

Material Didáctico Multimédia de Genética e Biotecnologia Vegetal

www.institutovirtual.pt/edu-agri-biotec



FUNDAÇÃO CALOUSTE GULBENKIAN

Projecto integrado no "Programa de Apoio a Projectos de Pesquisa no Domínio Educativo 2001", do Serviço de Educação e Bolsas da Fundação Calouste Gulbenkian.

«A qualidade, como um atributo, é muito subjectiva e desafia definições claras e concisas. Verdadeiramente, a qualidade está no olho do espectador e a qualidade é um alvo em movimento. Para usar um outro cliché, 'A qualidade percebida, é a verdadeira qualidade'.

A qualidade pode ser definida como um 'atributo distintivo referente a uma característica essencial ou particular de um produto'. Os atributos de qualidade das plantas são fáceis de enumerar mas às vezes difíceis de quantificar.» Hennen, G.(1999)

Ficha temática n.º6 Qualidade da Planta

A qualidade como um conceito dinâmico varia consideravelmente de acordo com a cultura agrícola, produtores, consumidores e com a sofisticação do mercado. Cada mercado tem os seus ideais de qualidade. Os produtos em competição tentam alcançar ou até ultrapassar estes ideais para manter ou exceder a sua posição no mercado.

Contudo, sabemos que para além desta faceta da qualidade, existe outra que é definida por 'padrões' ou 'normas de qualidade' (por ex.: ISO 9000) sobre a qual poderás obter mais informações no Instituto Português da Qualidade (www.ipq.pt) e na Associação Portuguesa de Certificação (www.apcer.pt) dado que iremos explorar aspectos ligados sobretudo à genética e biotecnologia.

Algumas indústrias têm demonstrado interesse em inovações que envolvem o desenvolvimento de plantas transgénicas com alterações em algumas características respeitantes à sua qualidade. Concretamente para as indústrias agro-alimentares as inovações podem incluir casos em que os produtos são alterados em características como: tolerância ao armazenamento pelo frio, taxa de **amadurecimento**, firmeza, cor, sabor, tamanho e durabilidade.

De facto, podemos resumir em 4 itens principais os aspectos englobados no **aumento da qualidade da planta e do seu valor nutricional**:

1. aumento do conteúdo de **vitaminas**, proteínas, açúcares ou de aminoácidos;
2. acumulação de proteínas com aminoácidos raros;
3. controlo do amadurecimento;
4. melhoria dos processos de absorção e acumulação de Ferro (alimentos de utilidade para evitar ou minorar alguns casos de anemia).

Uma expressão usada para designar esta área de aplicação da biotecnologia vegetal permissora de aumentos no valor nutritivo dos alimentos vegetais é, em inglês: '**biofortification**'.

Muitos destes produtos prestes a entrar no mercado serão produtos com valor nutricional melhorado que se pretendem ser "**benéficos** para o consumidor" (ex.: **tomate** - figura 1 - com alto teor em vitamina C; diversos **frutos** com amadurecimento retardado para assegurar maior período de vida em mercado, entre outros).

No caso das culturas geneticamente modificadas no sentido de nelas serem alteradas as vias metabólicas relacionadas com o **amadurecimento** de frutos, pretende-se que esses frutos possam ter valor comercial acrescido pois são possibilitadas: uma maior flexibilidade na escolha da data de colheita (**benefício** para produtores) e um maior prazo de comercialização, diminuindo perdas pós-colheita (**benefício** para distribuidores e consumidores).

Caso do Tomate

As tecnologias de alteração de ADN já contribuíram para a obtenção de novas variedades de tomate, como ilustra o caso do tomate 'Flavr Savr®' que, apesar de ter sido entusiasticamente publicitado como «O primeiro fruto transgénico!» mostrou não dar lucros... A indústria do tomate identificou como alvos para melhoramento: viscosidade, características de manuseamento, cor e sabor.

Os conhecimentos obtidos sobre a complexidade do processo de amadurecimento do tomate podem ser de utilidade em estudos conduzidos noutras plantas agrícolas: ananás, banana, maçã, manga, melão, morango, pêra, entre outros.

Modificação da estrutura de amido em plantas transgénicas

O **amido** existe como um **hidrato de Carbono** de reserva em sementes, tubérculos e raízes. As culturas agrícolas que são fontes de amido para uso industrial incluem: o milho (como fonte principal), seguido do trigo e da batata (figura 2). O amido é composto de 2 tipos de polímeros de glicose: a amilose e a amilopectina. Enquanto que a amilose é um polímero essencialmente de tipo linear (com as unidades ou os monómeros dispostos 'em cadeia'), a amilopectina é um polímero ramificado (com algumas unidades dispostas numa cadeia principal ou eixo, de onde outras unidades se dispõem em ramificações). As batatas contêm normalmente 80% (quatro quintos) de amilopectina, mas também 20% (um quinto) de amilose que é

Notas

1

Amadurecimento - Tem sido desenvolvida investigação para que seja decifrada e compreendida, a um nível molecular, a complexidade do processo de amadurecimento.

Vitaminas- grupo de moléculas essenciais ao metabolismo dos seres vivos (mais dados: www.roche.pt/vitaminas). Existem protocolos de modificação genética de alimentos vegetais para os tornar enriquecidos em vitaminas, sobretudo em vitamina A e E.

Biofortificação- termo usado para referir o processo de enriquecimento (em micronutrientes, por ex.) de um dado produto através das técnicas da biotecnologia. Os métodos de enriquecimento por outras técnicas designam-se apenas por fortificação. Para saber mais sobre fortificação ver: <http://www.ctaa.embrapa.br/produtos/pdf/Doc46TrigoComFerro-2001.pdf> (português). Para saber mais sobre biofortificação ver: www.ifpri.org/themes/grp06/papers/biofort.pdf (inglês)



Figura 1 - Algumas variedades de tomate com conteúdo mais elevado de Vitamina C.

Tomate é uma das culturas agrícolas mais importante com um nível de produção mundial de 70 milhões de toneladas em 1993. As técnicas de melhoramento convencionais originaram variedades de tomate com boas características de sabor e de boa qualidade de manuseamento como fruto fresco, bem como com características apropriadas para produtos processados.

Frutos- são um dos constituintes das plantas mais diversificados, e têm designações variadas, tais como bagas, drupas, cápsulas (...). Um caso curioso é o dos 'frutos do coco-do-mar' (*Lodoicea maldivica*) que existem apenas em duas das várias ilhas Seychelles: eles levam 6 anos a amadurecer e, como pesam 15 a 20 Kg, apenas servem para 'rolar montanha-abaxo!'

Amido- Ver detalhes: estrutura do amido e outros polímeros em: www.sbu.ac.uk/water/hysta.html; Para conhecer os usos industriais não-alimentares do amido: www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/magazin/e/9809/sp03

Hidrato de Carbono: mais dados em <http://food.orst.edu/carbohydrate>.



Figura 2- Algumas variedades de batata foram geneticamente alteradas para não possuírem amilose.

Notas

2

indesejada em muitas aplicações industriais. Para separar a amilopectina da amilose são gastas água e energia... Para contornar este problema, foi desenvolvida, por Holandeses, uma **batata geneticamente modificada sem amilose**. Pretendia-se assim, evitar não só 'a carga de trabalhos' no processamento, mas também os gastos energéticos nisso envolvidos.

É sabido que a principal via de síntese de amido nas plantas envolve, de modo muito simples, três passos enzimáticos ou etapas enzimáticas principais. Foi também possível purificar e caracterizar, em termos bioquímicos, grande parte das enzimas envolvidas.

Entre inúmeras enzimas relacionadas com a estrutura do amido são importantes na determinação da sua estrutura final as 'pullulanases' ou as 'isoamilases'. Vias metabólicas sem a enzima 'isoamilase', e com deficiente actividade de outras enzimas originam um polissacarídeo hidrossolúvel que foi designado por Ball e colegas, em 1996, como **phytyloglycogen** (traduzível por '**fitoglicogénio**').

Vemos assim que estão a ser conduzidos ensaios com batatas geneticamente modificadas nos quais se interfere na expressão de **genes** relacionados com actividades de certos grupos de **enzimas do metabolismo do amido** (ex.: 'sintetases de amido') de modo a compreender melhor todos os 'meandros' dessas vias enzimáticas. Esta área de investigação tem interesse para diversas indústrias.

Mundo vegetal: um mundo de cores, odores e sabores...

A coloração de flores e frutos é devida à acumulação de pigmentos, quer lipossolúveis, quer hidrossolúveis (ou seja, solúveis em lípidos ou na água, respectivamente). Alguns dos nomes destes pigmentos são: clorofilas, carotenóides, flavonóides (incluindo antocianinas, antoxantinas, etc) e betalainas, entre outros. As **antocianinas** são o maior grupo de pigmentos nas plantas superiores. (figuras 3a e 3b).

A bioquímica e a enzimologia da via biossintética das antocianinas são bem conhecidas e praticamente todos os **genes** que codificam as **enzimas** da sua biossíntese foram isolados (figura 4). Foi há já mais de uma década que a criação da variedade de petúnia 'Orange' foi obtida por alteração da via de biossíntese de antocianina.

Na natureza, que nos dá fibras textéis tais como algodão, lã e sêda, sabemos que "o que é raro é bastante apreciado", embora por vezes se dê o oposto: ninguém gosta de ser "**a ovelha negra**" (figura 5). Recentemente verificou-se que a **biotecnologia** pode dar um contributo no **sector têxtil** quer em termos de novos produtos, quer em termos de novos processos ou métodos.

De modo simples, em termos de produto, a **biotecnologia**, pode contribuir para:

- aumentar nos níveis de produção de **fibras já existentes** (aspecto quantitativo).
- desenvolvimento de **novas fibras**, com propriedades físicas 'melhoradas' - (aspecto qualitativo).

A cor dos jeans, ou ganga, tem um nome: indigo. O indigo era inicialmente de origem vegetal, mas posteriormente foi substituído por produtos sintéticos. Nas suas vias de síntese usam-se anilina, formaldeído e outros produtos químicos muito tóxicos, que obrigam a medidas de protecção especiais quer para trabalhadores, quer para o meio ambiente. Ao indigo sintético comercializado durante finais do século XIX e durante o século XX, vieram recentemente juntar-se 'versões biológicas de indigo', que, no caso da empresa 'Genencor International' (www.genencor.com) foi testada com bactérias de *E. coli*, e não em plantas... As bactérias de *E. coli* geneticamente modificadas possuem as enzimas adequadas para que, de modo simples, num processo que ocorre na água e a partir de matérias-primas simples (como o açúcar) sejam produzidas: indigo, dióxido de carbono e biomassa degradável. (www.epa.gov/opptintr/bio tech/pdf/bistat99.pdf (na página 22, dados referentes a este caso)

Fitoglicogénio- polímero que resulta a vias metabólicas de síntese de amido n quais uma, ou mais enzimas está ausentes ou inactivas dado que informação genética «que as comandam assim o determina».



Figura 3a



Figura 3b

Figura 3a e 3b - A clorofila é responsável pela cor verde característica do 'Mundo Vegetal', no qual contudo muitos outros pigmentos existem para dar uma multiplicidade de cores e tons.

Antocianinas- são responsáveis por cores muito atractivas vermelhos, púrpuras azulados- de muitas flores, frutos hortícolas, incluindo amoras, groselha: cerejas, morangos, uvas, couve roxa, entre muitos outros casos. Sabe-se que é vasto número de diferentes antocianina existentes na natureza... e, a sua cor determinada pela sua estrutura molecular (ou seja, o modo como as suas moléculas 'se ordenam') mas também pela natureza físico-química do meio em que existem.

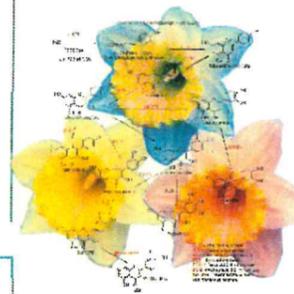


Figura 4 - As vias da biossíntese de pigmentos foram estudadas e a sua 'complexidade' decifrada.



Figura 5 - A coloração de lã das ovelhas estudada em genética e melhoramento animal e, no conjunto das cores que naturalmente existem o 'preto' é apenas uma entre tantas cores...

Fibras já existentes - entre as fibras já existentes o algodão permanece como a 'fibras líder' a nível mundial. Até à data a maioria dos protocolos de modificação genética do algodoeiro incidiram na área de Protecção de Plantas.

Caso das cores de fibras de algodão

O algodão colorido foi desenvolvido pelos Povos Inca e Azteca há cerca de 4500 anos, bem como por outros Povos antigos da América, Ásia, África e Austrália. Os cientistas já identificaram 39 espécies de algodão com fibras coloridas. Na maioria destas espécies primitivas o algodão possuía fibras coloridas, sobretudo de tons castanhos, tendo também sido descritos tons de verde, amarelo, azul e cinza.

Estes algodões foram durante um certo tempo rejeitados pela indústria têxtil mundial, que até proibiu a sua exploração em vários países porque podia contaminar os vulgares algodões brancos. Estes tipos coloridos foram preservados pelos povos nativos em colecções de algodão.

Uso da biotecnologia na produção de algodão colorido

Os progressos obtidos até agora com algodão colorido derivam da exploração do germoplasma natural de algodão, através dos métodos do melhoramento genético tradicionais. O uso da biotecnologia para transferir genes que controlam a expressão de vários tons de cores, a partir do algodão selvagem para as modernas cultivares de algodão, é um dos objectivos das empresas de biotecnologia.

Assim o desenvolvimento de algodão transgénico com 'coloração intensa' (por ex.: azuis ou vermelhos) poderá, no futuro (...) constituir-se como uma alternativa aos métodos usuais de tinturaria que sabemos recorrerem a corantes e tintas. No entanto, a biotecnologia já deu alguns passos nesta área dos corantes e pigmentos, mas sobretudo com microorganismos (bactérias, fungos, por ex.) onde surgiram algumas inovações.

Algumas experiências de desenvolvimento de algodoeiro transgénico cujo algodão fosse de cor azul foram ensaiadas pela empresa Agracetus (www.agracetus.org, actualmente ligada a outra empresa). Mais dados sobre 'O impacto da biotecnologia na indústria têxtil' disponíveis (em inglês) em <http://fungus.org.uk/cv/impctcv.htm>

Passemos agora das indústrias texteis (figura 6) para outro tipo de indústrias, ligadas aos fármacos e vamos explorar um caso interessante:

Caso da papoila

A papoila que existe nos nossos campos (figura 7) é diferente da planta do ópio- (*Papaver somniferum* Linn.) que sintetiza cerca de 25 alcalóides nas suas raízes, folhas e/ou frutos (cápsulas) e também nos seus caules, alguns dos quais têm elevadas actividades biológicas e farmacológicas e uma grande importância económica. A colheita da planta do ópio é feita de dois modos para a obtenção de matéria-prima para a produção de alcalóides:

A cápsula bem madura é lancetada e o látex que dela sai forma ópio, colhido após coagulação na parede da cápsula;

A cápsula seca bem como parte do pedúnculo são colhidos e debulhados para recolha da casca após separação das sementes.

Os alcalóides da Papoila são depois, por reacções químicas, extraídos do ópio ou das cascas da cápsula/pedúnculo. De acordo com uma convenção das Nações Unidas de 1998 foi permitida esta cultura a alguns países, nomeadamente a Índia. Nesta convenção é feito um pedido: a Índia deve para além de vigiar o tráfico ilegal destes produtos, desenvolver novas cultivares e técnicas de processamento que permitam ao mesmo tempo: aumentos nas produções de alcalóides e reduções nas áreas de cultivo, ou seja obter mais produto a partir de menos plantas....

Será uma missão impossível? De facto é possível: os programas de melhoramento fixaram como objectivo o desenvolvimento de cultivares que acumulem maiores níveis de morfina, codeína, papaverina (entre outros compostos) na casca da cápsula, para extracção industrial. Para tal decorrem protocolos que envolvem, por exemplo, o gene *aco*, que aumenta o volume da parede do carpelo onde os alcalóides são acumulados. Esse gene é um gene candidato para a modificação genética da planta do ópio.

Para saber mais sobre:

- enriquecimento nutricional de alimentos derivados de plantas- Neodiet- Projecto Europeu (já terminado em 31 de Outubro de 2001) em: www.ifm.bbsrc.ac.uk/neodiet/

- modificação genética da planta do ópio- Na Austrália decorrem protocolos cujo objectivo é a modificação das vias de produção de alcalóides, cujos detalhes existem disponíveis em www.health.gov.au/ogtr/pdf/volsys/pr91.pdf

Algodão - Comité Consultivo Internacional do Algodão www.icac.org (em espanhol) e documentação em arquivo do Comité (em inglês), www.icac.org/ icac/CottonInfo/tis/biotech/documents/recorderdocs/english.html.

Algodão colorido e hereditariedade da cor das fibras - É geralmente controlada por um gene dominante mas existem alelos em diferentes loci. O gene para a cor verde está no locus *Lg*, situado no cromossoma 15 do genoma D do algodão Americano (*G. hirsutum*). Sabe-se que alguns tons das cores são altamente influenciadas pelo ambiente (raios solares), sendo os verdes mais afectados do que os tons castanhos.

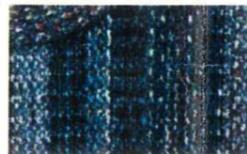


Figura 6 - A indústria têxtil poderá beneficiar de alguns avanços da biotecnologia.

Sector Têxtil Português e Investigação - Realçamos dois institutos/Organismos que têm conduzido investigações nestas áreas: CITEVE (www.citeve.pt) e INETI (www.ineti.pt).

Papoila- planta nativa da região oeste do Mediterrâneo e introduzida na Índia no início do século XVI. Cerca de 70 % (mais de dois terços) da produção mundial ocorre na Índia. É uma cultura «sob vigilância» e «muito controlada». De facto, as áreas destinadas ao seu cultivo precisam de ter uma autorização para isso. O número de hectares é assim restrito.

Papaver somniferum L.- erva anual que pode atingir 1,2m de altura cujas flores podem ser de cor branca, rosa, vermelha ou púrpura. O ópio e seus derivados são usados na indústria farmacêutica como analgésicos, hipnóticos e sedativos.

Alcalóide - um de vários grupos de substâncias orgânicas alcalinas (tal como a morfina e a nicotina) obtidas a partir de plantas. Os alcalóides por reacção com ácidos formam sais de utilidade em medicina.



Figura 7 - A planta do ópio é uma planta diferente das 'papoilas' que existem nos nossos campos.

Alcalóides da Papoila- a procura dos alcalóides da papoila, particularmente de morfina e compostos afins (no alívio de dores e de tosse) tem disparado: 10 toneladas em 1983; 55 toneladas em 1997 e 75 toneladas em 2001!

Fontes consultadas

Cumming, R. (1995). Comentar a Arte. Livr. Civilização Ed., 104 pp

Guérin, A. (1957). Humanité et Substances. Bibl. Scientifique 30, Ed. du Griffon Neuchatel (Suisse)

Hennen, G. (1999). Quality From A Young Plant Perspective. Plant Biotechnology and In Vitro Biology in the 21st Century, A. Altman *et al.* (eds), 643-645. Kluwer Acad. Publ.

Kossmann, J. *et al.* (1999). Engineering carbohydrate metabolism in transgenic plants. Plant Biotechnology and In Vitro Biology in the 21st Century, A. Altman *et al.* (eds), 579-582. Kluwer Acad. Publ.

Larkins, B.A. *et al.* (1999). Genetic Manipulation for the production of high lysine corn. Plant Biotechnology and In Vitro Biology in the 21st Century, A. Altman *et al.* (eds), 583-590. Kluwer Acad. Publ.

Mol, J. *et al.* (1999). How genes paint flowers. Plant Biotechnology and In Vitro Biology in the 21st Century, A. Altman *et al.* (eds), 597-600. Kluwer Acad. Publ.

Shelley, S. *et al.* (1993). Dyeing to conform. *Chem. Engineering* (March): 69-70.

Pickrell, J. (2002). Less crying in the kitchen: tasty, tearfree onions on the horizon. Science News (www.sciencenews.org/20021019/fob3.asp)

Prajapati, S. *et al.* (2001). The floral androcarpel organ (ACO) mutation permits high alkaloid yields in opium poppy *Papaver somniferum*. *Curr. Sci.* 81(8): 1109-12.

Taber's Cyclopedic Medical Dictionary, 2001.

www.krishworld.com

Imagens:

www.freefoto.com

www.freephoto.com

www.webshots.com

Escolas Participantes

Escola Profissional de Desenvolvimento Rural de Serpa
Escola Profissional do Alto Minho Interior
Escola Profissional Agrícola do Rodo Régua
Escola de Viticultura e Enologia da Bairrada Anadia
Escola Profissional Agrícola de Torres Vedras Runa



Ministério da
Agricultura,
do Desenvolvimento
Rural e das Pescas



instituto de soldadura
e qualidade

Conteúdo Científico

Dr.ª Maria Alexandra Viegas Abreu Lima - Departamento de Protecção de Plantas EAN-INIA

Concepção Gráfica e Tratamento Digital de Imagem

Daniela Parchow Figueiredo - Centro de Edição - ISQ