G, Nogueira MA. Bioindicadores para uma análise de risco ambiental. *BC&D* 2005; 34: 13-21.
  21. Howes LG, Howes JB, Knight DC. Isoflavone therapy for menopausal flushes: a systematic review and meta-analysis. *Maturitas* 2006; 55:203-11.
  22. Zhan S, Ho SC. Meta-analysis of the effects of soy protein containing isoflavones on the lipid profile. *Am J Clin Nutr* 2005;81:397-408.
  23. Messina MJ, Wood CE. 2008. Soy isoflavones, estrogen therapy, and breast cancer risk: analysis and commentary. *Nutr J* 2008; 3;7:17.
  24. Ma DF, Qin LQ, Wang PY, Katoh R. 2008. Soy isoflavone intake inhibits bone resorption and stimulates bone formation in menopausal women: metaanalysis of randomized controlled trials. *Eur J Clin Nutr* 2008; 62:155-61.
  25. Kuiper GG, Carlsson B, Grandien K, Enmark E, Haggblad J, Nilsson S, Gustafsson JA. Comparison of the ligand binding specificity and transcript tissue distribution of estrogen receptors alpha and beta. *Endocrinology* 1997; 138:863-70.
  26. Angelis RC. Novos conceitos em nutrição. Reflexões a respeito do elo dieta e saúde. *Arq Gastroenterol* 2001; 38(4): 269-71.
  27. Parthasarathy S, Khoo JC, Miller M, Barnett J, Witztum JL, Steinberg D. Low density lipoprotein rich in oleic acid is protected against oxidative modification: Implications for dietary prevention of atherosclerosis. *Medical Sci* 1990; 87: 3894-8.
  28. Costa NMB. *Biotecnologia aplicada ao valor nutricional dos alimentos*. *BC&D* 2004; 32: 47-54.
  29. Stoutjesdijk PA, Singh SP, Liu Q, Hurlestone CJ, Waterhouse PA, Green AG. hpRNA-mediated targeting of the *Arabidopsis FAD2* gene gives highly efficient and stable silencing. *Plant Physiol* 2002; 129: 1723-31.
  30. Martin Ca, Almeida Vv, Ruiz Mr, Visentainer Jel, Matshushita M, Souza Ne, Visentainer Jv. Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. *Rev Nutr* 2006; 19(6):761-70.
  31. Campos H; Baylin A; Willett WC. Linolenic Acid and Risk of Nonfatal Acute Myocardial Infarction. *Circulation* 2008; 118:339-45.
  32. Marik PE, Varon J. Omega-3 dietary supplements and the risk of cardiovascular events: a systematic review. *Clin Cardiol* 2009; 32: 365-72.
  33. Uauy R, Hoffman DR, Peirano P, Birch DG, Birch EE. Essential fatty acids in visual and brain development. *Lipids* 2001; 36: 885-95.
  34. Clemente TE, Cahoon EB. Soybean oil: genetic approaches for modification of functionality and total content. *Plant Physiol* 2009; 151 (3): 1030-40.
  35. Scrimshaw NS. Quality protein maize. *Food Nutr Bulletin* 2006; 27(3): 265-6.
  36. Chong DKX, Roberts W, Arakawa T, Illes K, Bagi G, Slatery CW, Langridge WHR. Expression of the human milk protein  $\beta$ -casein in transgenic potato plants. *Transgenic Res* 1997; 6(4):289-96.
  37. Takase K, Hagiwara K. Expression of human alpha-lactalbumin in transgenic tobacco. *J Biochem* 1998, 123: 440-4.
  38. Salmon V, Legrand D, Slomianny MC, ElYazidi I, Spik G, Gruber V, Bournat P, Olagnier B, Mison D, Theisen M, Merot B. Production of human lactoferrin in transgenic tobacco plants. *Protein Exp Purif* 1998; 13: 127-35.
  39. Barata TS. *Caracterização do consumo de arroz no Brasil: um estudo na Região Metropolitana de Porto Alegre-RS [dissertação]*. Porto Alegre (RS): Universidade do Rio Grande do Sul; 2005.
  40. Paiva AA, Rondó PHC, Guerra-Shinohara EM. Parâmetros para avaliação do estado nutricional de ferro. *Rev Saúde Pública* 2000; 34 (4): 421-6.
  41. Assunção CF, Santos IS. Efeito da fortificação de alimentos com ferro sobre anemia em crianças: um estudo de revisão. *Cad Saúde Pública* 2007; 23(2): 269-81.
  42. Zimmermann MB, Hurrell RF. Improving iron, zinc and vitamin A nutrition through plant biotechnology. *Curr Opin Biotechnol* 2002; 13(2): 142-5.
  43. Shewmaker CK, Sheehy JA, Daley M, Colburn S, Ke DY. Seed-specific overexpression of phytoene synthase: increase in carotenoids and other metabolic effects. *Plant J* 1999; 20: 401-12.
  44. Dhawan V. Development of a High Beta Carotene Variety of Mustard for Potential Development in a Food Based Approach to Reduce Vitamin A Deficiency in India-Final Technical Report (Monsanto). *Agricultural Biotechnology Support Project (ABSP) Final Report* 2003; p.114-20.
  45. Agarwal S, Rao AV. Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. *Canad Med Assoc J* 2000; 163(6):739-44.