



A HISTÓRIA DA BIOTECNOLOGIA

A ciência que está surpreendendo até os mais otimistas

Aluizio Borém

Eng. Agrônomo, M.S., Ph.D. e Professor da
Universidade Federal de Viçosa
borem@ufv.br

Muito antes mesmo que o homem entendesse a biologia, ele já lidava com a biotecnologia na produção de vinhos e pães. Após o acúmulo de conhecimentos e experiência a respeito da biotecnologia moderna, sua definição deve cobrir as várias técnicas que utilizam o DNA recombinante para gerar produtos ou serviços. Não restam dúvidas de que a biotecnologia do século XXI é muito diferente daquela quando este termo foi, pela primeira vez, usado no século passado para descrever procedimentos de produção de vinhos, pães e derivados lácteos. No contexto atual, essas técnicas não se enquadrariam na biotecnologia. De forma semelhante, embora se adote uma definição abrangente, a manipulação gênica por meio de enxertia e, ou, o uso de microrganismos para fermentação não são tratados neste livro. O que distingue essas procedimentos da biotecnologia moderna não são os princípios envolvidos, mas as técnicas utilizadas. Por exemplo, o melhoramento genético de plantas e o melhoramento molecular compartilham vários aspectos e têm, muitas vezes, o mesmo objetivo. Ambos buscam desenvolver variedades mais úteis ao homem. O melhoramento molecular difere do melhoramento genético convencional ao tornar o desenvolvimento varietal um procedimento com resultados previsíveis. Com a engenharia genética, é possível transferir genes específicos de uma espécie doadora para a receptora, de forma controlada.

O ser humano, as plantas e demais seres vivos são constituídos por moléculas que contêm carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo e enxofre, além de outros elementos em diferentes proporções. Os seres vivos são constituídos de proteínas, as quais executam a maior parte das funções celulares e são responsáveis por vias metabólicas. Estas vias geram todos os produtos orgânicos secundários, como carboidratos e lipídios, componentes dos tecidos nos animais, da celulose nas plantas etc.

A biotecnologia opera em nível molecular, onde as barreiras estabelecidas na formação das espécies desaparecem; isso é possível porque todos os seres vivos possuem o DNA como molécula fundamental portadora da informação gênica e compartilham o mesmo código genético, que codifica e determina as proteínas dos homens, dos animais, das plantas, dos insetos e microrganismos. Esse código simplesmente transforma a seqüência dos nucleotídeos no DNA (A, C, G ou T) em seqüências de aminoácidos, que constituem as proteínas. Cada proteína é derivada, portanto, da transcrição e tradução de um gene. O conjunto de vários genes em uma mesma molécula de DNA forma o cromossomo. Finalmente, cada espécie tem um genoma próprio, composto de todos os seus genes organizados nos cromossomos, cujo número varia com as espécies.

Uma das características da biotecnologia que têm contribuído para o receio que muitos manifestam em relação a ela é a velocidade como esta ciência evoluiu nos últimos anos e como sua aplicação em benefício da sociedade atingiu o mercado de forma tão inesperada.

Quando a biotecnologia passou a ocupar a atenção dos cientistas e dos leigos de forma intensa, a partir dos anos 80, a maioria das pessoas se sentia desconfortável com ela. Frequentemente se escutavam debates sobre a possibilidade de a biotecnologia resolver todos os problemas da produção de alimentos. Lamentavelmente, a forma e a rapidez com a biotecnologia apareceu no meio científico levaram muitos dos que estavam trabalhando há anos para resolver os problemas da agricultura a uma situação desconfortável. Em determinada ocasião, chegou-se a pensar que a biotecnologia, uma ciência emergente, fosse substituir o melhoramento genético clássico, uma ciência que produziu variedades de milho, arroz, laranja, rosas etc. e novas linhagens de suínos, aves etc., contribuindo para a maior oferta de produtos agropecuários. Essa jamais seria uma boa notícia para aqueles que já haviam dedicado grande parte de sua vida profissional ao desenvolvimento de variedades melhoradas ou daqueles que tinham concluído cursos de graduação, mestrado ou doutorado em genética clássica. A falta de *marketing* da biotecnologia em muito contribuiu para uma postura de reserva de muitos em relação a ela. Felizmente, hoje, debates sobre a ameaça de o melhoramento molecular substituir o melhoramento clássico são anacrônicos; atualmente, essas duas ciências são vistas como complementares.

A biotecnologia anterior ao século XXI

Embora os microrganismos fossem utilizados na produção de vinhos desde a mais remota história, foi a

Quadro 1. Algumas características genéticas de diferentes espécies

| Espécie | Número de cromossomos | Tamanho do genoma (Mb) | Número de genes |
|--------------------|-----------------------|------------------------|-----------------|
| Homem | 46 | 3.000 | 24.000 |
| Trigo | 42 | 16.000 | 50-75.000 |
| Milho | 20 | 2.500 | 50.000 |
| Soja | 40 | 1.100 | - |
| Arroz | 24 | 430 | 25.000 |
| <i>Arabidopsis</i> | 5 | 125 | 26.000 |

descoberta das células em um pedaço de cortiça por Robert Hooke, em 1665, que desencadeou a onda de descobertas e invenções em biologia. Cerca de 10 anos mais tarde, Anton van Leeuwenhoek construiu um microscópio com capacidade de ampliação de 270 vezes, o que o permitiu ver, pela primeira vez, os microrganismos. O microscópio descortinou um novo mundo, anteriormente invisível ao homem.

Somente 170 anos mais tarde que Matthias Schleiden e Theodore Schwann lançaram a teoria de que todos os organismos vivos são constituídos de células. Novas questões surgiram diante dos recentes conhecimentos, incentivando os cientistas a questionar por que os filhos tendem a apresentar características semelhantes às dos pais. Foi somente no final do século XIX que o monge Gregor Mendel, que trabalhava em Brno, República Tcheca, conseguiu desvendar os segredos da hereditariedade. Os cruzamentos de ervilhas com diferentes cores de flores realizados por Mendel, em 1865, criaram uma nova ciência: a genética.

No Quadro 1 apresentam-se o número típico de cromossomos e estimativas do tamanho do genoma e do número de genes em diferentes espécies.

O ano de 1953 foi um marco para a genética, com a descoberta da estrutura helicoidal do DNA por dois cientistas da Universidade de Cambridge, Inglaterra: o americano James Watson e o inglês Francis Crick. Os trabalhos de ambos revolucionaram a genética e aceleraram as descobertas da estrutura fina do DNA. Eles demonstraram que a dupla hélice se constituía de duas

fitas pareadas, cada uma com sua sequência de nucleotídeos, complementar a outra, isto é, na posição onde havia um A na primeira, aparecia um T na segunda, e onde havia um G aparecia um C, e vice-versa.

A Era da Engenharia Genética começou com a primeira transformação gênica obtida com sucesso em 1973, realizada por Hebert Boyer e Stanley Cohen na Califórnia. Estes cientistas construíram um gene com parte do DNA bacteriano e parte do DNA de sapo (*Xenopus laevis*). A experiência destes pesquisadores abriu as portas para uma nova forma de se fazer o melhoramento genético e desenvolvimento de variedades.

O melhoramento genético convencional

Nos primórdios da agricultura, quando os agricultores iniciaram a domesticação das espécies, selecionando os tipos mais desejáveis, o melhoramento realizado subjetivamente resultou nas primeiras alterações genotípicas direcionadas. Os resultados desses esforços primitivos contribuíram, de forma decisiva, para o processo evolucionário das espécies cultivadas. Com a descoberta do sexo no reino vegetal, a hibridação de tipos diferentes foi incorporada às técnicas de melhoramento. Todavia, foram os clássicos experimentos de Gregor Mendel que forneceram as bases para o entendimento e a manipulação da hereditariedade, visando ao melhoramento e desenvolvimento de novas variedades. Ainda hoje, alguns melhoristas acreditam que o melhoramento depende quase que exclusivamente da habilidade do cientista em

detectar diferenças que possam ter importância econômica. Muitos dos primeiros melhoristas eram agricultores com aguçado instinto de observação que, ao detectarem plantas atípicas em um campo, colhiam-nas para obtenção de sementes. Atualmente, com o avanço do conhecimento em genética, fisiologia, estatística, botânica, agronomia e outras áreas, o melhoramento de plantas tem-se tornado mais ciência que propriamente arte.

Quando se pensa no aumento da produção de alimentos, isso pode ocorrer de três maneiras: pela expansão da área cultivada, item em que o Brasil se sobressai por ter ainda diversas fronteiras agricultáveis. Todavia, essas áreas são limitadas e, no futuro, não estarão mais disponíveis. Por absoluto imperativo de sobrevivência, agricultores chineses têm avançado em ecossistemas frágeis e em reservas biológicas, com irreparáveis danos ecológicos. A expansão da área cultivada não deve ser considerada, em muitos casos, a alternativa de aumento da produção de alimentos. Uma segunda maneira de se aumentar a produção de alimentos é por meio da melhoria das condições do ambiente, como adubação, práticas culturais corretas, controle de pragas e doenças, uso de sementes de qualidade, irrigação etc. A terceira maneira é por meio do melhoramento genético das plantas.

Algumas das características freqüentemente consideradas em diversos programas de melhoramento são: aumento de produtividade, resistência às pragas e doenças e qualidade nutricional dos alimentos, dentre outras.

A resistência às pragas e doenças tem sido um dos principais alvos do melhoramento genético convencional. Por exemplo, o Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) desenvolveu, pelo melhoramento clássico, variedades de feijão resistentes aos carunchos (bruquídeos), com a introdução do gene que codifica para a proteína arcelina, que é letal a esses insetos, porém inócua ao homem e aos demais animais.

Alguns acreditam que os alimentos atualmente disponíveis foram encontrados na natureza pelo homem da forma que hoje são conhecidos. O

feijão que se consome, o milho que se utiliza na alimentação humana e animal são completamente diferentes daqueles que os antepassados utilizavam. Os feijões silvestres domesticados pelo homem nos últimos 12.000 anos, e que hoje ainda existem no México e em alguns países andinos, são completamente diferentes dos atuais. Com sementes menores que as de mamão, de difícil cocção, baixa digestibilidade e com sabor adstringente, o feijão silvestre foi geneticamente modificado pelos agricultores primitivos, de forma que hoje se dispõe de variedades com grãos grandes, de fácil cocção e com boa digestibilidade. O ancestral do milho, o teosinto, foi também modificado pelo homem ao longo dos milênios, dando origem ao milho moderno. Foi a engenhosidade humana, trabalhando-se os princípios da genética, de forma inconsciente, que resultou nas espécies agrônomicas hoje utilizadas.

Com a descoberta das leis da genética por Mendel, publicadas em 1865, o homem passou a ter acesso a um conhecimento que lhe permitiria a modificação genética das espécies de forma mais precisa e rápida. Entretanto, Mendel foi ignorado por seus contemporâneos e seus escritos permaneceram inutilizados por 35 anos, até que em 1900 as Leis da Genética foram redescobertas e a modificação genética das plantas pôde ser realizada de forma científica. Nascia então o melhoramento genético das plantas, mostrando que Mendel estava certo!

Até cerca de 30 anos atrás, o Brasil não figurava nas estatísticas da produção mundial de soja. Hoje, o País é o segundo maior produtor do mundo, com produtividade superior a 2.400 kg/ha (comparável à dos Estados Unidos – principal produtor mundial). Foi o melhoramento genético que, ao desenvolver variedades mais produtivas e resistentes às pragas e doenças, permitiu que a soja pudesse ser cultivada de norte a sul do País.

A maçã talvez seja um dos exemplos mais facilmente perceptíveis da contribuição do melhoramento de plantas para a disponibilização de alimentos no Brasil. Quem não se

lembra de, ao comprar maçãs, encontrar apenas as importadas e de custo elevado até cerca de 25 anos atrás? O primeiro trabalho de melhoramento em macieiras no Brasil foi feito em 1940, pelo agricultor paulista A. Bruckner, que selecionou a primeira variedade nacional dessa fruteira. Desde então, inúmeras outras variedades foram desenvolvidas, o que vem garantindo o abastecimento do mercado brasileiro com maçãs de excelente qualidade: frutos vermelhos, suculentos, firmes e de preço acessível.

Melhoramento genético biotecnológico

O conhecimento científico continuou evoluindo desde Mendel e a genética clássica passou a contar com recursos ainda mais modernos, dando origem à genética molecular, nova ciência dentro da biotecnologia.

O domínio da biotecnologia tem levado algumas pessoas a pensar que os cientistas estão “brincando de ser Deus” ao desenvolverem novas variedades. A modificação genética das espécies, tornando-as mais úteis ao homem, não é uma prática dos tempos modernos. A inteligência humana vem sendo utilizada para modificar geneticamente as espécies desde a mais remota antiguidade. Naquela época, o homem utilizava os conhecimentos pré-mendelianos. Hoje utiliza todo o conhecimento gerado ao longo da história. Essa é a tendência natural da evolução do conhecimento científico.

No período em que a biotecnologia dava seus primeiros passos, os meios de comunicação devotaram-lhe exagerada atenção. O interesse pelo assunto cresceu de forma inacreditável, e tanto pessoas informadas quanto leigas passaram a especular sobre as aplicações da biotecnologia, gerando expectativas que não se concretizaram no tempo previsto.

Após alguns anos de investimento em pesquisas biotecnológicas, as variedades transgênicas tornaram-se comercialmente disponíveis. Seus benefícios no aumento da produção de alimentos e na redução do uso de defensivos agrícolas já podem ser avaliados.

Bibliografia

- Alcamo, E. 1999. DNA technology: the awesome skill. New York: Harcourt Academic Press. 348 p.
- Borém, A. 2005. Biotecnologia e meio ambiente. Viçosa, MG: UFV. 1. ed. 425 p.
- Borém, A. 1999. Melhoramento de espécies cultivadas. 1. ed. Viçosa, MG: UFV.
- Borém, A. 2001. Escape gênico e transgênicos. Visconde do Rio Branco, MG: Editora Suprema. 206 p.
- Borém, A. 2001. Melhoramento de plantas. Viçosa, MG: UFV. 3. ed. 500 p.
- Borém, A. e Santos, F.R. 2002. Biotecnologia simplificada. Visconde do Rio Branco, MG: Editora: Suprema. 249 p.
- Costa, N.M.B. e Borém, A. 2003. Biotecnologia e nutrição. São Paulo: Editora Nobel. 214 p.
- Canadian Food Information Council. 2002. Articles on agri-food biotechnology: (1) What about antibiotic resistance marker genes? (2) What about food safety and allergens? (3) What about substantial equivalence?
- Drlica, K. 1996. Understanding DNA and gene cloning: a guide for the curious. 3. ed. New York: John Wiley & Sons. 323 p.
- International Food Biotechnology Council. 1996. Allergenicity of foods produced by genetic modification In: E. Clydesdale (ed.). Critical Reviews in Food Science and Nutrition. v. 36. New York: CRC Press.
- International Food Information Council. 1997. Food allergy myths and realities. <http://www.ificinfo.health.orh/insight/novdec97/foodallergy.htm>
- Lewin, B. 1999. Genes VII. Oxford: Oxford Univ Press. 847 p.
- Messina, L. 2000. Biotecnology. New York: Wilson, H.W. 186 p.
- Perelman, C. 1999. Ética e direito. São Paulo: Editora Martins Fontes. 322 p.
- Varella, M.D., Fontes, E. e Rocha, F.G. 1999. Biossegurança e biodiversidade – Contexto científico e regulamentar. Belo Horizonte: Editora Del Rey. 301 p.
- Watson, J.D., Gilman, M. e Witkowski, J. 1992. Recombinant DNA. 2. ed. New York: W H Freeman & Co. Press. 626 p.