

## ÍNDICE DE PALESTRAS

**VIII Curso sobre tecnologia de produção de sementes de hortaliças.  
Brasília, 25 a 27 de agosto de 2008**

### **Melhoramento de Hortaliças Visando o Desenvolvimento de Materiais Genéticos com Propriedades Nutracêuticas Superiores**

**Leonardo S. Boiteux**

boiteux@cnph.embrapa.br

**Maria Esther de Noronha Fonseca**

mesther@cnph.embrapa.br

Embrapa Hortaliças

Caixa Postal 218, Brasília, DF - CEP 70359-970,

#### **Índice**

[Resumo](#)

[Introdução](#)

[Cenoura como fonte de elementos funcionais](#)

[Base científica do melhoramento da cenoura para maiores teores de pró-vitamina A.](#)

[Melhoramento genético de cenoura para elementos funcionais no Brasil](#)

[Tomateiro como fonte de antioxidantes e pró-vitamina A](#)

[Melhoramento genético do tomateiro para compostos funcionais](#)

[Considerações finais](#)

[Referências bibliográficas](#)

#### **Resumo**

A disponibilidade de cultivares mais ricas em compostos funcionais (compostos que ajudam na prevenção de doenças humanas) tem representando uma demanda crescente e vem redirecionando o foco de diversos programas de melhoramento genético de hortaliças. O principal objetivo destes programas tem sido aumentar os teores e diversificar os tipos de compostos antioxidantes (especialmente carotenóides) presentes nas principais hortaliças utilizadas na dieta de adultos e crianças. A modificação na composição de pró-vitamina A em cenoura e do antioxidante licopeno em tomate ilustram alguns dos avanços obtidos no melhoramento visando o desenvolvimento de materiais genéticos com propriedades nutracêuticas superiores.

#### **Introdução**

Alimentos funcionais são aqueles que beneficiam uma ou mais funções orgânicas, além da nutrição básica, contribuindo para melhorar o estado de saúde e bem-estar e/ou reduzir o risco de doenças nos seres humanos. Os alimentos funcionais devem ser alimentos e não suplementos e devem ser eficazes em quantidades normalmente consumidas em uma dieta padrão (Diplock *et al.*, 1999). O desenvolvimento de cultivares mais ricas em compostos funcionais associados à prevenção de doenças tem se consolidado como um dos principais objetivos dos modernos programas de melhoramento genético de hortaliças. Esta estratégia tem sido subsidiada por dados de pesquisa médica e epidemiológica que, de maneira consistente, associam a quantidade ingerida de alguns compostos funcionais bem caracterizados, como é o caso de carotenóides, e seus efeitos preventivos na saúde humana. Desta forma, inúmeros programas de melhoramento

genético, trabalhando com diferentes hortaliças, estão agora em andamento no Brasil e no mundo visando, via cultivares geneticamente melhoradas, aumentar os teores e diversificar os tipos de carotenóides presentes na dieta de adultos e crianças. Na presente revisão são detalhados os principais avanços obtidos no melhoramento para atributos funcionais de cenoura e tomate, duas hortaliças onde estão sendo colocados os maiores esforços de pesquisa nesta área.

### **Cenoura como fonte de elementos funcionais**

A cenoura (*Daucus carota* L.) é a mais importante fonte de pró-vitamina A na dieta humana, sendo uma das poucas plantas capazes de acumular alfa-caroteno e beta-caroteno, as duas formas principais de pró-vitamina A (Simon & Wolff, 1987). A presença destes pigmentos (de coloração laranja) também confere qualidade visual, o que acentua ainda mais a atenção que os carotenóides têm recebido nos programas de melhoramento genético. Os trabalhos pioneiros visando aumentar os teores destes carotenóides em cenoura foram iniciados em 1960 na Universidade de Wisconsin – Madison, Estados Unidos (Laferriere & Gabelman, 1968; Umiel & Gabelman, 1972; Buishand & Gabelman, 1979). Um dos principais resultados desta iniciativa foi a liberação (para a iniciativa privada e órgãos públicos) de materiais genéticos com teores mais elevados (em torno de 70%) de alfa-caroteno e beta-caroteno (Simon, 1992). Além disso, os materiais genéticos derivados destes programas permitiram que a agroindústria Norte Americana desenvolvesse novas classes de produto, as chamadas “baby carrots”, que tiveram um impacto positivo no consumo desta hortaliça (incremento de cerca de 50% em menos de cinco anos).

### **Base científica do melhoramento da cenoura para maiores teores de pró-vitamina A.**

Estudos de herança indicam que a quantidade e o tipo de carotenóides (com cor variando de branca a laranja) são características controladas por pelo menos três genes distintos. Os graus de intensidade de laranja têm herança poligênica (Buishand & Gabelman, 1979). Os ganhos progressivos que foram obtidos para os teores de carotenóides totais indicam que a variabilidade genética para esta característica não está ainda totalmente explorada (Simon *et al.*, 1985, 1989). Para auxiliar os programas de melhoramento, métodos de avaliação de coloração mais objetivos têm sido empregados incluindo avaliações espectrofotométricas (Baranska *et al.*, 2005; Geoffriau *et al.*, 2005; Surles *et al.*, 2004).

### **Melhoramento genético de cenoura para elementos funcionais no Brasil**

Nas regiões Norte e Nordeste do Brasil a hipovitaminose A é um sério problema de saúde pública. A deficiência desta vitamina causa xerofthalmia bem como diversos distúrbios de crescimento e dificuldade de aprendizado na infância. A cultura da cenoura tem mostrado um crescimento tanto em área quanto em produtividade e consumo no mundo inteiro (Rubatzky *et al.*, 1999). Este fato é, em grande parte, devido ao desenvolvimento de novas cultivares com melhor adaptação para novas fronteiras agrícolas em regiões tropicais e subtropicais. A Embrapa Hortaliças lançou, na década de 1980, a cultivar 'Brasília' com adaptação a regiões tropicais e resistência a várias doenças foliares e aos nematóides das galhas (Vieira *et al.*, 1983). A utilização desta cultivar mudou o cenário de produção de cenoura nos trópicos. Antes da utilização de 'Brasília' a produção média de cenoura era de 11t/ha sem a produção comercial durante o verão devido à doenças foliares. O custo de produção era elevado devido à freqüente aplicação de

fungicidas. Após o lançamento de 'Brasília' a produção média é de 25t/ha sem a aplicação de fungicidas durante a primavera. Além disso, esta cultivar tolerante ao calor e resistente a doenças permite o cultivo por todo o ano em todo o Brasil. No ano de 2000 a Embrapa Hortaliças lançou uma cultivar derivada de 'Brasília', denominada 'Alvorada', mais rica em carotenóides. Em 2005 foi liberada a cultivar 'Alvorada' visando o processamento (Vieira *et al.*, 2005). Os ganhos genéticos foram constantes ao longo do desenvolvimento destas cultivares, com os teores médios de carotenóides sendo praticamente duplicados desde 'Brasília' (70 µg/g) passando por 'Alvorada' (110 µg/g) até 'Esplanada' (153 µg/g). Estes ganhos foram obtidos inicialmente via seleção visual e mais recentemente com avaliações espectrofotométricas e via HPLC (Vieira *et al.*, 2005). Embora apresentando características agrônômicas superiores, estas novas cultivares podem ainda ser melhoradas uma vez que contêm teores de pró-vitamina A relativamente reduzidos quando comparadas com algumas cultivares americanas que podem atingir até 400 µg/g (Simon, 1992).

### **Tomateiro como fonte de antioxidantes e pró-vitamina a**

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L. = *Lycopersicon esculentum* Mill.) apresenta um papel relevante na dieta humana. A principal fonte de licopeno na dieta humana é o fruto do tomate e seus derivados tais como sucos, sopas, molhos e catchups (Rodriguez-Amaya, 2001). O fruto do tomate, embora sendo relativamente pobre em pró-vitamina A (beta-caroteno), constitui-se na terceira fonte desta substância na dieta humana devido ao elevado consumo per capita de extratos e produtos processados derivados do tomate. O pigmento licopeno (C<sub>40</sub>H<sub>56</sub>), que confere a típica cor vermelha do fruto maduro de tomate, pertence ao subgrupo dos carotenóides não oxigenados, sendo caracterizado por uma estrutura acíclica e simétrica contendo 11 ligações duplas conjugadas (Rao, 2002). Devido a sua estrutura química, o licopeno figura como um dos melhores supressores biológicos de radicais livres e mostrou-se como um dos mais eficientes antioxidantes (Rao *et al.*, 1998; Rao & Agawal, 2000). Diferentes estudos clínicos e epidemiológicos têm associado dietas ricas em licopeno com a redução do risco de desenvolvimento de câncer de próstata e ovário bem como a uma menor incidência de doenças degenerativas crônicas e cardiovasculares (Cramer *et al.*, 2001; Rao, 2002).

### **Melhoramento genético do tomateiro para compostos funcionais**

Além do fator nutricional, tem sido demonstrado que teores de pigmentos carotenóides (tais como o licopeno) estão fortemente relacionados com uma melhor percepção visual dos produtos. Neste contexto, existe uma demanda da parte de consumidores, varejistas e das agroindústrias processadoras de polpa de tomate no sentido de melhorar o teor de licopeno dos frutos das cultivares atualmente comercializadas, tanto para consumo *in natura* quanto para processamento. Uma das tarefas dos programas de melhoramento genético é diversificar o panorama varietal do tomateiro disponibilizando aos consumidores cultivares e híbridos que combinem fatores nutricionais, principalmente o licopeno, sabor e aroma. O desenvolvimento, em larga escala, de cultivares com teores mais elevados de fatores nutricionais, incluindo licopeno, tem sido um dos focos do programa de melhoramento genético da Embrapa Hortaliças a partir do ano 2000. A cultivar 'San Vito' foi um dos primeiros resultados destas ações de pesquisa, representando o primeiro híbrido F1 de tomate do segmento varietal Saladete totalmente desenvolvido no Brasil (Giordano *et al.*, 2006). Para se obter uma ação de proteção contra câncer

estudos clínicos tem recomendado um consumo diário entre 10-60 mg de licopeno. A maioria dos tomates do tipo longa vida apresentam, em média, 30 µg /g de fruto. O tomate 'San Vito', por sua vez, apresenta quase o dobro deste valor (61µg/g). Desta forma, o consumo de quase metade da quantidade de frutos de 'San Vito' corresponderia ao dobro de tomates do tipo longa vida. A Embrapa Hortaliças já dispõe de materiais genéticos acima de 105 µg/g. Desta forma, versões do híbrido 'San Vito' ainda mais enriquecidas de licopeno vão estar disponíveis em futuro próximo. O desafio agora é incorporar a característica de elevados teores de licopeno em cultivares do tipo 'longa-vida'. O estímulo a um consumo mais intenso de tomate enriquecido com licopeno não depende apenas dos teores do pigmento.

Faz-se necessário que o tomate apresente atributos sensoriais que motivem e intensifiquem o consumo. Desta forma, híbridos combinando melhores características sensoriais (cor, formato e brilho atrativos, firmeza, textura, teor de ácidos e açúcares balanceado) com aspectos agrônômicos favoráveis serão os grandes líderes em um mercado de crescentes níveis de exigência.

### **Considerações finais**

Segundo dados do IBGE, o consumo *per capita* de hortaliças frescas e condimentos nas principais regiões metropolitanas do país é, em média, de 45,5 kg/ano. Este cenário pode ser melhorado por meio da divulgação para o público consumidor das qualidades destes alimentos. Incentivos para a produção e consumo de hortaliças facilitarão mudanças nos hábitos alimentares. A maior disponibilidade e o fortalecimento do consumo de hortaliças “biofortificadas” seriam importantes elementos na redução dos gastos da saúde pública derivados de doenças crônicas e degenerativas. Neste contexto, o estabelecimento de programas de melhoramento com foco no incremento de compostos funcionais pode representar uma contribuição no sentido de melhorar a qualidade da dieta da população brasileira.

### **Referências bibliográficas**

- BARANSKA, M.; SCHULZ, H.; BARANSKI, R.; NOTHNAGEL, T.; CHRISTENSEN, L.P. *In situ* simultaneous analysis of polyacetylenes, carotenoids and polysaccharides in carrot roots, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 53, p. 6565-6571, 2005.
- BUIHAND, J.D.; GABELMAN, W.H. Investigations of color and carotenoid content in phloem and xylem of carrot roots (*Daucus carota* L.). *Euphytica*, v. 28, p. 611-632, 1979.
- CLINTON, S. K. Lycopene: Chemistry, biology, and implications for human health and disease. *Nutrition Reviews*, v. 56, p. 35-51, 1998.
- CRAMER, D.W.; KUPER, H.; HARLOW, B.L.; TITUS-ERNSTOFF, L. Carotenoids, antioxidants and ovarian cancer risk in pre- and postmenopausal women. *International Journal of Cancer*, v. 94, n. 1, p. 128-134, 2001.
- DIPLOCK, A.T.; AGGETT, P.J.; ASHWELL, M.; BORNET, F.; FERN, E.B.; ROBERFROID, M.B. Scientific concepts of functional foods in Europe: Consensus document. *British Journal of Nutrition*, v. 88 (Suppl. 1), p. S1-S27, 1999.
- GEOFFRIAU, E.; DUBOIS, C.; GRANGER, J.; BRIARD, M. Characterization of carrot cultivars by spectrophotometry. *Acta Horticulturae*, v. 682, p. 1419-1426, 2005.

- GIORDANO, L.B.; BOITEUX, L.S.; FONSECA, M.E.N.; MELO, P.C.T.; NASCIMENTO, WM. 'San Vito': A nova geração de híbridos de tomate ricos em elementos funcionais. *Revista Campo & Negócios HF* 1(10): 8-9, 2006.
- LAFERRIERE, L.; W.H. GABELMAN. Inheritance of color, total carotenoids, alpha-carotene, and beta-carotene in carrots, *Daucus carota* L. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, v. 93, p. 408-418, 1968.
- RAO, A.V. Lycopene, tomatoes, and the prevention of coronary heart disease. *Experimental Biology and Medicine*, v. 227, p. 908-913, 2002.
- RAO, A.V.; AGAWAL, S. Role of antioxidant lycopene in cancer and heart disease. *Journal of the American College of Nutrition*, v. 19, n. 5, p. 563-569, 2000.
- RAO, A.V.; WASEEM, Z.; AGAWAL, S. Lycopene content of tomatoes and tomato products and their contribution to dietary lycopene. *Food Research International*, v. 31, n. 10, p. 737-741, 1998.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. *A Guide to Carotenoids Analysis in Food*. Washington: International Life Sciences Institute Press, 2001. 64p.
- RUBATZKY, V.E.; QUIROS, C.F.; SIMON, P.W. Carrots and Related Vegetable Umbelliferae. *Crop Production Science in Horticulture*. v. 10. CABI Publishing, CAB International, Wallingford, United Kingdom, 1999. 294p.
- SIMON, P.W. Genetic improvement of vegetable carotene content. In: D.D. BILLS AND S.-D. KUNG. (Eds.). *Biotechnology and Nutrition: Proceedings of Third International Symposium*. London: Butterworth-Heinemann, 1992, p. 291-300.
- SIMON, P.W.; WOLFF, X.Y. Carotenes in typical and dark orange carrots. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 35, p. 1017-1022, 1987.
- SIMON, P.W.; WOLFF, X.Y.; PETERSON C.E. Selection of high carotene content in carrots. *HortScience*, v. 20, p. 586, 1985.
- SIMON, P.W.; WOLFF, X.Y.; PETERSON, C.E.; KAMMERLOHR, D.S.; RUBATZKY, V.E.; STRANDBERG, J.O.; BASSET, M.J.; WHITE, J.M. High carotene mass carrot population. *HortScience*, v. 24, p. 174, 1989.
- SURLES, R.L.; NING WENG; SIMON, P.W.; TANUMIHARDJO S.A. Carotenoid profiles and consumer sensory evaluation of specialty carrots (*Daucus carota* L.) of various colors. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, v. 52, p. 3417 –3421, 2004.
- UMIEL, N.; GABELMAN, W.H. Inheritance of root colour and carotene synthesis in carrot, *Daucus carota* L. orange vs. red. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v. 97, n. 4, p. 453-460, 1971.
- VIEIRA, J.V.; DELLA VECCHIA, P.T.; IKUTA, H. Cenoura 'Brasília'. *Horticultura Brasileira*, v.1, p. 42, 1983.
- VIEIRA J.V., SILVA J.B.C., CHARCHAR J.M., RESENDE F.V., FONSECA M.E.N., CARVALHO A.M.; MACHADO C.M.M. Esplanada: cultivar de cenoura de verão para fins de processamento. *Horticultura Brasileira*, v. 23, p. 851-852, 2005.