

Organismos Geneticamente Modificados: uma revisão

¹Rita de C. Figueiredo*; ²Luiz C. de Mattos

¹Academia de Ciência de Tecnologia de São José do Rio Preto/SP

²Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto/SP (FAMERP)

Abstract

Genetically modified organisms (GMOs) can be defined as organisms in which the genetic material (DNA) has been altered in a way that does not occur naturally. The technology is often called “modern biotechnology” or “gene technology”, sometimes also “recombinant DNA technology” or “genetic engineering”. It allows selected individual genes to be transferred from one organism into another, also between non-related species. Such methods are used to create GM plants-which are then used to grow GM food crops. The release of GMOs into the environment and the marketing of GM food have resulted in a public debate in many parts of the world. This debate is likely to continue, probably in the broader context of other uses of biotechnology and their consequences for human societies (VARZAKAS; ARVANITTOYANNIS; BALTAS, 2007). Despite the potential benefits of genetic engineering of foods, the technology is surrounded by controversy. Critics of GM technology include consumer and health groups, grain importers from European Union (UE) countries, organic farmers, environmentalists, concerned scientists, ethicists, religious rights groups, food advocacy groups, some politicians and trade protectionists. Some of the specific fears expressed by opponents of GM technology include alteration in nutritional quality of foods, potential toxicity, possible antibiotic resistance from GM crops, potential allergenicity and carcinogenicity from consuming GM foods. Supporters of GM technology include private industries, research scientists, some consumers, U.S. farmers and regulatory agencies. Benefits presented by proponents of GM technology include improvement in fruit and vegetable shelf-life and organoleptic quality, improved nutritional quality and health benefits in foods, improved protein and carbohydrate content of foods, improved fat quality, improved quality and quantity of meat, milk and livestock. Because the benefits of GM foods apparently far outweigh the risks, regulatory agencies and industries involved in GM food business should increase public awareness in this technology to enhance

worldwide acceptability of GM foods. This can be achieved through openness, education, and research (UZOGARA, 2000).

Keywords: Genetically Modified foods, Risks and benefits, Environment, Health.

*E-mail address: ritacfigueiredo@yahoo.com.br

1. Introdução

Em 1953, quando Francis Crick e James Watson, descobriram a estrutura de espiral dupla do ácido desoxirribonucléico, o DNA, abriram um novo caminho que viria trazer importantes conquistas para humanidade. Graças a eles, algumas décadas mais tarde, foi possível o desenvolvimento da biotecnologia moderna, que trouxe consigo a fertilização *in vitro*, os testes de paternidade, a clonagem, o sequenciamento de genomas de animais, plantas e humanos, o tratamento de doenças através de células-tronco e, também, os alimentos geneticamente modificados (transgênicos). Atualmente, a biotecnologia tem inúmeras aplicações e sua importância é cada vez maior em nossas vidas (ORATI, 2006).

A palavra biotecnologia é formada por três termos de origem grega: *bio*, que significa vida; *logos*, conhecimento e *tecnos*, que caracteriza a utilização prática da ciência (COSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA, 2005).

A biotecnologia é uma ciência em constante evolução, que está sempre oferecendo produtos novos e mais eficientes, em diversas áreas. Embora seus avanços tenham impactos muito amplos, beneficiando um leque de atividades industriais, os setores que mais se beneficiam do desenvolvimento desta tecnologia são a agricultura e a área da saúde. A maior parte das oportunidades de aplicações comerciais da biotecnologia moderna se concentra nessas áreas. Os principais agentes deste processo são a indústria farmacêutica e a indústria de sementes, que necessitam de inovações para manter a competitividade no mercado além de que as trajetórias tecnológicas de expansão das indústrias que atuam nesses setores mostraram progressivamente sinais de esgotamento, revelado na elevação dos custos de descobertas de produtos novos (SILVEIRA; FUTINO; OLALDE, 2002).

Os principais campos que envolvem a biotecnologia moderna são a engenharia genética e a fusão celular (FIGUEIREDO; PENTEADO; MEDEIROS, 2006).

A engenharia genética é uma tecnologia baseada na manipulação artificial e transferência de material genético. Esta tecnologia pode alterar genes e suas características através dos limites naturais de um tipo de planta para outra, de um tipo de animal para outro e até de uma planta para um animal ou de um animal para uma planta. Células modificadas por essas técnicas passam os novos genes e as características para sua descendência. A engenharia genética pode ser aplicada a qualquer tipo de organismo vivo de microrganismos a humanos. Em humanos a engenharia genética pode ser aplicada para substituir ou acrescentar genes defeituosos. Na terapia gênica, a engenharia pretende curar doenças (VARZAKAS; ARVANITOYANNIS; BALTAS, 2007).

O objetivo das técnicas que compõem a engenharia genética é transferir genes de um organismo para outro. A introdução de segmentos de DNA de um organismo A em um organismo B é chamado de transformação gênica, desse modo o indivíduo B passa a ser chamado de transgênico ou organismo geneticamente modificado (OGM), que apresenta novos atributos biológicos (FIGUEIREDO; PENTEADO; MEDEIROS, 2006)

Os organismos geneticamente modificados podem ser definidos como organismos cujo material genético (DNA) foi alterado de modo artificial. A tecnologia geralmente é denominada “biotecnologia moderna” ou tecnologia genética, ou também, tecnologia de DNA recombinante, ou ainda, engenharia genética. Nesta técnica transferem-se genes selecionados individualmente de um organismo a outro, também entre espécies não relacionadas. Tais métodos são utilizados para se criar plantas geneticamente modificadas, que são então usadas para cultivar alimentos geneticamente modificados (VARZAKAS; ARVANITOYANNIS; BALTAS, 2007).

Pela manipulação do DNA de vários jeitos e transferência de um organismo para outro (então chamado de técnica do DNA recombinante), tem sido possível à introdução de características de quase todo organismo para uma planta, bactéria, vírus, ou animal. Tais organismos transgênicos são agora programados para a fabricação em massa de várias substâncias tais como enzimas, anticorpos monoclonais, nutrientes, hormônios e vários produtos farmacêuticos incluindo drogas e vacinas (BROWN, 1996; CAMPBELL, 1996). Vários alimentos geneticamente modificados são esperados atingir o mercado nos próximos anos (BIO, 1998; MARYANSKI, 1995). Mais do que metade de todos os alimentos processados nos USA já contém produtos da engenharia genética como soja, milho, canola, algodão ou batata (ALLEN, 1999a,b; HSU, 1999a; LUSTGARDEN, 1994a; WILKINSON, 1997).

Organismos geneticamente modificados (OGMs), em particular plantas geneticamente modificadas (PGMs), têm sido desenvolvidas nos últimos anos por várias razões (PERR, 2002; TAYLOR; HEFLE, 2001; ASTWOOD et.al., 2003). Uma razão para o desenvolvimento dos OGMs é aumentar o fornecimento de alimentos pelo aumento da produção das colheitas. Companias de Biotecnologia tem desenvolvido plantas com características agrônômicas melhoradas, tais como resistência a insetos, herbicidas e doenças. Para o futuro, características resultantes em tolerância ao clima e benefícios aumentados para o consumidor tais como melhor sabor, mais longo tempo de vida nas prateleiras e aumentado valor nutritivo pode ser esperado (NEWELL, 2000).

Tão polêmico quanto às demais áreas da biotecnologia, a engenharia genética com foco nos organismos geneticamente modificados tem estado em grande evidência no Brasil e no mundo. Debates acalorados são realizados em diferentes fóruns analisando potenciais benefícios e possíveis riscos associados ao cultivo e consumo desses produtos; discussões essas que muitas vezes também são balizadas por questões éticas e religiosas (ORATI, 2006).

Contudo, a engenharia genética, especialmente no setor de cultivo, é a área da biotecnologia que tem tido maior destaque por afetar mais diretamente a agricultura nos países em desenvolvimento e também por provocar a maioria das preocupações relativas à opinião pública e às questões políticas e regulatórias (ORATI, 2006).

A história mostra que mudanças nos alimentos sempre causaram preocupação pública. Foi o caso do enlatado, da pasteurização, do milho híbrido, do uso da irradiação e de microondas e parece também ser o caso dos alimentos geneticamente modificados (AGM) (IFT,2000a).

Produtos geneticamente modificados não são inerentemente perigosos. A modificação genética tem sido utilizada na produção de produtos farmacêuticos há 25 anos, sem que tenham sido documentados casos de perigos atribuídos ao processo de modificação genética. Trezentos milhões de consumidores norte-americanos têm consumido diversos alimentos geneticamente modificados, cultivados em mais de 40 milhões de hectares desde 1994. Ou seja, não existem casos documentados de perigo atribuídos ao processo pelo qual os produtos geneticamente modificados foram desenvolvidos (IFT, 2000b).

Criou-se considerável polêmica sobre o uso dos OGM, abrangendo aspectos sociais, econômicos, culturais e ambientais, além dos científicos, polêmica que só será resolvida com transparência e com o encontro entre todos os setores: governo, indústria, consumidores e cientistas (LAJOLO; NUTTI, 2003).

Na década passada, em um primeiro estágio, também denominada de primeira geração, os organismos geneticamente modificados foram desenvolvidos com o objetivo principal de reduzir os custos de produção na agricultura e ampliar os ganhos na agroindústria, mediante o desenvolvimento de vegetais resistentes a pragas ou tolerantes a pesticidas. Nesta primeira geração priorizam-se os benefícios aos produtores. Foi o caso da soja *Roundup Ready*, tolerante ao herbicida de mesmo nome, desenvolvida pela empresa Monsanto. Sua comercialização envolveu grandes estardalhos, principalmente na Europa, por parte de ambientalistas (preocupados com o impacto decorrente da introdução destes produtos no meio ambiente), agricultores e esquerdistas, que viam os OGMs como a concretização da ganância capitalista pelo monopólio da produção de grãos (KUNISAWA, 2001).

A partir da chamada segunda geração, ainda em desenvolvimento precoce, onde os benefícios aos consumidores são priorizados, os laboratórios têm progredido para o aprimoramento de genes que aumentam o valor nutricional dos alimentos, enriquecendo-os com vitaminas ou propagando-os para serem menos nocivos à saúde humana. Concomitantemente, uma terceira geração também tem sido desenvolvida, a fim de combater doenças infecciosas, com plantas que funcionarão como vacinas e medicamentos (KUNISAWA, 2001).

Segundo os *websites* do Repórter Terra Transgênicos (2005), Folha Online (2005) e Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento (2005), os principais fatos relacionados ao desenvolvimento dos alimentos transgênicos são:

- A primeira experiência em engenharia genética ocorreu em 1973. Sendo que, a primeira aplicação comercial da biotecnologia moderna aconteceu em 1982, com a produção de insulina para o tratamento de diabetes.
- Em 1983 e 1986, as primeiras plantas de tabaco geneticamente modificadas para se tornarem resistentes a herbicidas são testadas em campo, nos EUA e na França.
- No Reino Unido, em 1987, desenvolve-se a batata transgênica.

- Nos EUA, 1990, é aprovado o primeiro alimento transgênico do mundo: uma enzima utilizada no processo de fabricação de queijos.
- Em 1992, o órgão responsável pela regulamentação de alimentos e medicamentos dos EUA, o Food and Drug Administration (FDA), conclui que os alimentos transgênicos devem ser regulamentados da mesma forma que os alimentos convencionais.
- Em 1994, chega aos supermercados norte americanos o tomate *Flavr Savr*®, da Calgene, o primeiro alimento transgênico disponível nos supermercados para os consumidores. Este novo alimento foi desenvolvido de forma a apresentar mais sabor e mais tempo de durabilidade que os outros tomates.
- Em 1995, é comercializada a primeira variedade de soja transgênica.
- É importante lembrar, que, em 1996, ocorre o nascimento da ovelha Dolly, primeiro mamífero clonado a partir de uma célula de um animal adulto pelo Instituto Roslin (Escócia) e pela empresa PPL Therapeutics. Só em fevereiro do ano seguinte o feito foi divulgado. Dolly morreria de envelhecimento precoce em fevereiro de 2003.
- Em 1997, o governo norte-americano autoriza 18 aplicações agrícolas transgênicas.
- Em 1999, pesquisadores anunciam o desenvolvimento do “arroz dourado”, enriquecido com betacaroteno, precursor da vitamina A
- No Brasil, em março de 2003, ocorre a liberação de comercialização temporária da soja transgênica, através de uma medida provisória.
- Em março de 2005, no Brasil, após a aprovação da nova lei de biossegurança nacional, o cultivo e a comercialização de algumas variedades foram totalmente autorizados.

Com o advento da biotecnologia moderna o setor agroalimentar mostrou um aumento significativo na produção, principalmente devido às plantações de transgênicos. Estudos mostram que de 1996 a 2005 o aumento de áreas plantadas com sementes de organismos geneticamente modificados (OGMs) foi enorme, passando de zero hectares para cerca de 90 milhões de hectares plantados com organismos geneticamente modificados nos 21 países que atualmente plantam OGMs (James, 2005).

Entre o grupo de países em desenvolvimento com cultivo de transgênicos, a Argentina (50% do total do grupo) e o Brasil (28% do total do grupo) ocupam posição de grande destaque, com 17,1 milhões de hectares e 9,4 milhões de hectares, respectivamente, e representando conjuntamente quase 80% do cultivo entre os países em desenvolvimento (ORATI, 2006).

Atualmente 21 países cultivam transgênicos, entretanto o volume da área de cultivo expressivo está concentrado em apenas 8 países. Os principais países com cultivo de transgênicos em 2005 são em ordem decrescente de área plantada (em hectares): Estados Unidos com 49,8 milhões (59% do total global), seguidos de Argentina com 17,1 milhões (20%), Brasil com 9,4 milhões (6%), Canadá com 5,8 milhões (6%), China com 3,3

milhões (5%), Paraguai com 1,8 milhões (2%), Índia com 1,3 milhões e África do Sul com 0,5 milhão (ORATI, 2006).

Atualmente as principais características das plantas que estão sendo cultivadas nesses 21 países são relacionadas à tolerância a herbicida e resistência a insetos, que estão presentes nas principais culturas plantadas, como soja, algodão, canola e milho (JAMES, 2005). Tillman et al (2001) descrevem em seu trabalho que no ano de 2000 o uso de pesticidas no mundo todo foi de 4.10^6 milhões de toneladas (cobrindo uma área de $1,5.10^9$ hectare) e que esse número poderá aumentar para 7.10^6 milhões de toneladas em 2020 (cobrindo uma área de $1,7.10^9$ hectare) 10.10^6 milhões de toneladas em 2050 (cobrindo uma área de $1,9.10^9$ hectare), enfatizando que poderemos estar contaminando muito o ambiente além de danos à saúde (DICIERO, 2006). Em 2002, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística revelou que o uso de agrotóxicos por hectare no Brasil aumentou 21,6% colocando o país como um dos maiores usuários de tais insumos (AGÊNCIA BRASIL, 2002). Além disso, inúmeros estudos mostram que a população poderá chegar a até 10 bilhões de habitantes em 2025, o que indica que não teremos áreas cultiváveis com o tamanho populacional. Todos esses fatos apontam e justificam um crescente desenvolvimento de tecnologias ligadas à biotecnologia agropecuária moderna (FIGUEIREDO; PENTEADO; MEDEIROS, 2006).

Entre os principais tipos de culturas transgênicas, em 2005, a cultura com o maior volume de cultivo é a soja, com aproximadamente 60% do total (54,4 milhões de hectares), seguida pelo milho com 21% (19,1 milhões de hectares), pelo algodão com 11% (9,8 milhões de hectares) e pela canola com 5% (4,6 milhões de hectares) do total cultivado (ORATI, 2006).

2. Legislação

A chegada dos alimentos transgênicos no Brasil, ocorreu, pela primeira vez, em 1998. Nesta data, a Monsanto obteve a aprovação para sua soja *Roundup Ready*, através da autorização da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio). Imediatamente, após isso, entidades não governamentais de defesa do meio ambiente e do consumidor, entraram na Justiça questionando a liberação. Entre 1998 e 2003, ocorre um período denominado moratória judicial, no qual a autorização para o cultivo de transgênico ficou judicialmente suspensa (GREENPEACE, 2005).

Considerando que antes de 2003, não havia autorização e regulamentação para o cultivo de alimentos transgênicos no país, as sementes de soja transgênica chegaram ao Rio Grande do Sul através da Argentina por meios ilegais. Diante do otimismo dos agricultores em relação a essa nova tecnologia e, da falta de fiscalização por parte dos governos estadual e federal, seu cultivo alcançou uma significativa área de plantio. Contudo, próximo ao início da colheita da safra 2002/2003, necessitando regulamentar a comercialização do

produto, representantes dos agricultores de soja transgênica pressionaram o governo para uma definição sobre o assunto (GREENPEACE, 2005).

Após muita discussão, em março de 2003, o governo se viu obrigado a editar as pressas uma medida provisória para liberar a comercialização da safra daquele ano produzida no Sul do país, visto que muitos produtores haviam plantado soja geneticamente modificada (semente contrabandeada da Argentina), mesmo sem a autorização governamental. Esse foi um primeiro passo para que em março de 2005, após a aprovação da nova lei de biossegurança nacional, o cultivo e a comercialização de algumas variedades de soja fossem totalmente autorizados (ORATI, 2006).

Dessa forma com a liberação da produção de soja transgênica no país em 2005, agora em 2006, oficialmente chegaram ao mercado consumidor final os primeiros produtos que foram processados a partir desses grãos (ORATI, 2006).

Em março de 2005, o Presidente Lula finalmente sancionou a nova Lei de Biossegurança (11.105, de 24/03/2005), que regulamenta definitivamente o plantio e a comercialização das variedades transgênicas. O texto final aprovado afirma que toda e qualquer empresa que desejar plantar e/ou comercializar uma variedade transgênica precisa submeter um pedido a CTNBio, que deverá emitir seu parecer, que, caso seja favorável à liberação, será confirmado ou rejeitado pelo Conselho Nacional de Biossegurança (CNBS), composto por 9 Ministros e um Secretário Especial. Desta forma, a nova lei retira a obrigatoriedade da realização de estudos de impactos ambientais e sobre saúde humana, cabendo a CTNBio solicitá-los ou não. A lei também retira a competência dos ministérios da Saúde e do meio Ambiente, que antes tinham o poder de exigir a realização deste tipo de estudos e avaliar os impactos que a liberação da variedade transgênica poderia trazer para suas áreas de atuação (GREENPEACE, 2005).

Os Estados Unidos e a União Européia adotam, em suas legislações, posicionamentos bem diferentes em relação aos alimentos transgênicos e são, a partir deles, que as legislações dos outros países são baseadas (ORATI, 2006).

No âmbito internacional, a regulação das normas de segurança para alimentos se institucionalizou por meio das determinações do *Codex Alimentarius*, o código internacional voltado para a orientação da indústria alimentícia e para a proteção da saúde dos consumidores, criado em 1962, por iniciativa da FAO e da Organização Mundial da Saúde – OMS. A rotulagem de alimentos transgênicos foi debatida na 24ª reunião da Comissão do *Codex* – Genebra, 2 a 7 de julho de 2001 – e, na inexistência de consenso entre os países membros sobre o tema, determinou-se nova rodada de debates no próximo encontro. Deste modo, atualmente, o *Codex* está discutindo normas de segurança para alimentos transgênicos, incluindo a rastreabilidade e a rotulagem, em diversas instâncias. O *Food Import and Export Inspection and Certification System* visa o estabelecimento de normas para os sistemas de controle de importação de alimentos, os julgamentos de equivalência de medidas sanitárias, a utilização de sistemas de garantia de qualidade em alimentos, e o controle de situações de emergência (PESSANHA, 2004).

O *Codex Committee On Food Labeling* (CCFL) examina as questões relativas à rotulagem de alimentos e as definições de conceitos, normas e provisões, com vistas a

estabelecer os padrões de rotulagem a serem aplicados internacionalmente a todos os alimentos (PESSANHA, 2004).

A questão da legislação sobre a rotulagem também não é recente, porém, em março de 2003, foi promulgado o decreto que definiu as normas de identificação e rotulagem dos alimentos transgênicos, deixando a definição do símbolo a cargo de uma portaria do Ministério da Justiça. Assim, em março de 2004, através da consulta pública, definiu-se pela identificação mostrada na figura abaixo. Deve-se destacar que esse é um tipo de identificação peculiar em termos globais, pois em outros países a exigência de informação ao consumidor sobre a possibilidade de o produto conter alimento transgênico limita-se a apenas frases ou expressões no rótulo dos produtos (ORATI, 2006).

Figura 1: Símbolo de identificação de alimentos transgênicos



Fonte: Ministério da Justiça (2003)

Sobre a questão de controle de patentes e royalties, MIALHE (2004) afirma que todos os organismos geneticamente modificados, inclusive aqueles em testes, possuem várias patentes em suas cadeias, garantindo o monopólio ao detentor da patente sobre a tecnologia desenvolvida e seus produtos. Corre-se o risco de uma grande dependência da agricultura brasileira por parte das companhias que vêm produzindo sementes transgênicas. Como a semente é o insumo básico da agricultura, se alguma empresa detiver o monopólio das sementes, certamente tal companhia garantirá o monopólio sobre um vasto setor da agricultura, levando a um processo de perda da autonomia do agricultor e a concentração de um grande poder nas mãos do fabricante de sementes.

3. Riscos e Benefícios dos OGMs.

A tecnologia do DNA recombinante permite a transferência de novos genes (fragmentos de DNA) para uma planta, alterando, portanto, a sua composição. Essa alteração envolve efeitos intencionais, relacionados às características do gene introduzido (por exemplo, o gene que confere resistência a herbicidas ou contra insetos), e efeitos não intencionais (previsíveis ou não), decorrentes dessa inserção ou da manipulação genética

conduzida (por exemplo, alteração de uma via metabólica ou de um composto químico) (LAJOLO; NUTTI, 2003).

Quando se faz à modificação genética não se pode saber de antemão em que local do cromossomo o DNA transferido irá localizar-se. Ele pode inserir-se no meio de um gene ou de seus elementos reguladores ou gerar a inserção de fragmentos menores de DNA em alguma região. Devido a essa inserção ao acaso, pode ocorrer efeitos não intencionais, causados por alterações no genoma receptor, como ativação de alguns genes ou silenciamento de outros. Isso resulta numa expressão maior ou menor de enzimas e, em consequência, em alterações nos teores de certos componentes do metabolismo, ou seja, na introdução de características não previstas (LAJOLO; NUTTI, 2003).

Os potenciais riscos estão, portanto, associados ao novo DNA introduzido, ao produto de expressão desse DNA (proteína) ou a efeitos não intencionais, decorrentes da introdução no genoma e da expressão desse novo gene (efeito pleiotrópico) e eventuais mutações. A simples ingestão de DNA adicional não é considerada perigosa, já que DNA/RNA são ingeridos normalmente através de dietas. Os produtos de expressão, porém, que são proteínas, podem potencialmente ser tóxicos, ter ação antinutricional ou causar algumas mudanças no valor nutricional do alimento. Podem ocorrer também efeitos não intencionais. Mudanças morfológicas são facilmente detectáveis, mas uma alteração no genoma não é visível com facilidade e pode levar a mudanças na expressão enzimática, logo, nos fluxos de diversas vias metabólicas por mecanismos ainda não totalmente conhecidos. Além disso, a inserção de um DNA nos cromossomos pode alterar a expressão de outros genes; por exemplo, reativação de genes silenciados por processos evolutivos ou em melhoramentos anteriores, os quais, ativados, passariam a produzir substâncias indesejáveis (LAJOLO; NUTTI, 2003).

É importante mencionar que todas essas mudanças não-intencionais podem ocorrer também nos processos convencionais de melhoramento, até em maior proporção devido à sua inespecificidade, o que faz com que, em ambos os casos, sejam necessárias avaliações de segurança dos produtos resultantes (LAJOLO; NUTTI, 2003).

Por isso desenvolveram-se princípios, estratégias e metodologias que vêm sendo discutidos em âmbito nacional e internacional e aplicados quando da aprovação de um produto geneticamente modificado. Como veremos, isso envolve a análise de risco e princípios como o da equivalência substancial e o da precaução, ao lado de protocolos específicos (LAJOLO; NUTTI, 2003).

A avaliação da segurança dos alimentos geneticamente modificados (AGM) não é diferente daquela dos alimentos convencionais, baseando-se na metodologia da avaliação de risco, já usada para a avaliação da segurança dos aditivos, dos pesticidas, das contaminações químicas e microbiológicas em alimentos, adaptada aos riscos potenciais específicos (LAJOLO; NUTTI, 2003).

Basicamente, a análise de risco é uma metodologia científica que auxilia na busca sintetizada de informações sobre um determinado perigo, de forma a permitir a avaliação do risco envolvido e a adoção de medidas para eliminar ou controlar o perigo detectado (LAJOLO; NUTTI, 2003).

O fato de um alimento geneticamente modificado ser substancialmente equivalente ao seu análogo convencional não significa que ele seja seguro, nem elimina a necessidade de se conduzir uma avaliação rigorosa para garantir a segurança antes que sua comercialização seja permitida. De outro lado, a não-constatação de substancialmente equivalente não significa que o alimento geneticamente modificado não seja seguro, apenas que há necessidade de prover dados de maneira extensiva, que demonstrem sua segurança (DONALDSON; MAY, 1999).

Todos os alimentos tradicionais ou geneticamente modificados têm um nível de risco que é considerado aceitável e estabelecido cientificamente com base na análise de risco: não existe risco zero ou segurança absoluta (OTSUKI; NILSON; SEWADEH, 2000).

O conhecimento completo sobre a planta que receberá os novos genes é uma das etapas iniciais na avaliação do risco. É necessária uma descrição da planta, a mais abrangente possível, incluindo informações agronômicas, genotípicas e fenotípicas (FAO/WHO, 2002a).

Entre esses dados incluem-se: o nome usual, científico e a posição taxonômica para completa identificação; o histórico do seu cultivo e desenvolvimento através do eventual cruzamento com outras plantas; eventuais relatos de toxicidade ou alergenidade dessa espécie ou de plantas próximas. Informações sobre plantas relacionadas evolutivamente ou utilizadas em cruzamentos com a planta em questão permitem também inferências sobre a segurança (LAJOLO; NUTTI, 2003).

A modificação genética de um alimento não o torna menos seguro do que alimentos não transformados geneticamente. Como toda tecnologia, porém, ela deve ser avaliada, e esse processo tem ocupado instituições científicas e organismos legislativos nacionais e internacionais (LAJOLO; NUTTI, 2003).

Organizações internacionais como FAO, WHO, OECD, ILSI, *Codex alimentarius*, bem como instituições de caráter nacional, em diversos países, vêm desenvolvendo pesquisas e discutindo princípios, metodologias e protocolos para avaliação da segurança de uso do OGM (LAJOLO; NUTTI, 2003).

Sobre o uso de herbicidas e inseticidas, a Monsanto (2004) declara que o cultivo de plantas transgênicas contribui para a preservação do meio ambiente, pois, além de reduzir significativamente a quantidade de agrotóxicos, permite a adoção de técnicas agrícolas preservacionais, como o plantio direto-técnica que elimina a necessidade de aragem da terra, o que leva ao aumento da umidade, vida biológica e matéria orgânica do solo e, ainda, evita a erosão. As plantas resistentes ao ataque de insetos-pragas (tecnologia Bt), por exemplo, reduzem consideravelmente a necessidade do uso de inseticidas em países como a África do Sul, China, Índia, Estados Unidos, Espanha e Argentina. Essas plantas trazem, portanto, benefícios para o meio ambiente e ajudam também a reduzir as intoxicações de trabalhadores rurais por agrotóxicos, uma vez que esses trabalhadores ficam menos expostos a esses produtos.

“Na China, aplicam-se cinco vezes menos inseticidas nas lavouras transgênicas de algodão Bt em relação às convencionais, o que é vantajoso também para o agricultor, que passa a ter condições de trabalho mais saudáveis”, afirma Marcelo Menossi, professor do

Departamento de Genética e Evolução do Instituto de Biologia da Universidade estadual de Campinas (CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA, 2005).

De forma oposta, Almeida (2003), defende que as plantações transgênicas provocam, ao longo do tempo, o aumento da necessidade de uso de agrotóxico. Os riscos para o meio ambiente surgem com a inserção de genes resistentes aos agrotóxicos em certos alimentos transgênicos, quando então as pragas e ervas daninhas combatidas poderão desenvolver a mesma resistência, tornando-se superpragas, o que vai causar o desequilíbrio no ecossistema. A utilização indiscriminada desses genes resultará na aplicação de maiores quantidades de herbicidas nas plantações, implicando no aumento de resíduos nos alimentos que comemos, nos rios e solos, prejudicando ainda mais o equilíbrio no meio ambiente.

Varella, Fontes, Rocha (1999), *apud* Rios (2004), declaram que uma planta transgênica, por exemplo, resistente a determinado tipo de agente patogênico pode combinar-se com indivíduos da mesma espécie, porém sem as mesmas alterações no genoma. Essa combinação pode determinar o desenvolvimento de uma nova geração cujas características genéticas são imprevisíveis e podem transformá-la em praga em um determinado ambiente, devido a possíveis vantagens competitivas em relação às demais populações que habitam a mesma área.

No Canadá, a canola resistente a três herbicidas (*Liberty, Roundup e Clearfield*) tornou-se uma erva daninha. Identificada pela primeira vez em 1998, apenas três anos depois das variedades de canola transgênica resistente a herbicidas serem cultivadas comercialmente. Esta resistência a mais de um herbicida é devido ao acúmulo de genes de diferentes transgênicos em uma mesma planta e surge através da polinização cruzada de uma variedade transgênica resistente a um herbicida com outra variedade transgênica resistente a outro herbicida. A disseminação dessa superpraga no Canadá está levando ao uso de agrotóxicos mais perigosos (GREENPEACE, 2004).

Contudo, segundo a Monsanto (2004), o risco de surgimento de superpragas é pequeno, já que diversos estudos científicos são realizados para verificar o potencial da planta transgênica de persistir no meio ambiente e a possibilidade de transferência de genes para outras plantas. Esses estudos demonstraram que as plantas transgênicas aprovadas para comercialização não diferem das plantas convencionais quanto aos potenciais impactos ao meio ambiente.

Os sistemas agrícolas desenvolvidos com plantas transgênicas mediante a biotecnologia favorecerão as monoculturas, as quais estão caracterizadas por níveis perigosamente elevados de homogeneidade genética levando a uma maior vulnerabilidade dos cultivos aos estresses bióticos e abióticos. Na medida em que as novas sementes manipuladas geneticamente substituam as velhas variedades tradicionais e seus parentes silvestres, a erosão genética aumentará no Terceiro Mundo. Assim, a uniformização não apenas destruirá a diversidade dos recursos genéticos, mas também quebrará a complexidade biológica, que é a base da sustentabilidade dos cultivos tradicionais (ROBINSON, 1996).

Por outro lado o Conselho de Informações sobre Biotecnologia (2005) afirma que o melhoramento genético de plantas tem contribuído para o aumento da produtividade

agrícola, diminuindo assim a necessidade de desmatamento em grandes áreas nativas e contribuindo para a preservação da biodiversidade e do meio ambiente. Além disso, com a diminuição da necessidade de aplicação de herbicidas e inseticidas, contribui-se para o menor uso de máquinas agrícolas, com isso, diminuindo também as emissões de gases poluentes.

Especialistas afirmam que o risco de contaminação impede a criação de áreas exclusivas para produtos transgênicos ao lado de outras áreas livres de contaminação genética. Mesmo se tal separação fosse possível, outros problemas deveriam surgir a partir da colheita. Por exemplo, a soja transgênica teria de ser separada da soja não-transgênica, desde as colheitadeiras, seguindo no transporte em diferentes caminhões ou em comboios ferroviários que seriam utilizados no traslado dos grãos. Estes, por sua vez, deveriam ser estocados em diferentes silos ou exportados por meio de diferentes navios cargueiros. No caso do monitoramento dos transgênicos, seriam necessários, ainda, o desenvolvimento e a implantação de sistemas de rastreabilidade, credenciados por órgãos independentes. Todavia, tal medida esbarra em enormes dificuldades técnicas, ainda não equacionadas, para a rastreabilidade de grãos, do plantio ao consumo (MIALHE, 2004).

Sobre os riscos de poluição genética, a Monsanto (2004) afirma que a probabilidade de cruzamento não depende da característica introduzida nas plantas transgênicas ou do melhoramento genético clássico, mas sim do sistema natural de reprodução de cada cultura. No caso, específico da soja, os riscos são muito baixo devido ao fato de ser uma espécie que se reproduz por autofecundação, o que minimiza o potencial de cruzamento com outras plantas de soja ou de qualquer outra espécie. Quanto ao milho que se reproduz por polinização, existe um risco moderado, requerendo, assim, diversos estudos a respeito das características e movimentação do pólen. Esse conhecimento permite que todos os cuidados sejam tomados antes da autorização do plantio em nível experimental e, posteriormente, para a liberação em escala comercial.

Para Almeida (2003), os alimentos transgênicos podem causar aumento de alergias. Quando se insere um gene de um ser em outro, novos compostos são formados nesse novo organismo, como proteínas e aminoácidos. Seu consumo pode desencadear processos alérgicos em pessoas por causa dessas novas substâncias.

Em defesa da biotecnologia de forma a diminuir alergias, a Monsanto (2004) declara que:

[...] as principais causas de alergias alimentares já são conhecidas pelos especialistas e os procedimentos de avaliação da segurança dos transgênicos são suficientes para evitar que substâncias alergênicas sejam transferidas para as plantas. Os alimentos transgênicos aprovados para consumo têm as mesmas características de composição dos convencionais e não trazem novos riscos de alergia. Pelo contrário: o benefício em potencial que os transgênicos devem trazer no futuro será o de possibilitar a redução ou a remoção de substâncias causadoras de alergias das plantas e dos alimentos.

No consumo de alimentos geneticamente modificados, Almeida (2003) destaca o risco de aumento de resistência aos antibióticos. O consumo desses alimentos pode conferir aos seres humanos resistências aos medicamentos à base dos mesmos antibióticos.

A engenharia genética de alimentos pode provocar o aumento das substâncias tóxicas. Muitas plantas produzem substâncias tóxicas para se defender de inimigos naturais. Geralmente, as quantidades encontradas naturalmente não são prejudiciais ao homem. No entanto, se o gene de uma dessas plantas ou micróbios for utilizado em alimentos, é possível que o nível dessas toxinas aumente inadvertidamente e prejudique as pessoas, os insetos benéficos e outros animais. Isso já ocorreu com o milho transgênico, cujo pólen pode matar lagartas de uma espécie de borboleta. Por esses motivos, o governo da Áustria proibiu o plantio desse tipo de milho (ALMEIDA, 2003).

No campo da melhoria nutricional, o Conselho de Informações sobre Biotecnologia (2005), apresenta alguns exemplos de alimentos que estão sendo pesquisados pelos cientistas, inclusive no Brasil, e que, em breve, poderão estar disponíveis aos consumidores:

- tomate com mais licopeno, antioxidante que ajuda a prevenir o câncer e doenças do coração;
- arroz com maior teor de betacaroteno, que estimula a produção de vitamina A;
- grãos com mais vitamina E, que fortalece o sistema imunológico;
- alface enriquecida com um composto que ajuda a diminuir o mau colesterol (LDL) e estimula o aumento do bom colesterol (HDL);
- arroz, trigo e feijão com mais ferro, importante no combate à anemia;
- frutas com maior teor de vitamina C;
- alimentos com menor nível de microtoxinas, substâncias tóxicas produzidas por bolores que podem provocar doenças como o câncer, diminuir a resistência do corpo e dar origem a hemorragias.

Expondo os riscos da “melhoria nutricional”, o Greenpeace declara que pesquisadores da Monsanto, na tentativa de aumentar o conteúdo de carotenóides em óleos da semente da canola perceberam que os níveis de vitamina E e de clorofila nas sementes foram dramaticamente e inexplicavelmente reduzidos. Em outro experimento, outros pesquisadores, tentando construir geneticamente um caminho para a síntese de carotenóide em tomates, encontraram uma “super-expressão” de um gene que causou uma inesperada redução no tamanho natural da planta (GREENPEACE, 2004).

Apesar dos benefícios da engenharia genética, a tecnologia é rodeada por controvérsia (UZOGARA,2000). Alguns dos medos específicos expressados por oponentes da tecnologia dos geneticamente modificados incluem alteração na qualidade nutricional dos alimentos, potencial toxicidade, possível resistência a antibióticos das colheitas dos geneticamente modificados, potencial alergenicidade e carcinogenicidade do consumo dos alimentos geneticamente modificados. Algumas preocupações mais comuns incluem a poluição ambiental, transferência de genes não intencional para plantas selvagem, possibilidade de criar novos vírus e toxinas, limitado acesso as sementes devido ao patenteamento das plantas geneticamente modificadas, perigo da diversidade genética para as plantações, religião, preocupação ética e cultura, bem como o medo do desconhecido. Defensores da tecnologia dos geneticamente modificados incluem indústrias privadas, pesquisadores cientistas, alguns consumidores, fazendeiros e agências reguladoras. Os benefícios apresentados por defensores da tecnologia dos geneticamente modificados

incluem melhoramento no tempo de prateleira das frutas e vegetais, melhoramento da qualidade nutricional e benefícios à saúde, melhoramento do teor de proteínas e carboidratos dos alimentos, melhorada quantidade e qualidade de carne, leite e *livestock*. Outros potenciais benefícios são: o uso de *livestock* geneticamente modificados para criar órgãos para transplantar em humanos, aumentar o campo das plantações, melhoramento na agricultura através do comportamento dos insetos, pestes, doenças e colheitas resistentes ao clima e colheitas tolerantes a herbicidas, uso de plantas geneticamente modificadas como biofatores como matéria prima para uso industrial, uso de organismos geneticamente modificados em drogas manufaturadas, em reciclagem e/ou remoção dos resíduos industriais tóxicos (UZOGARA, 2000).

Os críticos dos alimentos da engenharia genética têm preocupação, não só pela segurança, alergenicidade, toxicidade, e alteração da qualidade nutricional dos alimentos, mas também pelo meio ambiente (tabela 1). Eles temem que técnicas de transferência de genes podem resultar em alguns erros com esses métodos, como outras tentativas humanas, estão longe de perfeitamente seguros. De acordo com Phillips (1994), o novo material genético às vezes pode não ser bem sucedido ao ser transferido para a célula alvo, ou pode ser transferido em lugar errado na cadeia de DNA do organismo alvo, ou o novo gene pode ativar um gene que normalmente é inativo, ou pode trocar ou anular a função de um gene diferente, causando mutações inesperadas, desse modo criando plantas tóxicas, inférteis ou imprópria (UZOGARA, 2000).

Tabela 1
Potencial riscos ou preocupações do uso de alimentos geneticamente modificados (GM)

Riscos ou preocupações	Referências
Alteração na qualidade nutricional dos alimentos	Phillips, 1994; Young; Lewis, 1995
Resistência a antibióticos	Hileman, 1999a; Phillips, 1994
Potencial de toxicidade dos alimentos GM	Phillips, 1994
Potencial alergenicidade dos alimentos GM	Billings, 1999; Coleman, 1996; Nordlee et al., 1996.
Transferência não intencional de genes das plantas silvestres	Hileman, 1999a; Kaiser, 1996; Rissler and Mellon, 1993, 1996.
Possível criação de novos vírus e toxinas	Phillips, 1994
Limitado acesso a sementes através da patente das plantas GM	Lustgarden, 1994b; Koch, 1998.
Ameaça da diversidade genética das colheitas	Koch, 1998; Phillips, 1994
Preocupação religiosa, cultural e ética	Crist, 1996; Robinson, 1997; Thompson, 1997.

Preocupação com a falta de indicação	Registro Federal, 1992; Hoef et al., 1998.
Preocupação referente a certos grupos de animais	Kaiser, 1999; Koenig, 1999
Preocupação referente aos fazendeiros orgânicos e tradicionais	Koch, 1998
Medo do não conhecido	Koch, 1998; Longman, 1999

Defensores dos alimentos da engenharia genética citam disponibilidade aumentada de alimento durante o ano todo, qualidade nutricional melhorada, e estendida vida na prateleira como algumas das razões (Tabela 2) porque eles apoiam a nova ciência que beneficiará consumidores, fazendeiros, e o meio ambiente. Entretanto, eles acreditam que ele conduzirá a um melhoramento na agricultura e alimentos, e produzirá alimentos mais saudáveis, mais baratos, mais estável, nutritivo, melhor sabor e mais seguro (UZOGARA, 2000).

Tabela 2
Potencial benefícios da tecnologia dos geneticamente modificados

Benefícios da tecnologia GM	Referências
Aumento na disponibilidade de alimentos	Jackson, 1991; Moffat, 1992; Rudnitsky, 1996; Schardt, 1994
Melhoramento da vida nas prateleiras das frutas e vegetais	BIO, 1998; Thayer, 1994; Walters, 1994
Melhoramento na qualidade nutricional e benefícios à saúde	Ames, 1998; BIO, 1998; Clinton, 1998; Elliot, 1999; Nguyen ; Schawartz, 1999; Smaglik, 1999.
Melhoramento da qualidade da proteína no alimento GM	BIO, 1998; De Lúmen et al., 1997; Hauman, 1997; Kitamura, 1995; Roller; Hallander, 1998
Aumento no conteúdo de carboidratos no alimento GM	BIO, 1998; Liu, 1999; Starke et al., 1996
Melhoramento na quantidade e qualidade de carne, leite e na produção de <i>livestock</i>	Bishop, 1996; Dalrymple, 1998; Rohricht, 1999; Wilmut et al., 1997
Campo de colheita aumentado	BIO, 1998; Hadfield, 1996; Jackson, 1991; Jacoby, 1999; Paoletti; Pimental, 1996; Wood, 1995

Produção de vacinas e drogas	Ames, 1998; Daie; Belanger, 1993, Hsu, 1999a,b; Kiernan, 1996; Lesney, 1999; Oldham, 1996; Sloan, 1999
Defesa biológica contra doenças, stress pestes, ervas daninhas, herbicidas e vírus	BIO, 1998; Hileman, 1999a,b,c; Jacoby, 1999; Liu, 1999; Losey et al., 1999; Thayer, 1999; Wilkinson, 1997; Wood, 1995
Biorremediação	Howe, 1997; Gray, 1998; Paoletti and Pimental, 1996
Impacto positivo sobre o cultivo e a produção dos alimentos	Thayer, 1999
Benefícios dos GM ao meio ambiente	BIO, 1998
Prática de colheitas de GM como bio-fatores e fontes de matéria-prima industrial	Block; Langseth, 1994; Del Vechio, 1996; Goddijin; Pen, 1995; Hercberg et al., 1998; Hsu, 1999b; Moffat, 1992; Sloan, 1999
Fatura/ criação de emprego	Alliance For Better Foods, 1999; Thayer, 1999.

Futuras aplicações desta ciência aumentarão resistência das plantas a pestes, insetos, doenças, herbicidas, clima, e outros stress do meio ambiente. Muitas plantas produzidas geneticamente e ainda animais crescerão e reproduzirão mais rápido. Porque cientistas são capazes de introduzir características genéticas em organismos com melhor precisão erros serão menos provável de ocorrer (SCHARDT, 1994). Plantas tendo novas características com benefícios específicos serão produzidas geneticamente de uma maneira restrita e controlada. Defensores dos alimentos geneticamente modificados acreditam que o risco potencial da tecnologia do geneticamente modificado é hipotético, ainda que é tão cedo para dizer se a tecnologia do geneticamente modificada é benéfica em todas as plantas (UZOGARA, 2000).

O benefício nutricional e para a saúde da engenharia genética são muitos e será útil para o crescimento da população mundial que está estimada em 6 bilhões (HENKEL, 1995; RUDNITSKY, 1996), e provavelmente dobrará nos anos de 2050, de acordo com a UN. Conseqüentemente, a engenharia genética é o único lógico caminho nos alimentos e medicamentos na superpopulação mundial (LESNEY, 1999). GM tem a potencialidade de aumentar a qualidade, valor nutricional e variedade dos alimentos disponíveis para o consumo humano, e para aumentar a eficiência da produção dos alimentos, distribuição e manejo dos resíduos. A engenharia genética também produziria matéria prima para uso industrial. Ela conduziria ao desenvolvimento de novas variedades de colheitas que oferecem campo aumentado e reduzido *input*, e também oferecem características especializadas da carne e necessidades dos usuários. Genes inseridos em plantas podem conferir defesa contra doenças e pestes, reduzindo assim a necessidade para pesticidas químicos caros, e transmitir características genéticas a fim de permitir as colheitas melhor resistência à seca, pH, geada e salinidade (THAYER, 1999).

A aplicação cuidadosa da engenharia genética fará a vida melhor, melhora a saúde e o bem estar humano, economiza tempo e dinheiro. Ela também reduzirá o custo do processo, elimina material nocivo e ajuda o meio ambiente. GM também criará empregos e grande transferência do campo externo. Os benefícios dos alimentos geneticamente produzidos estão distantes de ponderar as conseqüências. Riscos de produzir e consumir novos alimentos GM deveria ser comparados com o potencial benefícios, e quando os benefícios fossem maiores que os riscos, tais alimentos deveriam ser adotados. As pessoas do século 21 deveriam começar aprender as novas tecnologias de nossa época, seja microcomputadores, ou engenharia genética (UZOGARA, 2000).

Os benefícios dos GMOs podem ser divididos em duas categorias principais. Uma envolve a experimentação e a produção comercial dos GMOs por fazendeiros em países desenvolvidos, amplamente os Estados Unidos. A segunda categoria é o uso dos OGMs em países desenvolvidos para combater a fome pelo rendimento aumentado e fabricação de plantações mais resistentes a pestes e a seca, e ainda o aumento do valor nutricional das plantações (DAN, 2001).

Há definitivamente riscos no desenvolvimento dos OGMs. Alguns riscos específicos têm sido documentados (DAN, 2001).

Visto que desta maneira aumentando o uso dos OGMs, um começo para querer saber quais são as vantagens e desvantagens do uso deles, e se os benefícios são maiores que os riscos. As implicações da engenharia genética são complexas e contraditórias, desde o uso de novas tecnologias da engenharia genética e causa muitas opiniões diferentes e pontos de vista conflitante (CILIBERTI; MOLINELLI, 2005).

Embora empresas interessadas, pesquisadores e entidades públicas estejam em um debate sem consenso sobre os riscos e benefícios oriundos do desenvolvimento dos alimentos transgênicos, somente a efetiva percepção desses riscos e benefícios pelos consumidores será o fator crítico para o sucesso (aceitação) ou fracasso (rejeição) dos alimentos transgênicos (ORATI, 2006).

4. Conclusão

A biotecnologia moderna surgiu no início dos anos setenta como resultados de descobertas científicas no campo da engenharia genética. Segundo Carvalho (1996), “a biotecnologia moderna inicia o seu trabalho com seres vivos naturais para obter outros seres vivos não encontráveis na natureza, obtidos pela aplicação de técnicas não naturais de seleção, transformação genética e otimização fisiológica”.

O objetivo das técnicas que compõem a engenharia genética é transferir genes de um organismo para outro. A introdução de segmentos de DNA de um organismo A em um organismo B é chamado de transformação gênica, desse modo o indivíduo B passa a ser chamado de transgênico ou organismo geneticamente modificado (OGM), que apresenta novos atributos biológicos. (FIGUEIREDO; PENTEADO; MEDEIROS, 2006)

O surgimento da biotecnologia moderna marca a entrada de uma nova era para a agricultura, com um papel de destaque para a genética molecular. A tendência é que a revolução agrícola atual possa depender menos de inovações mecânicas e químicas baseando-se mais no uso intensivo do conhecimento científico e de técnicas moleculares e celulares. Essas técnicas podem aumentar a produtividade e reduzir custos, além de melhorar a qualidade dos alimentos e permitir práticas agrícolas mais ecológicas. A manipulação genética das plantas já tem mostrado impactos e outros setores produtivos, como na indústria química e farmacêutica, com a possibilidade, a partir de plantas geneticamente modificadas, de produzir fitoterápicos ou ainda desenvolver vegetais biorreatores (FIGUEIREDO; PENTEADO; MEDEIROS, 2006).

As plantas geneticamente modificadas podem ser classificadas em três fases, de acordo com a natureza de suas modificações (ARAGÃO, 2003):

- primeira fase – propriedades agronômicas: plantas geneticamente modificadas com características agronômicas de tolerância a herbicidas e resistência a pragas (insetos, fungos e vírus);
- segunda fase – nutricional: são plantas modificadas com o objetivo de melhorar quantitativamente e qualitativamente suas qualidades nutricionais;
- terceira fase – biofábricas: plantas modificadas para sintetizar produtos especiais, como fármacos, plásticos e outras especialidades químicas.

Um exemplo de plantas de primeira fase é a soja resistente ao glifosato e uma planta de segunda fase tem como exemplo o “arroz dourado” (alto valor de vitamina A). A maioria das plantas geneticamente modificadas produzidas e liberadas para comercialização pertence à primeira fase: soja, milho, canola, algodão, batata, abóbora, tomate e mamão (FIGUEIREDO; PENTEADO; MEDEIROS, 2006).

Regulação adequada, constante monitoramento e pesquisas são essenciais para evitar possíveis efeitos nocivos da tecnologia dos alimentos geneticamente modificados. Os benefícios nutricionais e a saúde da engenharia genética são muitos e será útil para o crescimento da população mundial que é estimada em 6 bilhões (HENKEL, 1995; RUDNITSKY, 1996), e provavelmente dobrará em 2050, de acordo com a UN (LESNEY, 1999). Há pouco ou nenhuma diferença significativa entre alimentos geneticamente modificados e aqueles produzidos tradicionalmente. É mais fácil controlar produtos obtidos da engenharia genética do que aqueles resultantes de produção tradicional. Cuidadosa aplicação da engenharia genética fará a vida melhor, melhorará a saúde humana e o bem estar, e economizará tempo e dinheiro. Ela também reduzirá o custo do processo, eliminará material prejudicial e ajudará o meio ambiente. Com os GM também criará empregos. Os riscos da produção e consumos dos novos alimentos geneticamente modificados deveriam ser comparados com os potenciais benefícios, e quando os benefícios forem maiores que os riscos, tais alimentos deveriam ser adotados (KESSLER, 1993).

Referências

- AGÊNCIA BRASIL 2002
(http://www.radiobras.gov.br/ct/2002/materia_280602_1.htm).
- ALLEN, S. Labeling rules prohibit food markers from telling what isn't in their products. *The Boston Globe*, July 12, E4, 1999a.
- ALLEN, S. Revolution on the farm: tinkering with the DNA on your dinner plate. *The Boston Sunday Globe*, July 12, E1, E4, 1999b.
- ALLIANCE FOR BETTER FOODS. Improving agriculture through biotechnology: health and nutritional benefits of food biotechnology, 1999 *Website*: www.betterfoods.org/.
- ALMEIDA, M. C. L. de. A responsabilidade civil na produção de organismos geneticamente modificados. *Revista Direito Mackenzie*, n.2, ano 1, 2003.
- AMES, B.N. Micronutrients prevent cancer and delay aging. *Toxicology Letters*, n.103, p.5-18, 1998.
- ARAGÃO, F.J.L. Organismos transgênicos: explicando e discutindo a tecnologia. Barueri-SP, Manole, 2003.
- ASTWOOD, J.D.; BANNON, G.A; DOBERT, R.L.; FUCHS, R.L. Food biotechnology and genetic engineering. In: METCALFE, D.D.; SAMPSON, H.A.; SIMON, R.A. (eds): *Food Allergy: Adverse Reactions to Food and Food Additives*. Oxford, Blackwell Science, v.3, p.38-50, 2003.
- BILLINGS, P.R. Modified foods are like drugs. *The Boston Globe*, August 28, 1999.
- BIO. Member survey. Biotechnology Industry Organization, 1998. *Website*: www.BIO.org.
- BIOTECNOLOGIA, CIÊNCIA & DESENVOLVIMENTO, 2005, *Website*: www.biotechnologia.com.br.
- BISHOP, J.E. Technology and health: sheep cloning methods hold promise of fast introduction of livestock traits. *The Wall Street Journal*, Thursday March 7, B6, 1996.
- BLOCK, G.; LANGSETH, L. Anti-oxidant vitamins and health prevention. *Food Technol*, n.46, v.7, p.80-85, 1994.
- BROWN, K.S. Prescription: one plant please. *Bioscience*, n.46, v.2, p.82, 1996.
- CAMPBELL, P.O.Q. Super foods: agricultural products and genetic engineering. *Biology Digest*, n.1, v.23, p.10-17, 1996.
- CARVALHO, A.P. Biotecnologia. In: SCHWARTZMAN, S. *Ciência e Tecnologia no Brasil: a capacitação brasileira para a pesquisa tecnológica e científica*. Rio de Janeiro: Ed. Fundação Getúlio Vargas, 1996.
- CILIBERTI, R.; MOLINELLI, A. Towards an GMO discipline: Ethical remarks. *Vet. Res. Commun*, n.29, suppl.2, p.27-30, 2005.
- CLINTON, S.K. Lycopene: chemistry, biology, and implications for human health and disease. *Nutr. Rev.* N.56, p. 35-51, 1998.
- COLEMAN, A. Production of proteins in the milk of transgenic livestock: problems, solutions and success. *Am. J. Clin. Nutr.* N.63, p.5639-5645, 1996.

CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA. Transgênicos: você tem o direito de conhecer, 2005. *Website*: www.cib.org.br

CRIST, W.E. Waiter, there's a flounder in my fruit. (Bio-engineered fruits and vegetables with animal genetic materials are not so labeled). *Vegetarian Times*, n.231, p.22, 1996.

DAIE, J.; BELANGER, F. Plant factories: production of industrial proteins and non-food products in transgenic plants. *Agro Food Industry Hi-Tech*, January-February 7, 1993.

DALRYMPLE, M.A. Genetically modified livestock for the production of human proteins. *Biotechnol. and Genet. Eng. Rev.* n.15, p.33-49, 1998.

DAN, R.A. Biotechnology risk management: the case of genetically modified organisms (GMOs). *CPCU Journal*. P.215-230, 2001.

DE LUMEN, B.O.; KRENZ, D.C.; JAMELA, M. Molecular strategies to improve the protein quality of legumes. *Food Technol.* N.51, v.5, p.67-70, 1997.

DEL VECHIO, A.J. High laurate canola: how Calgene's program began, where it is headed. *Inform.*n.7, p.230-240, 1996.

DICIERO, L. Biotecnologia agrícola e meio ambiente. Apresentação realizada no II seminário d Rotas Biotecnológicas em junho de 2006. *Website*: <http://www.fipase.org.br/>.

Donaldson, L.; MAY, R. Health implications of genetically modified foods. May 1999. *Website*: <http://www.doh.gov.uk/gmfood.htm>.

ELLIOT, J.G. Application of antioxidant vitamins in foods and beverages. *Food Technology*. N.53, v.2, p. 46-48, 1999.

FAO/WHO. Draft principle for the risk analysis of foods derived from modern biotechnology. In: FAO/Who. *Report of the Third Session of the Codex Ad Hoc Intergovernmental Task Force on Foods Derived from Biotechnology*. Yokohama, Japan, 4-8 March 2002a. Rome: Joint FAO/WHO Food Standards Programme, 2002a. (Alinorm 03/34). Appendix II, p. 43-46. *Website*: <ftp://ftp.fao.org/codex/alinorm03/Al03-34e.pdf>.

FEDERAL REGISTER. US FDA's Statement of Policy: Foods derived from new plant varieties. 57:22984-23005 (29 May 1992).

FIGUEIREDO, L.H.M.; PENTEADO, M.I.O; MEDEIROS, P.T. Patentes em biotecnologia: patenteamento em biotecnologia agropecuária-cenário brasileiro. *Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento*, ano.IX, n.36, 2006.

GODDIJIN, O.J.M.; PEN, J. Plants as bio-reactors. *Tibtech*. N.13, p.379-387, 1995.

GRAY, S.N. Fungi as potential bioremediation agents is soil contaminated with heavy or radioactive metals. *Biochem. Soc. Trans.* N.26, v.4, p.666-670, 1998.

GREENPEACE. O Princípio da Precaução e os Transgênicos: uma abordagem científica do risco, maio de 2004.

GREENPEACE. Soja transgênicas no Brasil – Contaminação e royalties, julho de 2004.

GREENPEACE. Relatório de mercado Europeu, janeiro 2005.

GREENPEACE. O contexto político dos transgênicos no Brasil, abril de 2005.

HADFIELD, P. Na enzyme for surviving in the desert. *New Scientist*. N.149, v.2013, p.21, 1996.

HAUMAN, B.F. Bio-engineered oilseed acreage escalating. *Inform.* N.8, p.804-811, 1997.

HENKEL, J. Genetic engineering, fast-forwarding to the future foods. *FDA Consumer*, n.29, v.3, p.6, 1995.

HERCBERG, S.; GALAN, P.; PREZIOSI, P.; ALVAREZ, M.; VASQUEZ, C. The potential role of anti-oxidant vitamins in preventing cardiovascular diseases and cancers. *Nutrition*, n.14, p.513-520, 1998.

HILEMAN, B. UK moratorium on biotech crops. *Chemical & Eng. News* May 24, p.7, 1999a.

HILEMAN, B. Bt corn pollen kills monarch butterflies. *Chemical & Eng News* May 24, p.7, 1999b.

HILEMAN, B. Prescription for a global biotechnology dialogue. *Chemical & Eng News*, n.77, v.29, p.42, 1999c.

HOEF, A.M.; KOK, E.J.; BOWO, E.; KUIPER, H.A.; KEIJER, J. Development and application of a selective detection method for genetically modified soy and soy derived products. *Food Add Contamin.* Oct. n.15, v.7, p.767-774, 1998.

HOWE, P.J. Plants doing the dirty work in clean up of toxic waste. *The Boston Globe*, March 8, p. C1, C2, 1997.

HSU, K. The future of foods in now: surprisingly genetically altered ingredients are already a staple of the American diet. *The Boston Globe*, July 12, E1, E4, 1999a.

HSU, K. Future foods may cure what ails you. *The Boston Globe*, July 12, E4, 1999b.

IFT. Expert report on biotechnology and foods. Introduction. *Food Technology*, v. 54, n. 8, p. 2-14, 2000a.

IFT. Expert report on biotechnology and foods: benefits and concerns associated with recombinant DNA biotechnology-derived foods. *Food Technology*, v. 54, n. 10, p. 37-56, 2000b.

JACKSON, W. Development of perennial grains. Paper presented at the 18th International conference on the Unity of the Sciences. Aug, Seoul Korea, p.23-26, 1991.

JACOBY, M. Botanists design plants with a taste for salt. *Chemical & Eng News*, n.23, v.77, p.9, 1999.

JAMES, C. Executive Summary of Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: ISAAA Briefs n.34. ISAAA: Ithaca, NY., 2005.

KAISER, J. Pests overwhelm Bt cotton crop. *Science*. N.273, v.5274, p.423, 1996.

KAISER, J. Animal rights: activists ransack Minnesota labs. *Science*, n.284, p.410-411, 1999.

KESSLER, D.A. "Are genetically engineered foods safe?.....Yes" Commissioner of US Food and Drug Administration, Testimony before the House Appropriations Sub-Committee (Agriculture, Rural Development, FDA and Related Issues). April. *CQ Researcher* 1994, n.4, v.29, p.689, 1993.

KIERNAN, V. Yes, we have vaccinating bananas. *New Scientist*, n.151, v.2048, p.6, 1996.

- KITANURA, K. Genetic improvement of nutritional and food processing quality in soybean. *Japan Agric Research Quarterly*, n.29, p.1-8, 1995.
- KOCH, K. Food safety battle: organic vs. biotech. *Congressional Quarterly Researcher*, n.9, v.33, p.761-784, 1998.
- KOENIG, R. European researchers grapple with animal rights. *Science*. N.284, p.1604-1606, 1999.
- KUNISAWA, V. Y. M. Os transgênicos e as patentes em biotecnologia. *Revista da Associação Brasileira da Propriedade Intelectual*, n.70, maio/junho, 2001.
- LAJOLO, F.M.; NUTTI, M.R. *Transgênicos: bases científicas da sua segurança*, São Paulo: SBAN, p.1-112, 2003.
- LESNEY, M.S. The garden of Dr. Moreau: plant biotechnology as a chemical enterprise. Genetically modified foods are the fore-runners of designer chemical plants. *Today's Chemist at Work*. N.8, v.6, p.28-33, 1999.
- LIU, K. Biotech crops: products, properties and prospects. *Food Technology*. N.53, v.5, p.42-49, 1999.
- LONGMAN, J.P. The curse of Frankenfood. Genetically modified crops stir up controversy at home and abroad. *US News and World report* July 26, p.38-41, 1999.
- LOSEY, J.E.; RAYOR, L.S.; CARTER, M.E. Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature*, n.399, p.214, 1999.
- LUSTGARDEN, S. Gene cuisine: When genetically engineered foods come to your local supermarket, will you be able to identify them by their labels? *Vegetarian Times* v.200, p.62, 1994a.
- LUSTGARDEN, S. Patently out of control: biotechnology. *Vegetarian Times* v.208, p.14, 1994b.
- MARYANSKI, J.H. FDA's policy for foods developed by biotechnology. In: Engel, Takeoka, Teranishi, editors. *Genetically Modified Foods: Safety Issues*, American Chemical Society, Symposium Series n.605, chap.2, Washington, DC: Center for Food Safety and Applied Nutrition, US Food and Drug Administration, p.12-22, 1995. *Website*: <http://vm.cfsan.fda.gov/~lrd/biopolicy.html>.
- MIALHE, J. L. Globalização, direito internacional e transgênicos. *Série Grandes Eventos – Meio Ambiente*, outubro de 2004.
- MINISTÉRIO DA JUSTIÇA. Portaria número 2658, 22 de dezembro de 2003.
- MOFFAT, AS. High tech plants promise a bumper crop of new products. *Science* may 8, p.770, 1992.
- MONSANTO. *Website*: www.monsanto.com.br.
- MONSANTO. Transgênicos – Para ter opinião tem que ter informação – Aspectos gerais, fevereiro de 2004.
- MONSANTO. Transgênicos – Para ter opinião tem que ter informação – A biotecnologia e o meio ambiente, agosto de 2004.
- MONSANTO. Transgênicos – Para ter opinião tem que ter informação – saúde e segurança alimentar, agosto de 2004.
- NEWELL, C.A. PLANT TRANSFORMATION TECHNOLOGY. Developments and applications. *Mol. Biotechnol*, n.16, p.53-65, 2000.

NGUYEN, M.L.; SCHWARTZ, S.J. Lycopene: chemical and biological properties. *Food Technol*, n.53, p.38-45, 1999.

NORDLEE, J.A.; TAYLOR, S.L.; TOWNSEND, J.A.; THOMAS, L.A.; BUSH, R.K. Identification of Brazil nut allergen in transgenic soybeans. *N. Engl. J. Med.*, n.334, p.668-692, 1996.

OLDHAM, J. Harvesting medicine (Biosource Technologies Inc. genetically modifies tobacco to Synthesize drugs). *The Los Angeles Times*, June 10, v.115, D1, 1996.

ORATI, R.A. Conhecimento, envolvimento e intenções de compra em relação a alimentos transgênicos: um estudo exploratório com consumidores brasileiros. Trabalho final de conclusão de curso pela FEARP, 2006.

OTSUKI, T.; NILSON, J.S.; SEWADEH, M. *Saving two in a billion: a case study to quantify the trade effect on European food safety standard on African exports*. Washington, DC: Development Research Group. The World Bank; 2000. Website: <http://www.worldbank.org/wbrep/trade/standards/aflatoxind.pdf>.

PAOLETTI, M.G.; PIMENTAL, D. Genetic engineering in agriculture and the environment: assessing risks and potential benefits. *Bioscience*, n.46, v.9, p.665, 1996.

PERR, H.A. Children and genetically engineered food: potentials and problems. *J. Pediatr. Gastroenterol Nutr.*, n.35, p.475-486, 2002.

PESSANHA, L. D. R. Transgênicos, recursos genéticos e segurança alimentar: o debate por detrás da judicialização da liberação da soja Roundup Ready, II Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade, Campinas, 26 a 29 de maio de 2004.

PHILLIPS, S.C. Genetically engineered foods: do they pose health and environmental hazards? *CQ Researcher*, n.4, v.29, p.673-696, 1994.

RISSLER, J.; MELLON, M. Perils amid the promise: ecological risks of transgenic crops in a global market. Union of Concerned Scientists, Washington D.C., Dec., 1993.

RISSLER, J.; MELLON, M. *The ecological risks of engineered crops*. Union of Concerned Scientists. Cambridge, MA: The MIT Press, 1996.

ROBINSON, C. Genetically modified foods and consumer choice. *Trends in Food Science and Technol.*, n.8, p.84-88, 1997.

ROBINSON, R. A.; FOWLER, C. E.; MOONEY, P.; ALTIERI, M. In: ALTIERI, M. *The Myths of Agricultural Biotechnology: some ethical questions*, 1996. Website: http://nature.berkeley.edu/~agroeco3/the_myths.html.

ROHRICHT, P. Transgenic protein production. Part 2. Process economics. *BioPharm*, Sept. n.12, p.52-54, 1999.

ROLLER, S.R.; HALLANDER, S. *Genetic modification in the food industry: A strategy for food quality improvement*. Aspen Publishers, Frederick, Maryland, USA, 1998.

RUDNITSKY, H. Another agricultural revolution: genetically altered seeds hold great promise for seed companies and for the fast growing world population. *Forbes Magazine*, n.157, v.10, p.159, 1996.

SCHARDT, D. Brave new foods (genetically engineered foods). *Amer Health*, Jan-Feb., n.13, v.1, p.60, 1994.

SILVEIRA, J.M.J.; FUTINO, A.M.; OLALDE, A.R. Biotecnologia: corporações, financiamento da inovação e novas formas organizacionais. Revista Economia e Sociedade n.18Campinas: IE/UNICAMP, 2002.

SLOAN, AE. The new market: foods for the not-so-healthy. Food Technol, n.53, v.2, p.54-60, 1999.

SMAGLIK, P. Food as medicine: nutritionists, clinicians disagree on role of chemo-preventive supplements. The Scientist, n.13, v.11, p.14, 1999.

STARKE, D.M.; BARRY, G.F.; KISHORE,G.M. Improvement of food quality traits through enhancement of starch biosynthesis. In: COLLINS, G.B.; SHEPHERD, R.J.,editors. Engineering Plants for Commercial Products and Applications, New York: Annals of New York Academy of Sciences, v.792, p.26-36, 1996.

TAYLOR, S.; HEFLE, S.L. Will genetically modified foods be allergenic? J. Allergy Clin. Immunol., n.107, p.765-771, 2001.

TERRA. Brasil boicota regras para transgênicos, diz ONG., 2005. Website: <http://noticias.terra.com.br/ciencia/interna/0,,O1545802-EI1434,00.html>.

THAYER, AM. FDA gives go ahead to bio-engineered tomato. Chemical & Eng. News, May 23, n.72, p.7-8, 1994.

THAYER, AM. Transforming agriculture: transgenic crops and the application of Discovery Technologies are altering the agrochemical and agriculture businesses. Chemical & Eng. News, n.77, v.16, p.21-35, 1999.

THOMPSON, P.B. Food biotechnology's challenge to cultural integrity and individual consent. Hastings Center Report, n.27, v.4, p.34-38, 1997.

UZOGARA, S.G. The impact of genetic modification of human foods in the 21st century: a review. Biotechnology Advances.n.18, p.179-206, 2000.

VARELLA, M.; FONTES, E.; ROCHA, F. Biossegurança e biodiversidade: contexto científico e regulamentar.,1999. In: RIOS, A. Aspectos jurídicos da biossegurança no Brasil. Série Grandes Eventos-Meio Ambiente, outubro de 2004.

VARZAKAS, T.H.; ARVANITOYANNIS, I.S.; BALTAS, H. The politics and science behind GMO acceptance. Critical Review in food science and nutrition.n.47, p.335-361, 2007.

WALTERS, D.K.H. First genetically altered food approved by the FDA. (Food and Drug Administration approves Calgene's "Flavr Savr" tomato). The Los Angeles Times, May 19, v.113, A1, 1994.

WILKINSON, J.Q. Biotech plants: from lab bench to supermarket shelf. Food Technol., n.51, v.12, p.37-42, 1997.

WILMUT, I.; SCHNLEKE, A.E.; McWHIR, J.; CAMPBELL, K.H.S. Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells. Nature, Feb. 27, n.385, v.6619, p.810-813, 1997.

WOOD, M. Boosting plant's virus resistance: genetic engineering research could yield a safe way to produce hardy new plants. Agricultural Res, n.43, p.18-20, 1995.

YOUNG, A.L.; LEWIS, C.G. Biotechnology and potential nutritional implications for children. Pediatr. Clin. North Am., n.42, v.4, p.917-930, 1995.

