

ALIMENTOS TRANSGÊNICOS ASPECTOS ÉTICOS, NUTRICIONAIS E DE SEGURANÇA ALIMENTAR PARA O CONSUMIDOR

*Mário Sérgio Azevedo Resta

**Tadeu Elisbão

RESUMO

O texto apresenta e discute alterações de propriedades nutricionais dos alimentos provenientes de vegetais submetidos a técnicas da biotecnologia, como, por exemplo, a engenharia genética. São abordados, especialmente, os impactos na segurança alimentar e no meio ambiente, com seus conseqüentes riscos para a saúde do consumidor. Avalia alguns dos principais benefícios e riscos potenciais inerentes à aplicação da manipulação gênica em alimentos destinados à alimentação humana, procurando dissecar a polêmica existente em torno do tema “alimentos transgênicos” de forma clara e imparcial. Conclui que tanto os benefícios da utilização da biotecnologia para o melhoramento das características nutricionais de alimentos, como os riscos potenciais apontados pelos opositores, são factíveis; contudo, a necessidade de se aumentar a quantidade e a qualidade dos alimentos em função do crescimento populacional, justifica os esforços e as pesquisas visando a utilização maciça da biotecnologia para a produção de alimentos. Até o momento, os produtos obtidos a partir de plantas transgênicas têm sido exaustivamente ensaiados, mostrando-se seguros. Mesmo assim, os testes (imparciais) devem continuar.

Palavras-chave: Alimentos; Biotecnologia; Engenharia Genética; Organismos Geneticamente Modificados (OGM's); Transgênicos.

ABSTRACT

The text presents and discusses alterations of nutritional properties of food coming from vegetables submitted to biotechnological techniques, such as genetic engineering. Particularly approached are the impacts upon food and environment safety, and their consequent risks for the consumer's health. It evaluates some of the main benefits and potential risks inherent to the application of the gene manipulation in food destined to human nourishment, seeking to examine the polemic existing around the theme “transgenic food” in a clear and impartial way. The conclusion drawn is that both the benefits of using biotechnology in the amelioration of food nutritious characteristics and the potential risks pointed out by the contestants are feasible; however, the need to increase food quantity and quality due to the population growth justifies the efforts and the research aiming at the massive use of biotechnology in food production. Up to now, the products obtained from transgenic plants have been extensively assayed, proving to be safe. Nevertheless, the (impartial) tests shall continue.

Key-words: Food; Biotechnology; Genetic Engineering; Genetically Modified Organisms; Transgenic.

*Graduado em Zootecnia

Pós-Graduado em Gestão de Recursos Humanos e Marketing interno
Especialista em Higiene e Ciência de Alimentos pelo Centro Universitário Filadélfia – UniFil (2004).
Consultor nas áreas de Alimentos e Gestão de Qualidade pelo SENAI

E-mail: mariosergio@folhawe.com.br

**Doutor em Genética pela Universidade de São Paulo – USP.

Docente da UniFil.

Orientador da monografia que gerou o presente artigo.

E-mail: ducarmo@sercomtel.com.br

II

R
E
V
I
S
T
A

1-INTRODUÇÃO

A partir dos anos setenta do século passado, a Ciência desenvolveu técnicas e metodologias que permitiram isolar cópias de genes específicos e transferi-los de um indivíduo para outro, de forma que esse material genético exógeno se inserisse no genoma do receptor e pudesse expressar características fenotípicas novas. Surgiam então os primeiros **organismos transgênicos** ou **geneticamente modificados**, há cerca de trinta e cinco anos, mais precisamente.

Esta conquista tornou-se possível, por meio de manipulação genética, transferindo características desejáveis de um indivíduo para outro, de forma planejada e dirigida, sem a necessidade dos processos sexuais (naturais) para se obter variabilidade genética.

Por outro lado, grupos ideológicos da sociedade têm criticado veementemente esse tipo de metodologia, dizendo que os cientistas estão “brincando de Deus”, menosprezando os riscos potenciais à saúde humana, originários do consumo indiscriminado na dieta, de produtos derivados dos tais organismos geneticamente modificados. Uma outra corrente, entretanto, acredita que essa tecnologia, chamada de **Engenharia Genética**, será a “salvação da humanidade” no que diz respeito à produção de alimentos e também de insumos importantes para o bem-estar das populações, como é o caso dos fármacos. E ainda há um terceiro grupo, que assume uma posição mais moderada, apregoando que as pessoas devem ter o direito de estar cientes daquilo que estão ingerindo e então defendem a rotulação diferencial que especifique claramente os alimentos de origem transgênica no ato da comercialização.

O uso das técnicas modernas de biotecnologia, como a do **DNA recombinante**, visando a transferência de genes que conferem características desejáveis para plantas que são usadas como alimentos, já constitui uma das principais estratégias tecnológicas empregadas na agricultura da atualidade. Entende-se sem contestação, por exemplo, que o desenvolvimento de cultivares com uma melhor qualidade protéica, pode ser acelerado e otimizado com a utilização de técnicas de manipulação gênica e de transformação genética (CARNEIRO, 2004).

A grande esperança atual da aplicação da biotecnologia na agricultura reside no fato de que, com o uso dessas novas técnicas de melhoramento genético a nível molecular, é possível desenvolver, de modo mais eficiente, cultivares mais produtivos, com custos de produção mais baixos, e com melhores qualidades nutricionais.

A FAO estima que a população mundial deverá dobrar até 2040. Desta forma, a obtenção de produtos agrícolas, alimentos e fibras, deverá ser aumentada segundo a mesma proporção do crescimento populacional. Há, unicamente, três alternativas técnicas disponíveis para se elevar a produção de alimentos no campo: a) expansão da área plantada; b) melhoria do ambiente (terra, clima e pragas) nas suas diferentes variáveis; e c) melhoramento genético das linhagens cultivadas.

Os problemas de má nutrição, diagnosticados continuamente em variadas populações, como a deficiência de aminoácidos, vitamina A, ferro, iodo e zinco, poderiam, teoricamente, ser superadas com a introdução de genes que resultem em maior concentração destes nutrientes nos alimentos, pois variedades com maior conteúdo de nutrientes essenciais podem prevenir doenças crônicas na população (BORÉM & DEL GIÚDICE, 2000).

Entretanto, a grande preocupação de setores da sociedade com relação às questões de biosegurança, incluindo as conseqüências sociais que poderiam advir do uso de alimentos obtidos por meio de engenharia genética, tem ocasionado verdadeiros boicotes ao plantio e comercialização de alimentos transgênicos.

Conseqüentemente, existe uma forte demanda por legislação oficial, através de dispositivos legais que disciplinem a liberação do cultivo e venda dessa “novidade” por parte dos agricultores interessados.

Em meio a toda esta celeuma, atribulado por tantas informações nem sempre confiáveis, carente de orientação e conhecimentos seguros, fica o homem comum, o consumidor brasileiro.

Tendo em vista esta situação, justifica-se, pois, mais uma abordagem da matéria, de forma séria, científica e independente, já que faltam subsídios que possam, de alguma forma, esclarecer as dúvidas prementes, das quais o público em geral se vê refém. Dentre tais dúvidas pode-se citar as seguintes:

- a) Quais os riscos que os transgênicos oferecem à saúde da população?
- b) As técnicas disponíveis, realmente, são seguras e já estão suficientemente dominadas para se evitar eventuais “desastres”?
- c) Os transgênicos, efetivamente, são a saída para o problema da fome que assola o mundo?
- d) Os alimentos transgênicos podem, realmente, diminuir a incidência de alergias e outras doenças?
- e) Quais as vantagens nutricionais que os alimentos transgênicos poderiam trazer para o consumidor?
- f) Quais os benefícios que já foram alcançados em relação aos alimentos convencionais?

Assim, a principal proposta do presente trabalho é a de trazer esclarecimentos aos leitores a respeito de algumas dessas questões, procurando desmistificar afirmações que têm sido publicadas por pessoas que não estão adequadamente capacitadas, o que pode gerar a disseminação de idéias errôneas a respeito do assunto, através da mídia leiga (e sensacionalista); e que tem acontecido freqüentemente nos últimos anos.

Como escopo secundário, pode-se dizer que o presente estudo pretende, também, apresentar a visão de um consumidor comum (este autor) em relação à matéria, após ter tido acesso a várias fontes de informação, focalizando os seguintes temas:

- Quais são as principais características dos vegetais, empregados como alimentos, que a biotecnologia tem como alvo?
- Em que aspectos a biotecnologia pode influir positivamente na produção de alimentos?
- Quais as possíveis conseqüências negativas da aplicação da biotecnologia na produção de alimentos?
- Como a biotecnologia pode ajudar nos programas de combate à fome e à desnutrição?

Ao mesmo tempo, é preocupante, sobremaneira, a forma como tem sido questionado o trabalho dos cientistas que vem se dedicando ao estudo dos transgênicos, o que poderia comprometer a confiabilidade da própria Ciência, de uma forma mais abrangente. É como afirma um dos importantes autores consultados:

“O que é preocupante, especialmente para o nosso país, é que as campanhas milionárias contrárias aos transgênicos estão procurando convencer a sociedade de que a ciência e os cientistas não são confiáveis. Ora, isso é ignorar importantes conquistas da ciência que resultam nos significativos melhoramentos da qualidade de vida disponíveis na atualidade.” (PATERNIANI, 2002).

Foi percebido, durante a análise do material selecionado para a elaboração desta monografia, que a grande maioria dos autores apresentam, basicamente, as mesmas idéias, como, a idéia central de que ainda não há evidências científicas de que os alimentos transgênicos possam oferecer perigos ao consumidor, e que não se pode desprezar a importância potencial deles.

Parece que do ponto de vista da saúde humana, os transgênicos não fogem à regra comum aplicável a todas as ações do homem que modificam o rumo natural dos fatos, ou seja, a de que existem sempre vantagens e desvantagens; e é a relação entre elas que determina a eficiência ou não da “novidade”. (FERRAZ, 2000).

Tornou-se claro que muitos dos temidos possíveis perigos que os alimentos transgênicos poderiam representar, somente seriam percebidos em longo prazo, a exemplo do que aconteceu com o amianto há algumas décadas na Europa.

A segurança alimentar parece, portanto, ter um caráter dinâmico, pois alimentos com elevado teor de gorduras não eram considerados nocivos à saúde até alguns anos atrás. Hoje, sabe-se que dietas ricas em gorduras saturadas são, comprovadamente, prejudiciais à saúde humana. Mesmo assim, estes alimentos ainda são comercializados sem qualquer restrição.

Por outro lado, foi possível perceber que a biotecnologia ainda tem um grande potencial para ser explorado, e poderá, assim, ser uma ferramenta bastante útil para o desenvolvimento de alimentos de maior produtividade e qualidade nutricional superior, devendo-se, entretanto, respeitar o direito de escolha do consumidor.

“O melhoramento genético via biotecnologia é a mais promissora, precisa e rápida estratégia para elevar a produção agrícola mundial, reduzindo as perdas na colheita, perdas decorrentes de pragas e doenças, e elevando a produtividade das lavouras.” (BORÉM & DEL GIÚDICE, 2000).

Enfim, o aprendizado resultante do desenvolvimento do presente trabalho mostra que os debates em torno do assunto em questão devem ser direcionados para o aprofundamento de conhecimentos científicos sobre todos os aspectos inerentes à produção e ao consumo de alimentos transgênicos, incluindo todos os tipos de benefícios e riscos potenciais.

2-BREVE HISTÓRICO DA BIOTECNOLOGIA EM ALIMENTOS

A partir da década de 70, os cientistas conseguiram isolar genes específicos e transferi-los de um indivíduo para o outro, dando origem aos organismos transgênicos ou geneticamente modificados (OGM) (MOREIRA, 2000). Essa tecnologia, hoje conhecida como “tecnologia do DNA recombinante” ou “engenharia genética”, possibilitaria, então, identificar, recortar e transferir para células de outros indivíduos, pedaços de DNA, que fariam aparecer em tais organismos, propriedades genéticas novas e que fossem, de certa forma, interessantes para a utilização humana (ELISBÃO, 2002).

Na mesma época, mais precisamente em 1973, teve início a implementação de novas técnicas de modificação genética, com uma experiência do pesquisador

Paul Boyer, que conseguiu obter em laboratório uma cepa de *Escherichia coli* capaz de expressar o gene responsável pela produção de insulina, próprio dos seres humanos (MOREIRA, 2000).

Logo depois, já em meados da década de 80, as primeiras plantas obtidas por meio de procedimentos de engenharia genética começaram a ser cultivadas no campo, e até o ano 2000, já haviam sido autorizados mais de 25 mil testes de campo em diferentes países do mundo. No Brasil, somente a partir de 1996, após a aprovação da legislação de biossegurança em 1995, foram liberados os primeiros testes com plantas transgênicas, que até o ano 2000 totalizavam cerca de 800 (PORTUGAL, 2000).

Vale a pena destacar que, inicialmente, a biotecnologia agropecuária tinha como foco principal a melhoria agrônômica das plantas estudadas, inserindo-lhes características como resistência a insetos, a vírus e a herbicidas, através da introdução de genes, geralmente obtidos a partir de microrganismos, como bactérias (PORTUGAL, 2000).

Posteriormente, outras características genéticas começaram a ser ensaiadas. Outras qualidades de plantas cultivadas que podem ser e/ou já estão sendo aperfeiçoadas por via transgênica, são: (a) aumento do valor nutritivo do órgão comestível; (b) retardo na época de maturação dos frutos; (c) modificações em flores ornamentais; e (d) produção de substâncias “alheias” (ELISBÃO, 2002).

Deve-se estar consciente de que algumas das características-alvo poderiam também ser aperfeiçoadas através do melhoramento genético convencional, que é muito mais demorado, pelo fato de depender de cruzamentos programados e da seleção dos recombinantes que manifestam as características desejadas em proporções satisfatórias (ELISBÃO, 2002). Entretanto, existem muitas modificações que podem ser introduzidas nas plantas por meio da engenharia genética e que não podem ser rapidamente, ou facilmente, obtidas pelo melhoramento genético tradicional (MOREIRA, 2000). Isso sugere elevar o melhoramento genético “moderno” através de técnicas de engenharia genética à condição de ferramenta mais promissora, precisa e rápida para aumentar a produção agrícola mundial, reduzindo as perdas decorrentes de pragas e doenças e, conseqüentemente, incrementando a produtividade das lavouras (BORÉM & DEL GIÚDICE, 2000).

A comercialização de produtos de plantas transgênicas iniciou-se na década de 90, com o tomate geneticamente modificado para maturação lenta, produzido pela Calgene (FlavrSavr), e com a soja resistente ao herbicida glifosate, desenvolvida pela Monsanto (PORTUGAL, 2000).

Em 1996, os primeiros produtos comerciais gerados pela engenharia genética começaram a ser vendidos nos supermercados dos Estados Unidos. Desde então, organismos geneticamente modificados de várias espécies vegetais, tais como soja, batata, milho e algodão, vêm sendo colocados no mercado (BORÉM & DEL GIÚDICE, 2000), como mostra a tabela abaixo:

Tabela 1**Transgênicos nas prateleiras (Evolução da permissão de venda por país)***

PAÍS	ANO	PRODUTO
Argentina	1996	Soja
	1998	Milho e algodão
Canadá	1996	milho e algodão
	1997	Canola
	1998	Soja e melão
	1999	Batata e trigo
E.U.A	1994	Melão, soja, tomate, algodão e batata
	1995	Canola e milho
Japão	1996	Soja, canola, batata e milho
	1997	Algodão e tomate
União Européia	1995	Tomate e canola
	1996	Soja
	1997	Milho
	1998	Batata e algodão
Brasil	-	Nenhum

• Extraído e adaptado de PIAU, 2000.

Em 2000, algumas espécies de plantas transgênicas, como soja, milho e canola já tinham participação relevante na agricultura dos Estados Unidos, Canadá e Argentina. A soja transgênica tolerante ao glifosate ocupava, então, 54% da área cultivada com esta espécie vegetal nos Estados Unidos e 75% na Argentina. Além dessas, muitas outras culturas tornar-se-iam populares, como fumo, tomate, batata e algodão, uma vez que a área cultivada com plantas transgênicas havia aumentado, em nível mundial de 1,7 milhões de hectares em 1996 para 27,8 milhões em 1998, atingindo em 1999, o montante de 39,9 milhões de hectares (PORTUGAL, 2000).

Pode-se dizer que a aplicação das técnicas de biotecnologia, em plantas produtoras de alimentos, já constituía, em 2000, uma das principais estratégias tecnológicas da moderna agricultura e gerava grandes expectativas no sentido de se poder desenvolver, de modo mais eficiente, cultivares mais produtivos, com melhores qualidades nutricionais e com menores custos de produção (MOREIRA, 2000).

As técnicas modernas de engenharia genética permitem, atualmente, um processo muito mais pontual, preciso e controlado de introdução de uma característica desejada em uma planta, do que o processo de cruzamento sexuado (hibridação) convencionalmente utilizado (ODA, 2003).

A transformação genética de vegetais superiores (para introduzir os genes desejados nas células da planta receptora) tem tido avanços consideráveis nas últimas duas décadas. Vários métodos de transformação foram propostos. Atualmente, os mais empregados são: a **biobalística**, introdução de genes mediada por *Agrobacterium* e a **eletroporação** de protoplastos e tecidos. Dentre eles, o mais comumente utilizado parece ser a biobalística.

A técnica da biobalística utiliza microprojéteis de ouro ou tungstênio acelerados a altas velocidades (superiores a 1.500km/h) para carrear e introduzir ácidos nucléicos e outras moléculas, em células e tecidos *in vivo*. As micropartículas aceleradas atravessam a parede e a membrana celular de maneira não-letal, e vão se localizar aleatoriamente entre as organelas celulares. Em seguida, o DNA é dissociado do “veículo” das micropartículas pela ação dos agentes celulares, ocorrendo então o processo de integração do gene exógeno no

genoma (DNA) do organismo receptor que é, desta forma, modificado geneticamente. Uma das vantagens da técnica de transformação através do processo de biobalística é que este permite a introdução de genes e a sua expressão genética em qualquer tipo celular (ARAGÃO, VIANNA & RECH, 2004).

Atualmente, com o enorme desenvolvimento da biologia molecular, houve um grande avanço na compreensão dos mecanismos genéticos e bioquímicos básicos, permitindo assim que se desenvolvessem novas estratégias de melhoramento por meio da transformação genética (CARNEIRO, 2004).

Neste sentido, várias técnicas e metodologias aperfeiçoadas no âmbito da biotecnologia foram desenvolvidas, como as descritas por AZEVEDO *et al.* (2002, p.11-44).

3-A POLÊMICA EM TORNO DO ASSUNTO

A engenharia genética despertou, muito cedo, preocupações com questões de biossegurança e bioética, tanto com respeito ao exercício dessa atividade em laboratório quanto em relação aos potenciais danos ecológicos. É preciso diferenciar, entretanto, as preocupações genuínas com os efeitos das plantas transgênicas no ambiente, de algumas iniciativas que, por meio de uma roupagem ecológica, pretendem, na verdade, defender posições de mercado (PORTUGAL, 2000).

Existem dois aspectos fundamentais, relacionados à cultura de transgênicos, que têm gerado controvérsia por parte de alguns grupos de consumidores e teóricos: os possíveis efeitos orgânicos negativos de organismos geneticamente modificados quando utilizados para alimentação humana e também riscos ecológicos associados ao plantio de tais culturas (NEVES *et al.*, 2002).

Um grupo da sociedade tem combatido a engenharia genética, apregoando que os cientistas estão menosprezando os graves riscos à saúde humana, principalmente devido ao consumo crescente dos produtos derivados de organismos geneticamente modificados. Um outro grupo acredita que a engenharia genética será a “salvação da humanidade” no que diz respeito à produção de alimentos e de insumos importantes. Ainda, um terceiro grupo, com uma posição mais moderada, defende a idéia de que as pessoas devem estar cientes daquilo que estão ingerindo, e prega a obrigatoriedade da rotulagem identificadora dos alimentos transgênicos (MOREIRA, 2000).

Apesar de dados estatísticos recentes apontarem, claramente, um crescimento irreversível das culturas transgênicas, caminhando-se para que toda a produção agrícola mundial seja baseada em vegetais geneticamente modificados, o tema tem gerado manifestações de pânico e pavor, sem que haja, no entanto, fundamentação científica suficiente para habilitar tais manifestantes a se pronunciarem publicamente (ELISBÃO, 2002).

Ainda existe uma forte reação da sociedade, localizada principalmente na Europa, a respeito do uso, para consumo humano, de organismos geneticamente modificados e de seus derivados, e também quanto aos seus potenciais efeitos prejudiciais ao ambiente (PORTUGAL, 2000).

A polêmica atual em torno dos transgênicos, de certa forma, não leva em conta o fato de que a engenharia genética aplicada ao melhoramento genético vegetal já vem causando enormes mudanças nos sistemas de produção agrícola, através da geração de boas alternativas para o aumento da produtividade de alimentos, com segurança ambiental e redução dos custos de produção (PORTUGAL, 2000).

É sabido que há grande preocupação da sociedade em relação às questões de biossegurança e às conseqüências sociais que o uso de alimentos obtidos por

engenharia genética poderiam ocasionar, levando os cidadãos a se manifestar de várias formas, como, por exemplo, através de boicotes, e assim gerando demanda por firmes regulamentações por parte do Estado para a liberação de alimentos transgênicos (MOREIRA, 2000).

Apesar de apresentar vantagens inquestionáveis, um fato coloca os transgênicos em questão: o desconhecimento das possíveis conseqüências de sua utilização na dieta em grande escala e por tempo prolongado (vários anos), produzindo efeitos sobre uma imensa base populacional e em interação com fatores os mais variados do meio ambiente natural. Isso impõe a necessidade de, na consideração de como disciplinar legalmente o uso e a comercialização de alimentos geneticamente modificados, levar-se em conta os componentes de risco envolvidos na questão (SALLES, 2004).

Instituições respeitadas, como o próprio Instituto de Defesa do Consumidor (IDEC) têm afirmado publicamente que a CTNBio não tem regras relacionadas à segurança alimentar, comercialização e rotulagem de transgênicos, fato que já em 2000 não correspondia à verdade (CASTRO, 2000). Ao longo de três anos de funcionamento, foram emitidas pela referida instituição dezoito Instruções Normativas, regulamentando diversos aspectos da moderna biotecnologia no país (SCHOLZE, 2003).

Além dos riscos que, naturalmente, devem ser considerados, qualquer análise normativa deve também ponderar os benefícios de uma determinada tecnologia. O cultivo dos transgênicos pode resultar também em redução do uso de defensivos agrícolas, com efeitos positivos para o meio ambiente (NEVES *et al.*, 2002).

Pesquisas têm sido feitas nos Estados Unidos, na Europa e na Ásia, a propósito da opinião pública sobre a questão da rotulagem. No que se refere à segregação de mercadorias com o rótulo dos produtos transgênicos, o Instituto de Desenvolvimento do Consumidor divulga, em seu *site*, uma pesquisa realizada pela Directorate General XII da Comissão Européia, órgão executivo da União Européia: “Os consumidores europeus exigem que os produtos geneticamente modificados sejam rotulados: 85% dos consumidores na Dinamarca, 85% na Alemanha, 72% na Grécia, 81% na Espanha, 82% no Reino Unido, querem a rotulagem dos transgênicos”.(ECHEVERRIA, 2004).

A discussão quanto aos possíveis riscos associados ao uso de organismos geneticamente modificados (OGM's) intensificou-se nos últimos dois anos. Infelizmente, essa discussão, muitas vezes, não é guiada prioritariamente pelos aspectos técnico-científicos. Porém, um ponto importante que emerge desta polêmica é que a análise da segurança alimentar e ambiental visando a liberação de um OGM deve ser feita caso a caso, uma vez que um determinado OGM é resultado inédito da interação entre a espécie modificada (receptora) e o(s) (trans)gene(s) utilizado(s) para produzir aquele evento de transformação (SOUZA JR., 2004).

4-BENEFÍCIOS DA BIOTECNOLOGIA EM ALIMENTOS

Algumas das vantagens do plantio de alimentos geneticamente modificados tornam plenamente compreensível a crescente popularização dos mesmos: são mais resistentes, exigem menos defensivos, crescem mais rápido, produzem mais. Em 1997, quando havia 2,8 milhões de hectares plantados nos Estados Unidos, os agricultores economizaram em torno de US\$ 190 milhões em defensivos agrícolas. Alguns dos benefícios poderão, também, atingir diretamente o consumidor, por exemplo, por meio de alimentos mais saborosos, de mais fácil conservação, com teores nutricionais mais adequados e livres de substâncias capazes de gerar alergias (SALLES, 2004).

A biotecnologia agrega ao melhoramento genético tradicional a possibilidade de manipular um único gene, sem transferir junto, não intencionalmente, vários

outros; torna possível também a identificação desses genes e de seus produtos protéicos, que podem ser tóxicos; e torna desnecessário ter de se esperar dez a doze anos para melhorar plantas, misturando aleatoriamente milhares de genes, pois permite selecionar o gene de uma característica genética específica de qualquer planta e transportá-la “cirurgicamente” com grande precisão para o código genético de outra (IFIC FOUNDATION, 2004).

As mudanças introduzidas via engenharia genética são as mais variadas, e envolvem, basicamente, o aumento da quantidade de determinadas substâncias, ou da qualidade nutricional de outras, presentes nos alimentos destinados ao consumo humano ou de outras espécies animais (ELISBÃO, 2002).

Alguns produtos como milho, soja, algodão, mamão, pimenta, batata, arroz, entre outros, têm sido melhorados através da biotecnologia, resultando em benefícios, como maior resistência a doenças, redução da necessidade do uso de pesticidas, maior concentração de nutrientes, tolerância a certos herbicidas, crescimento mais rápido das lavouras, melhorias no sabor e na qualidade nutricional (IFIC FOUNDATION, 2004).

Um dos benefícios mais importantes que se pode obter com a modificação direta do genoma de plantas utilizadas para a nutrição humana, é a possibilidade de da melhor adequação dos alimentos à dieta humana, otimizando o equilíbrio entre seus nutrientes, permitindo uma melhor nutrição, a um custo potencialmente mais baixo. O exemplo clássico é o balanceamento de aminoácidos em grãos originalmente pobres em metionina e lisina (FERRAZ, 2000).

É importante notar, no entanto, que o objetivo da biotecnologia aplicada aos alimentos não se restringe unicamente em aumentar a produção. Inclui-se também o atendimento às exigências de consumidores que, cada vez mais, desejam produtos mais seguros, naturais, frescos, saborosos e convenientes em variados aspectos (BRUNORO COSTA, 2003).

Vários alimentos de origem vegetal, comercializados em vários países do mundo, hoje, possuem características nutricionais e/ou comerciais importantes, alteradas através de técnicas de biotecnologia. No quadro abaixo encontram-se algumas culturas de alimentos geneticamente modificados, destacando-se as características que foram melhoradas.

Tabela 2

Modificações de plantas, obtidas por meio da biotecnologia, que expressam características de qualidade.*

CULTURA	CARACTERÍSTICA
Abacaxi	Aumento no teor de açúcares
Ameixa, melão, mamão, morango, pêra e pimenta	Amadurecimento retardado (aumento da vida útil)
Alface	Menor taxa de deterioração pós-colheita
Arroz	Maior taxa de amido e melhoramento das proteínas
Batata	Maior teor de sólidos (amido em especial), aumento na proporção de tirosina e redução na de glicoalcalóides, além de maior resistência a doenças
Batata-doce	Melhor qualidade protéica
Brócolis	Maior tempo de vida útil pós-colheita
Café	Redução no teor de cafeína

Canola	Alteração no perfil de ácidos graxos
Maçã	Aumento no teor de carboidratos e alterações no amadurecimento
Girassol	Melhor qualidade protéica
Tomate	Amadurecimento retardado, aumento no teor de sólidos, alterações no perfil de açúcares, elevação na proporção de licopeno e aumento de enzimas antioxidantes
Trigo	Melhor digestibilidade e melhor qualidade protéica
Uva	Incremento de sabor
Soja	Melhor qualidade protéica (com mais metionina e lisina) e aumento de fitosteróis
Milho	Aumento nos teores de lisina, metionina e tripofano, diminuição de lignina e fitatos, elevação de fosfatos e antocianinas e inibição de micotoxinas
Mandioca	Melhor composição nutricional
Cevada	Termoestabilidade de enzimas, introdução de novas proteínas, redução de pontes de bissulfito e melhoria da digestibilidade
Cenoura	Aumento de carotenóides e do valor nutricional em geral

- Extraído e adaptado de AZEREDO, 2003

Outra característica de grande interesse comercial diz respeito à redução da velocidade de maturação dos frutos, porque favorece as operações de transporte e estocagem desses produtos, influenciando diretamente no seu “*shelf life*”. Através da engenharia genética pode-se fazer isto mediante duas formas: introduzindo genes que acabam reduzindo os níveis de enzimas degradativas como a poligalacturonase, ou genes que diminuem a síntese de etileno, considerado o hormônio do amadurecimento (ELISBÃO, 2002).

Exemplos de melhoramentos conseguidos com o emprego da biotecnologia:

Milho

Do ponto de vista de biossegurança, a estratégia de transformar geneticamente milho com seqüências de DNA isoladas da própria espécie é desejável, uma vez que se altera apenas a regulação de genes que são naturalmente expressos pela planta.

Plantas transgênicas de milho, geradas em estudo conduzido pela EMBRAPA, apresentaram aumento na produção da delta-zeína e da beta-zeína (proteínas ricas em aminoácidos essenciais), e o desaparecimento da gama-zeína.

A beta-zeína é constituída por uma cadeia protéica de 160 aminoácidos, e contém menos glutamina (16%), leucina (10%) e prolina (9%) que as alfa-zeínas, mas tem, significativamente, mais metionina (4%) e cisteína (7%). A gama-zeína possui 180 aminoácidos, sendo 7% de cisteína e 25% de prolina, e representa

cerca de 25% das proteínas existentes nas variedades tradicionais do milho. A delta-zeína é uma proteína de 130 aminoácidos e contém altos índices de metionina (cerca de 23%), mas corresponde a apenas 5% das proteínas existentes naturalmente no milho (CARNEIRO, 2004).

Mamão

Dentre os fatores que limitam a cultura do mamão no Brasil, destaca-se a “mancha anelar do mamoeiro” ou “mosaico”. Esta doença é o principal problema fitossanitário desta cultura no mundo, sendo causada por um vírus, chamado vírus da mancha anelar do mamoeiro ou *Papaya Ringspot Virus* (PRSV). Mamoeiros atacados por esta doença apresentam diminuição na taxa de crescimento da planta e, conseqüentemente, na produtividade.

A EMBRAPA, através do Centro de Mandioca e Fruticultura na Bahia, estabeleceu um acordo de parceria com a Universidade de Cornell (EUA) para desenvolver mamoeiro transgênico resistente ao vírus da mancha anelar do mamoeiro, propondo-se a selecionar, pelo menos um, material em condições de ser transferido para o produtor até o final de 2001 (SOUZA JR., 2004).

Laranja

O cancro cítrico tem provocado grandes prejuízos, tanto no Brasil como em outros países produtores de citros. Essa doença afeta toda a parte aérea da planta, causando lesões em frutos, folhas e ramos.

Experimentos de inoculação de plantas transgênicas de laranja com a bactéria do cancro cítrico, mostraram que as plantas com maiores quantidades de sarcotoxina são mais resistentes ao patógeno.

A obtenção de plantas transgênicas de laranja doce, a partir dos cultivares plantados no Brasil, contendo o gene da sarcotoxina, é uma estratégia muito promissora para aumentar a tolerância à bactéria do cancro cítrico. Entretanto, ainda deverão ser implementados estudos para se conhecer suficientemente o efeito da introdução do gene da sarcotoxina nas plantas, nos aspectos da segurança alimentar e do impacto no ambiente, antes que essa tecnologia possa ser aplicada de maneira mais ampla (BESPALHOK FILHO, 2004).

Feijão

Uma das doenças de maior impacto na cultura do feijoeiro é o mosaico-dourado, causado por um geminivírus, o vírus do mosaico-dourado do feijoeiro (BGMV). Esta doença está hoje disseminada por todas as áreas produtoras de feijão do Brasil e em outros países da América Latina. No Brasil, em condições de campo, as perdas ficam em torno de 40 a 85%, podendo chegar a 100%, dependendo da cultivar, do estágio em que se encontram as plantas quando acontece a infecção, e do isolado do vírus infectante.

Feijoeiros transgênicos tolerantes ao vírus estão sendo incorporados ao programa de melhoramento da EMBRAPA/CNPAF, com objetivo de fazer a introdução desta característica em diferentes cultivares e a avaliação final no campo.

Outro objetivo do melhoramento genético do feijoeiro tem sido o aumento da qualidade nutricional, principalmente em relação ao teor de metionina e triptofano nos grãos, uma vez que esta planta é importante para a alimentação humana e extremamente deficiente quanto a estes dois aminoácidos essenciais.

Em uma tentativa para se obter sementes de feijão contendo maiores teores de metionina, plantas transgênicas foram obtidas expressando o gene da albumina 2S de castanha-do-pará. A proteína codificada por este gene possui um elevado teor de metionina (18%).

Embora as sementes tenham apresentado altos níveis do aminoácido metionina antes da maturação fisiológica, obteve-se um aumento da ordem de 25% do teor de metionina nas sementes maduras (ARAGÃO, VIANNA & RECH, 2004).

5-RISCOS POTENCIAIS

O fato de se transportar alimentos a longas distâncias e entre países, criou o problema do controle sanitário e, conseqüentemente, a existência de barreiras comerciais. Em decorrência deste fato, houve a necessidade da ampliação das regras de controle da qualidade dos alimentos, o que se chama hoje de “segurança alimentar”, que envolve, entre outros, a integração de conhecimentos de toxicologia, microbiologia, genética, bioquímica, ciências ambientais e dos alimentos.

Como o mundo está interligado por meios de comunicação, as exigências das sociedades tornam-se rapidamente universais. Em decorrência disso, a segurança alimentar passa por uma revisão de seus conceitos, buscando protocolos que levem a reduzir as incertezas na tomada de decisões, cobrindo de fato duas noções fundamentais: ausência de toxicidade e o valor nutricional do novo alimento (ZANCAN, 2003).

Qualquer alimento é considerado seguro se nenhum dano ou efeito indesejável resultar do seu consumo (ODA, 2003). Entretanto, mesmo que até o momento não se conheça nenhuma evidência científica indicando a potencialidade de os alimentos da atual geração de transgênicos fazerem mal à saúde, ou que o seu cultivo possa acarretar um desastre ambiental, por se tratar de algo “novo”, há ainda algumas incertezas, as quais devem ser seriamente consideradas. A dificuldade de avaliação de riscos dessa natureza, e que é necessária para qualquer decisão sobre as medidas legais adequadas para o caso, está associada ao nível de desenvolvimento científico sobre tal assunto. Não apenas considerando evidências estatísticas, o desafio da ciência é antever, com segurança, as conseqüências futuras de vários fatores, cuja manifestação pode ocorrer somente após um longo período (SALLES, 2004).

Entre os presumíveis problemas apontados como resultantes de impactos negativos dos alimentos transgênicos sobre a saúde, estão: intoxicações, alergias, desenvolvimento de resistência a antibióticos, outros riscos desconhecidos.

A maior preocupação da comunidade científica e médica internacional é com a transferência de genes marcadores de resistência aos antibióticos, considerando-se a mobilidade dos genes entre organismos vivos. Tanto assim que as discussões em nível internacional sugerem que os ensaios sobre a segurança dos alimentos obtidos de organismos modificados geneticamente devem obedecer ao mesmo rigor dos testes utilizados para a liberação de novos medicamentos (ZANCAN, 2003).

Considerando os aspectos de segurança ambiental e alimentar, os principais perigos levantados, no que se refere a plantas transgênicas expressando genes de resistência a antibióticos são: (a) que o gene seja tóxico; (b) que o produto do gene seja tóxico ou cause alergia; (c) que o gene seja transferido para microrganismos no aparelho digestivo de animais ou no ambiente; e (d) que o gene ou seu produto cause danos ao ambiente (SOUZA JR., 2004).

Tais perigos, entretanto, parecem não se justificar, já que o critério para o uso de genes de resistência a antibióticos no papel de genes marcadores para seleção positiva de transformantes não é aleatório: considera-se, prioritariamente, a importância do antibiótico específico no tratamento de doenças humanas. Se o antibiótico for a única, ou uma das únicas, armas contra uma doença que confere alto risco de vida, este deve ter o seu emprego sumariamente proibido

nos ensaios de desenvolvimento de plantas transgênicas. Tanto assim que o gene mais utilizado na engenharia genética de plantas produz uma enzima que inativa antibióticos como a neomicina (que tem uso principalmente tópico), a kanamicina e a puromicina (que não são geralmente utilizadas para controle de doenças em humanos e outros animais) (SOUZA JR.,2004).

Em relação ao meio ambiente, os possíveis impactos negativos apontados têm sido: o aumento das ervas daninhas, aparecimento de “superervas daninhas”, mudanças no consumo de herbicidas para padrões mais tóxicos, aparecimento de novas viroses e de vírus mais resistentes, envenenamento da vida selvagem, perda da biodiversidade, possibilidade de aparecimento de efeitos imprevistos e desconhecidos (ECHEVERRIA, 2004).

Em termos de meio ambiente, também pairam sérias dúvidas sobre os riscos implicados no uso agrícola de organismos geneticamente modificados. Em primeiro lugar, considera-se a possibilidade da “exportação” de genes, pelo fato de se utilizar na manipulação genética, “promotores”, uma estrutura do DNA que mais facilmente permite a modificação genética. Receia-se que, em ambiente natural, com base nessas estruturas presentes nos transgênicos, possa haver uma migração de genes das espécies modificadas geneticamente para espécies nativas a elas relacionadas. Isso poderia acarretar conseqüências imprevisíveis para tais espécies e para os ecossistemas envolvidos.

Soma-se a isto o risco de plantas geneticamente modificadas, contendo um gene inseticida, causarem também a morte de espécies de insetos não-nocivas, que se alimentam do pólen das culturas transgênicas. A preocupação, nesse caso, está relacionada, antes de mais nada, à preservação da biodiversidade.

Por fim, argumenta-se que a existência de plantações capazes de produzir seu próprio inseticida pode provocar a evolução dos mecanismos de resistência nas espécies de insetos que se objetivava controlar.

Com isso poder-se-ia, a médio e longo prazo, permitir que as lavouras convencionais e também as modificadas viessem a se tornar novamente susceptíveis (SALLES, 2004).

23

6-CONCLUSÕES

Parece não restar dúvidas, seja entre especialistas ou entre leigos, a respeito do grande potencial da biotecnologia, mormente em se tratando das possibilidades de manipulação do material genético original das espécies biológicas. Como uma nova (e revolucionária) tecnologia, é perfeitamente compreensível que a engenharia genética desperte receios e gere polêmicas, uma vez que, por conta do instinto de conservação, talvez, há uma tendência natural para o espírito humano temer o desconhecido.

Cabe aqui rememorar alguns fatos do passado, como, por exemplo, a vacina contra a varíola na área das ciências da saúde e a energia nuclear, na física. Ambas, inicialmente, assombraram a população nas suas respectivas épocas de descoberta e tentativa de introdução no mercado; entretanto, passado o “vendaval”, hoje a varíola está erradicada mundialmente, e a energia nuclear beneficia milhões de pessoas em diferentes países do globo terrestre e o seu aproveitamento, apesar de polemizado, já é comum em nosso cotidiano.

Diante de toda a necessidade atual e, principalmente, futura de se aumentar a produção de alimentos e de prover as populações carentes em todo o mundo com alimentos de alta qualidade nutricional a um preço acessível, parece não ser sensato descartar a possibilidade de utilização de qualquer tecnologia que possibilite atender a tais necessidades sem que, no mínimo, a “novidade” seja experimentada e avaliada sob critérios científicos.

É sabido que toda conquista científica demanda tempo para se poder assegurar a confiabilidade de seus resultados. Pelo que foi possível verificar na literatura disponibilizada para a elaboração da presente monografia, nenhum produto hoje existente no mercado passou por tantos testes e nem foi tão questionado, como tem sido o caso dos alimentos transgênicos. E, desde quando foi comercializado pela primeira vez, até o presente, não foi registrada sequer uma evidência científica de que algum alimento proveniente de organismo geneticamente modificado tenha gerado problemas clínicos de qualquer ordem nos consumidores.

É pertinente, entretanto, afirmar que o cidadão tem todo o direito de saber a procedência do que está consumindo, e deve ter a prerrogativa de poder optar pelo que for mais conveniente, na sua concepção pessoal. Por isto a identificação clara dos produtos alimentares que tenham passado por manipulação genética, através de rótulos, etiquetas ou qualquer outro meio visual, é perfeitamente justificável e oportuna, pois, além de garantir o livre arbítrio por parte do consumidor, também pode proporcionar a possibilidade de se monitorar a utilização e os eventuais efeitos de tais produtos, de uma forma mais controlada e eficaz.

Vale a pena também lembrar aqui que vários alimentos têm sido alterados geneticamente ao longo do tempo de várias formas, principalmente através do melhoramento genético convencional; além desta metodologia clássica, cabe também, destacar que, em alguns casos, foram provocadas e depois utilizadas mutações gênicas induzidas por radiação, sem que o procedimento tenha despertado qualquer tipo de questionamento.

O fato de se objetivar introduzir características genéticas desejáveis, e conhecidas, em qualquer organismo, independente da tecnologia empregada para este fim, pode, perfeitamente, ser considerado como uma iniciativa louvável. Parece que o temor dos riscos envolvidos na utilização de uma tecnologia em questão, não deveriam superar o potencial de benefícios inerentes aos produtos gerados por ela.

Quanto aos avanços já obtidos e ainda possíveis de serem alcançados com a utilização da biotecnologia, especialmente o seu ramo mais jovem, a tecnologia do DNA recombinante, parece desnecessário reafirmar que são indiscutíveis. O caso do *golden rice*, por exemplo, ilustra muito bem este fato. Deve-se reconhecer que procurar contribuir para o benefício de milhões de pessoas, entre elas crianças, é realmente admirável, e a carência de vitamina A é um registro lamentável em algumas populações.

Por outro lado, é justo ponderar que os riscos inerentes ao emprego da biotecnologia também são factíveis de se consumarem. Entretanto, é necessário entender que tudo o que o ser humano faz, deixando o estado de inércia, implica em riscos, que devem ser avaliados considerando-se também os benefícios potenciais. A relação entre riscos e vantagens é que determina a viabilidade de qualquer iniciativa. Se não fosse assim, o Homem ainda não teria ido ao espaço sideral, nem à Lua, não haveria bolsa de valores e, provavelmente, ninguém sairia de casa devido ao temor ao imponderável.

Outro aspecto importante, que cabe ser dissecado neste texto, está relacionado com questões de cunho filosófico: será que já se questionou por que os alimentos, de origem vegetal, naturais, muitas vezes, têm as suas propriedades nutricionais deficientes para as necessidades orgânicas humanas? Haveria uma "lógica" justificável para isto? E será que as conseqüências de se alterar propriedades originais de seres da natureza não poderiam afetar o equilíbrio (ou desequilíbrio) biológico no Planeta? Talvez a deficiência de alguns aminoácidos em grãos, por exemplo, tenha um significado implícito que o espírito humano

ainda não descortinou. E, pensando-se em beneficiar populações desnutridas, de baixa renda e habitantes de regiões com poucos recursos, seria eticamente correto permitir a propriedade intelectual ou a patente de alimentos geneticamente modificados? Tais indagações, e outras mais, contribuem para agitar o cenário habitado pelos interesses e receios relativos à utilização da biotecnologia, e assim propiciam maior quantidade de “munição” para os intelectos puramente teóricos ou ativistas, posicionados em ações de vanguarda da Ciência ou em movimentos ambientalistas radicais.

REFERÊNCIAS

ARAGÃO, F. J. L.; VIANNA, G. R.; RECH, E. L. *Feijão transgênico – um produto da engenharia genética*. Disponível em: <http://www.biotecnologia.com.br/revista/bio05/feijão.pdf>. Acesso em: 21 set. 2004.

AZEREDO, Raquel M. C. de. Biotecnologia e segurança alimentar. In: COSTA, Neuza Maria Brunoro; BORÉM, Aluizio (Coord.). *Biotecnologia e Nutrição – Saiba como o DNA pode Enriquecer os Alimentos*. São Paulo: Nobel, 2003. p. 129-164.

BESPALHOK FILHO, J. C. et al. *Laranja transgênica – transformação de laranja visando resistência ao cancro cítrico usando genes de peptídeos antibacterianos*. Disponível em: <http://www.biotecnologia.com.br/revista/bio23/10.asp>. Acesso em: 21 set. 2004.

BORÉM, Aluizio; DEL GIÚDICE, Marcos P. Transgênicos: benefícios e riscos. In: DEL GIÚDICE, Marcos P. et al. [Editado por]. *Alimentos Transgênicos*. Viçosa: UFV, 2000. p. 21-58.

BRUNORO COSTA, Neuza Maria. Alimentos: componentes nutricionais e funcionais. In: COSTA, Neuza Maria Brunoro; BORÉM, Aluizio (Coord.). *Biotecnologia e nutrição – saiba como o DNA pode enriquecer os alimentos*. São Paulo: Nobel, 2003. p. 31-69.

CARNEIRO, A. A. *Milho transgênico – melhoria da qualidade nutricional do grão*. Disponível em: <http://www.biotecnologia.com.br/revista/bio15/milho.pdf>. Acesso em: 21 set. 2004.

CASTRO, Luiz A. B. Biotecnologia e biossegurança. In: DEL GIÚDICE, Marcos P. et al. [Editado por]. *Alimentos Transgênicos*. Viçosa: UFV, 2000. p. 167-200.

ECHEVERRIA, Thaís Martins. *Transgênicos: promessas e perigos*. Disponível em: http://www.geocities.yahoo.com.br/mcrost06/transgenicos_09.htm. Acesso em: 05 ago. 2004.

ELISBÃO, Tadeu. Plantas transgênicas na virada do milênio. *Terra e Cultura*, Londrina, Ano XV, n. 30, p. 75-85. 2002.

FERRAZ, Victor E. de Faria. Transgênicos e a saúde humana. In: DEL GIÚDICE, Marcos P. et al. [Editado por]. *Alimentos Transgênicos*. Viçosa: UFV, 2000. p. 121-126.

IFIC - INTERNATIONAL FOOD INFORMATION COUNCIL FOUNDATION. *Myths and Facts About Food Biotechnology*. Disponível em: <http://www.ific.org/foodinsight/1999/so/biotechmythsfi500.cfm>. Acesso em: 21 set. 2004.

MOREIRA, Maurilio Alves. Plantas transgênicas: considerações sobre caracteres de maior interesse e riscos potenciais de alimentos transgênicos. In: DEL GIÚDICE, Marcos P. et al. [Editado por]. *Alimentos Transgênicos*. Viçosa: UFV, 2000. p. 145-166.

PATERNIANI, Ernesto. Segurança de plantas geneticamente modificadas. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ALIMENTAÇÃO (ABIA). *Alimentos geneticamente modificados – segurança alimentar e ambiental*. São Paulo: ABIA, 2002. p. 137-146.

ODA, Leila Macedo. *Alimentos transgênicos: riscos à saúde?* Disponível em: <http://www.ctnbio.gov.br/ctnbio/bio/artigos/default.htm>. Acesso em: 21 jul. 2003.

PIAU, Paulo. Perspectiva do poder legislativo em relação aos OGM's. In: DEL GIÚDICE, Marcos P. et al. [Editado por]. *Alimentos Transgênicos*. Viçosa: UFV, 2000. p. 105-120.

PORTUGAL, Alberto Duque. O desenvolvimento da biotecnologia agropecuária no Brasil. In: DEL GIÚDICE, Marcos P. et al. [Editado por]. *Alimentos Transgênicos*. Viçosa: UFV, 2000. p. 01-20.

SALLES, Carlos Alberto de. *Quem decide sobre os transgênicos?* Disponível em: http://geocities.yahoo.com.br/mcrost06/transgenicos_03.htm. Acesso em: 05 ago. 2004.

SCHOLZE, Simone H. C. *Biossegurança e alimentos transgênicos*. Disponível em: <http://www.biotecnologia.com.br/bio09/biosseg.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2003.

SOUZA JR., M. T. *Mamão transgênico – uso da engenharia genética para obter resistência ao vírus da mancha anelar*. Disponível em: <http://www.biotecnologia.com.br/revista/bio13/mamao.pdf>. Acesso em: 21 set. 2004.

ZANCAN, G. L. *Alimentos transgênicos: riscos à saúde*. Disponível em: <http://www.portalrural.com.br/agroartigos/print.html?file=artigo38.html>. Acesso em: 21 jul. 2003.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR CONSULTADA

AZEVEDO, João Lúcio de; SERAFINI, Luciana Atti; BARROS, Neiva Monteiro de (organizadores). *Biotecnologia: avanços na agricultura e na agroindústria*. Caxias do Sul: EDUCS, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ALIMENTAÇÃO (ABIA). *Alimentos geneticamente modificados – segurança alimentar e ambiental*. São Paulo: ABIA, 2002.

DEL GIÚDICE, Marcos P. et al. [Editado por]. *Alimentos Transgênicos*. Viçosa: UFV, 2000.

COSTA, Neuza Maria Brunoro; BORÉM, Aluizio (Coord.). *Biotecnologia e nutrição – saiba como o DNA pode enriquecer os alimentos*. São Paulo: Nobel, 2003.

MÜLLER, Mary Stela; CORNELSEN, Julce Mary. *Normas e padrões para teses, dissertações e monografias*. 5. ed. Londrina: Eduel, 2003.

NEVES, Marcos Fava; CHADDAD, Fábio R.; LAZZARINI, Sérgio G. *Gestão de negócios em alimentos*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002. p. 75-83.

SÉRIE DIVULGAÇÃO DA CIÊNCIA – N.º 1. *Alimentos transgênicos*. São Paulo: Revista Higiene Alimentar, 2002.

SEVERINO, Antônio Joaquim. *Metodologia do trabalho científico*. 22. ed. São Paulo: Cortez, 2002.

GLOSSÁRIO

BIOTECNOLOGIA: emprego de organismos biológicos ou células vivas para a produção de substâncias de interesse econômico, como fármacos e alimentos (MOREIRA, 2000);

BIOBALÍSTICA: É um método que utiliza microprojéteis em alta velocidade envoltos por DNA, com objetivo de superar a parede celular pela força, na esperança que algumas moléculas de DNA atinjam o núcleo e se integrem ao genoma nuclear. Os microprojéteis são constituídos principalmente de partículas esféricas de ouro ou tungstênio, e geralmente os equipamentos utilizam o gás hélio, eletricidade ou propulsão a ar e alta pressão na aceleração das partículas (AZEVEDO *et al.*, 2002).

CROMOSSOMO: Elementos microscópicos em forma de filamentos que ocorrem no núcleo das células eucarióticas. Os cromossomos contêm o DNA onde estão contidas todas as informações genéticas do organismo ao qual a célula pertence (MOREIRA, 2000);

CTNBio: Comissão Técnica Nacional de Biossegurança;

DNA (ÁCIDO DESOXIRRIBONUCLEÍCO): composto de desoxirribose (açúcar), fosfato e bases nitrogenadas. Cada molécula de DNA consiste de duas fitas complementares no formato de uma hélice dupla. O DNA é responsável pela expressão da informação genética no indivíduo e também pela transferência dos genes de uma geração para outra (MOREIRA, 2000);

ELETROPORAÇÃO: Método que consiste em submeter protoplastos misturados com DNA a uma descarga elétrica controlada por um curto espaço de tempo. Esta descarga cria poros na membrana nuclear, facilitando a entrada de DNA no núcleo. Nesta solução de protoplastos, que células sem a parede celular (núcleos com citoplasma) também estão presentes plasmídeos contendo genes de interesse. Com a criação de poros pela descarga elétrica, um ou mais plasmídeos podem penetrar no núcleo e se integrarem no genoma da célula (AZEVEDO *et al.*, 2002).

ENGENHARIA GENÉTICA: ver *Tecnologia do DNA Recombinante*;

GENE: Um segmento de um cromossomo onde se situa a informação genética (hereditária) para a produção de um tipo de molécula de proteína (MOREIRA, 2000);

OGM: sigla para Organismo Geneticamente Modificado.

TECNOLOGIA DO DNA RECOMBINANTE: metodologia de isolamento de cópias de um determinado gene de um organismo e de inserção dele no DNA de outro organismo (da mesma espécie ou de espécie diferente). É também chamada de *Engenharia Genética* ou de Modificação Genética (MOREIRA, 2000);

TRANSGÊNICO: indivíduo que no seu conjunto gênico possui um ou mais genes que não são próprios de sua espécie biológica, mas que foram aí colocados através de procedimentos laboratoriais de engenharia genética (ELISBÃO, 2002).