

ANTINUTRIENTES NA ALIMENTAÇÃO HUMANA

Paulo Figueiredo*

Resumo

Os alimentos de origem vegetal constituem frequentemente uma fonte acessível de proteínas e outros nutrientes, em sociedades de baixos recursos. No entanto, em diversos destes alimentos, a biodisponibilidade desses nutrientes é reduzida, devido à presença de substâncias sintetizadas pelas próprias plantas e conhecidas como antinutrientes. Dada a crescente importância dos alimentos de origem vegetal na dieta humana, é necessária uma melhor compreensão dos mecanismos de interação destes antinutrientes com outros componentes dos alimentos e com o organismo humano, bem como identificar tecnologias capazes de anular ou minimizar a sua actividade.

Palavras-Chave: antinutrientes; alimentos de origem vegetal; alimentos geneticamente modificados

Abstract

Plant based foods are often used as an alternative protein source by developing societies. However, the biological availability of these proteins, together with other plant nutrients, is often hampered by the presence of antinutrients, compounds produced by the plants as a response against external aggressions. As vegetable foods play a major role in our diet, it is of crucial importance the knowledge of the interactions between those compounds and the human organism and with other food components, as well as the identification of technological processes to inhibit or decrease their activity.

Keywords: antinutrients; plant based foods; genetically modified organisms

1. Introdução

Os legumes e leguminosas constituem um importante grupo de alimentos de origem vegetal, sendo uma fonte alternativa e barata de proteína, quando a proteína animal não se encontra disponível, como sucede em diversos países em desenvolvimento. Para além das proteínas, estes alimentos também fornecem à dieta quantidades adequadas de minerais, vitaminas e hidratos de carbono. No entanto, a disponibilidade biológica destes nutrientes está limitada pela presença de várias substâncias antimetabólicas ou antifisiológicas, conhecidas como antinutrientes. Entre estas incluem-se os inibidores das proteases, factores de flatulência, polissacáridos não amiláceos, lectinas, ácido fítico, aminoácidos não proteicos, saponinas e compostos fenólicos¹.

As plantas produzem diversos compostos considerados não essenciais, os chamados metabolitos secundários. Entre eles encontram-se diversos compostos benéficos para o ser humano (vitaminas, antioxidantes, anticarcinogénicos, ...). Parte destes compostos são sintetizados pelas plantas como resposta activa a agressões externas de microrganismos, insectos, aves e animais e neles se incluem os chamados antinutrientes. Embora não sendo geralmente tóxicos, são compostos que reduzem o valor nutricional do alimento, ao tornar um nutriente essencial em não disponível ou não digerível pelo ser humano e/ou outros animais. No entanto, em doses elevadas, diversos antinutrientes podem apresentar toxicidade². O processo de domesticação das plantas foi, ao longo dos tempos, reduzindo o teor destes compostos, mas também a resistência das plantas, usadas na alimentação humana, relativamente a diversas doenças.

2. Principais antinutrientes na alimentação humana e animal

Uma das defesas mais comuns das plantas é a rápida síntese de inibidores das proteases, pequenas proteínas que inibem as proteases digestivas dos agressores (habitualmente

insectos), conduzindo a uma redução no seu crescimento ou mesmo à sua morte³. Outras proteínas antinutritivas das plantas incluem as enzimas oxidativas, tais como a polifenol oxidase, a peroxidase, a lipoxigenase⁴, as quais destroem ou modificam os aminoácidos e ácidos gordos dietéticos e as enzimas degradadoras de aminoácidos essenciais arginase e desaminase da treonina⁵.

Os inibidores das proteases são substâncias proteicas abundantes entre os vegetais, incluindo as sementes dos legumes e cereais mais cultivados³, actuando como conservantes e pesticidas. Podem agrupar-se em 10 famílias distintas, de acordo com as suas sequências de aminoácidos e as proteinases que inibem⁶. Estes antinutrientes inibem a actividade das enzimas proteolíticas no aparelho digestivo dos animais. A maioria inibe as proteases do estômago (pepsinas) e do intestino delgado (tripsina e quimotripsina). Outro grupo de bloqueadores enzimáticos, os inibidores da amilase, afectam as enzimas responsáveis pela digestão do amido. São considerados como o antinutriente mais importante presente na soja, sendo que os métodos de processamento comercial desta são essencialmente destinados à destruição da sua actividade (sobretudo por desnaturação térmica), mais do que a qualquer outro dos diversos antinutrientes existentes na soja⁷. A destruição ou inactivação dos inibidores da protease, em conjunto com outros antinutrientes termosensíveis (lectinas, substâncias causadoras de bócio, antivitaminas, fitatos) é acompanhada por uma clara melhoria do valor nutricional da fonte de proteínas⁸.

O ácido fítico encontra-se presente em quantidades importantes em muitas dos principais legumes e oleaginosas, incluindo soja, colza e semente de algodoeiro. O ácido fítico é um forte quelante, formando complexos com proteínas e minerais, resultando numa redução da sua biodisponibilidade⁹. Entre os minerais que formam complexos insolúveis com o ácido fítico encontram-se o cálcio, magnésio, zinco, cobre, ferro e molibdénio. É possível remover parte do ácido fítico do alimento por extracção com água ou tratamento em autoclave¹⁰. Também foi experimentada, com sucesso, a adição de suplementos de fitase para degradar os complexos formados e aumentar a biodisponibilidade dos minerais e proteínas¹¹.

A α -tomatina, um glicoalcalóide, é o principal antinutriente existente em tomates. O seu teor diminui durante a maturação e desaparece quase totalmente se os frutos maduros forem deixados na planta 2 ou 3 dias⁴. As batatas contêm solanina e outros glicoalcalóides, mas também alguns fenóis e inibidores da protease. A solanina é um inibidor da colinesterase, encontrado em batatas verdes, sendo estável ao calor e solúvel em água. No trigo, aveia e centeio existem inibidores da amilase e nas sementes de girassol pode encontrar-se um inibidor da arginase¹².

As lectinas são glicoproteínas comuns nos legumes e algumas oleaginosas, auxiliando na ligação de bactérias fixadoras de azoto às suas raízes. Estes compostos possuem afinidade por alguns açúcares e são capazes de se ligar a receptores membranares dos hidratos de carbono. *In vitro*, as lectinas provocam a aglutinação das células do sangue dos vertebrados¹³. Em ratos, foi verificada a interferência com a absorção e transporte de nutrientes (hidratos de carbono) durante a digestão¹⁴ e estabelecida uma relação com a origem de lesões no epitélio intestinal¹⁵. Muitas lectinas são resistentes à inactivação por calor seco, sendo necessário um nível mais elevado de humidade para sua completa destruição¹⁶.

Os glucosinolatos ocorrem naturalmente nas plantas brassicáceas, em particular no género *Brassica*, incluindo as oleaginosas colza (*B. napus*, *B. campestris*), mostarda (*B. nigra*) e crambe (*Crambe abyssinica*). Não sendo eles próprios prejudiciais, os glucosinolatos produzem toxinas após hidrólise enzimática (devido à libertação da enzima associada mirosinase, quando a planta é esmagada). As toxinas produzidas (agentes antitiróide) são causadoras de bócio e inibidoras do crescimento. Entre elas encontram-se isotiocianatos, tiocianatos, goitrina e nitrilos. A goitrina é o agente antitiróide mais potente, impedindo a ligação de iodo à tiróide, não podendo este processo ser invertido, mesmo por suplementação da dieta com iodo¹⁷. Os glucosinolatos são termoresistentes, podendo ser ingeridos e hidrolisados no tracto digestivo pela respectiva flora microbiana. No entanto, há indicações de que poderão ser eficazmente extraídos do alimento por água quente, bases

diluídas ou misturas de solventes orgânicos¹⁸.

O gossipol é um polifenol existente nas glândulas produtoras de pigmentos da semente do algodoeiro (*Gossypium spp*)¹⁷, actuando como pesticida. Após ingestão actua como inibidor de diversas desidrogenases¹⁹. Em animais não ruminantes, o gossipol reduz a capacidade de transporte de oxigénio pelo sangue, podendo provocar dificuldades respiratórias e edema pulmonar¹⁹.

Os fenóis, e em particular os polifenóis, encontrados na generalidade das plantas, são presença constante nas dietas humana e animal. São considerados antinutrientes devido à sua capacidade de reduzir a digestibilidade das proteínas, quer por se ligarem a estas, provocando a sua precipitação, quer por inibição das enzimas digestivas²⁰. Alguns polifenóis possuem também a capacidade de complexar minerais, impedindo a sua absorção intestinal. Os taninos são polifenóis existentes em alimentos de origem vegetal como o sorgo, a fava, o feijão-de-lima, a farinha de semente de girassol e a colza. Estes compostos interferem com a digestão devido à sua actividade anti-tripsina e anti-amilase²¹ e/ou por se ligarem a enzimas digestivas ou ainda por se ligarem directamente às proteínas¹². Os taninos também possuem capacidade de se complexar com a vitamina B₁₂²². Os efeitos tóxicos do ácido clorogénico, um tanino comum, podem ser contrariados por suplementação da dieta com colina e metionina, mas o ácido clorogénico pode ser removido de algumas plantas através de métodos de extracção comuns²³.

As saponinas existem em diversas plantas, incluindo leguminosas e oleaginosas (feijão comum, lentilhas, ervilhas, grão, luzerna, soja, amendoim, tremço e girassol). Estes compostos interferem com a absorção de lípidos, colesterol, ácidos biliares e vitaminas A e E²⁴.

Os compostos cianogénicos ocorrem em diversas plantas e legumes, incluindo a mandioca, grão, feijão comum, feijão-de-lima, dólico do Egipto, ervilha forrageira, ervilha de Angola, ervilha-sabre e linhaça. Apesar de não serem tóxicos, após hidrólise os compostos cianogénicos libertam cianeto de hidrogénio, o qual é tóxico. A hidrólise, pelas enzimas associadas, é facilitada após danos físicos ou imersão em água. Essas enzimas são, no entanto, facilmente destruídas através de aquecimento ou cozedura²⁵.

Os agentes latirogénicos são compostos tóxicos encontrados em plantas do género *Lathyrus*, como o chícharo (*L. cicera*), cizirão-de-torres (*L. clymenum*) e chícharo comum (*L. sativus*). O consumo destes compostos origina uma doença chamada latirismo, cujos sintomas incluem lesões ósseas, desenvolvimento sexual retardado e paralisia. As toxinas podem ser removidas por cozedura em água e posterior remoção do excesso de água e por torrefacção a temperaturas elevadas²⁵.

Os ácidos gordos ciclopropénicos são ácidos gordos tóxicos encontrados nas sementes de algodoeiro e sementes de baobá. Os sinais de toxicidade incluem a inibição dos sistemas de desaturases dos ácidos gordos, com a consequente alteração do metabolismo dos lípidos e anomalias histológicas, incluindo necrose do hepatócito, deposição anormal de glicogénio no fígado, aparição de “fibras” no citoplasma do hepatócito, proliferação de ductos biliares e fibrose²⁶. Existe bastante evidência de que os ácidos gordos ciclopropénicos são carcinogénicos²⁶. Apesar de estes compostos poderem ser removidos das oleaginosas por métodos de extracção de lípidos, podem permanecer pequenos teores (~0.01%), os quais são ainda preocupantes.

O ácido erucíco é um ácido gordo presente no óleo de colza, considerado cardiotoxico em ratos²⁷.

As exorfinas, encontradas no trigo e em lacticínios, possuem uma actividade opiácea semelhante à morfina, podendo também bloquear ou estimular os receptores da endorfina. Supõe-se que estes compostos actuam como reguladores externos das funções intestinais, podendo estar ligados a doenças gastro-intestinais²⁸.

Os alergénios são proteínas termoestáveis com capacidade de estimular o desafio antigénico ou a actividade imunológica após a sua ingestão, provocando hipersensibilidade gastrointestinal⁸. A soja é um dos vegetais mais conhecidos por conter proteínas globulares, com este efeito, nas suas sementes.

Os fitoesteróis apresentam actividade estrogénica e encontram-se em diversos alimentos de origem vegetal, como o trigo, arroz, grão, luzerna, tremoço, amendoim, linhaça e soja. Entre estes compostos contam-se as isoflavonas, das quais a mais relevante é a genisteína, a qual para além da actividade estrogénica também inibe o crescimento e conduz a níveis elevados de zinco no fígado e nos ossos e provoca um aumento na deposição de cálcio, fósforo e manganésio nos ossos²⁹.

Diversos aminoácidos naturais tóxicos foram identificados em plantas. A mimosina encontra-se nas folhas de ipil-ipil (*Leucaena leucocephala*) e é um inibidor de transaminases, da descarboxilase da tirosina, de diversas metaloenzimas, da sintetase da cistationina e da cistationase²⁵. A canavanina encontra-se nas sementes do legume sesbania (*Sesbania* spp) e feijão-sabre (*Canavalia* spp) e é um antagonista da arginina. A dihidroxifenilalanina encontra-se na fava e mucuna-anã (*Stizolobium deeringianuum*) e pensa-se ser responsável pela ocorrência de anemia hemolítica (favismo)²⁵.

Vários factores anti-vitâmicos foram isolados de plantas. Um factor antivitaminas A, resistente ao calor e capaz de destruir o caroteno encontra-se na soja. Também na soja encontra-se um factor antivitaminas D, o qual interfere com a absorção de cálcio e fósforo, embora seja destruído por tratamento em autoclave. Um factor antivitaminas E encontrado em feijão comum, soja, luzerna e ervilha forrageira, provoca necrose do fígado e distrofia muscular, sendo também destruído em autoclave. Um factor antivitaminas K está presente no meliloto. Um factor antitiamina foi detectado em semente de algodoeiro, linhaça, feijão-da-China e mostarda. No sorgo encontra-se um factor antiniacina. Na linhaça existe um factor antipiridoxina, o qual é destruído por extracção com água e em autoclave. Na soja encontra-se ainda um factor antivitaminas B₁₂²⁵.

O oxalato, encontrado no tomate, espinafres, ruibarbo e outros vegetais, é um factor de risco para a formação de cálculos renais e reduz a biodisponibilidade de cálcio, magnésio, ferro e zinco^{25,30}.

3. Antinutrientes nos alimentos geneticamente modificados

As plantas geneticamente modificadas podem apresentar diferentes níveis de antinutrientes, devido ao processo de inserção de um novo gene, o qual pode danificar outros genes presentes na planta. Tal hipótese ainda não se verificou em plantas geneticamente modificadas actualmente presentes no mercado. No entanto, as agências reguladoras aconselham a avaliação de teores de toxinas e antinutrientes nessas plantas e a sua comparação com os teores existentes em plantas obtidas por processos tradicionais³¹.

Na União Europeia é aplicado o princípio da equivalência substancial. Todos os organismos geneticamente modificados capazes de se reproduzir e alimentos processados obtidos a partir de organismos geneticamente modificados, que não apresentem equivalência substancial com os organismos de origem, requerem uma autorização específica dos estados membros para a sua comercialização. No caso de existir equivalência substancial, o produto pode ser comercializado apenas com uma notificação³².

Na maioria dos OGM, os níveis de antinutrientes encontram-se na mesma gama dos organismos não transformados. A legislação não indica quais os antinutrientes que têm que ser analisados e declarados em cada planta.

A modificação genética em plantas utilizadas na alimentação ou em rações animais está em rápido desenvolvimento, mas poucos dados existem relativamente a efeitos nutricionais, tóxicos e antinutricionais a longo prazo. A impossibilidade de previsão sobre a região de integração do novo ADN no organismo hospedeiro é uma das principais razões para a dificuldade de previsão de tais efeitos. Se os ensaios analíticos realizados para determinar a composição química destes novos alimentos não indicarem diferenças significativas relativamente aos principais constituintes, comparados com os organismos não modificados, pode considerar-se que também não existirão alterações metabólicas capazes de produzir quantidades significativas de toxinas ou antinutrientes³¹.

Os resultados até agora publicados indicam não existir diferença significativa nos teores de antinutrientes entre as plantas geneticamente modificadas e as culturas tradicionais. Por exemplo, as alterações genéticas introduzidas em batatas não afectaram o teor de ácido

clorogénico³³. Numa outra planta geneticamente modificada, a soja, não foi verificada divergência nos níveis de inibidores da tripsina, lectina, isoflavonas e fitato, relativamente a variedades tradicionais. Verifica-se ainda que em ambos os tipos de soja, os teores de antinutrientes são reduzidos por tratamento térmico³¹.

4. Consequências para a dieta humana

Enquanto os medicamentos contêm geralmente um único composto activo, o qual é específico e dirigido a um único órgão alvo, os alimentos são compostos por vários componentes, os quais poderão interagir com diversos órgãos do corpo do consumidor. O impacto destas interacções é muito menor que as verificadas com um medicamento, mas o seu consumo é contínuo durante toda a vida de um indivíduo, enquanto que o consumo de um produto farmacêutico é habitualmente limitado a um curto período de tempo. Outra diferença reside no facto de que os componentes alimentares interagem entre si, enquanto os medicamentos são administrados numa forma purificada visando a máxima bioeficiência. Na última década diversos alimentos funcionais entraram no mercado e simultaneamente cresceu a procura por produtos nutracêuticos (compostos bioactivos dos alimentos sob forma farmacêutica). A estrutura molecular da maioria dos ingredientes bioactivos destes produtos é conhecida, mas falta informação sobre: a sua interacção com outros componentes alimentares, a sua metabolização após consumo, qual o seu efeito sobre o organismo e quais os seus órgãos alvo, sendo fácil de entender a necessidade de um estudo aprofundado sobre a interacção dos compostos bioactivos com os antinutrientes, com vista ao desenvolvimento e aplicação das novas descobertas no domínio da biotecnologia alimentar.

A maioria dos efeitos antinutrientes resultam do consumo de alimentos crus, já que a maioria das substâncias com efeito antinutriente são inactivadas ou a sua actividade reduzida a um nível inferior ao de toxicidade ou antimetabólico se forem adoptadas técnicas de processamento, como demolhar, aquecer a seco, ferver, esterilizar, macerar ou germinar. No entanto, alguns antinutrientes, constituindo uma percentagem relativamente elevada, não são completamente (ou mesmo parcialmente) eliminados por esses métodos³⁴. Como exemplos, temos o caso dos glicoalcalóides que não são destruídos pela cozedura, nem mesmo por fritura e alguns bloqueadores enzimáticos que são resistentes à cozedura.

Tendo em conta os claros benefícios que uma dieta rica em vegetais apresenta, em particular em locais com carências nutricionais, será necessário aumentar os conhecimentos sobre métodos e tecnologias existentes e desenvolver a aplicação de técnicas de processamento simples e de baixo custo, capazes de eficazmente garantir a ausência de antinutrientes nestes produtos, ou pelo menos a sua redução para níveis inócuos. Uma outra alternativa de actuação poderá passar por processos de redução dos teores de antinutrientes nas próprias plantas, através de métodos de manipulação genética ou outros.

Referências bibliográficas

¹ Siddhuraju, P., Becker, K., Makkar, H. P. S., 2000. "Studies on the nutritional composition and antinutritional factors of three different germplasm seed materials of an under-utilized tropical legume, *Mucuna pruriens* var. *utilis*". J. Agric. Food Chem. 48, 6048-6060.

² Isong, E. U., Essien, I. B., 1996. "Nutrient and antinutrient composition of three varieties of Piper species". Plant Foods for Human Nutrition 49, 133-137.

³ Major, I. T., Constabel, C. P., 2008. "Functional analysis of the Kunitz Trypsin inhibitor family in poplar reveals biochemical diversity and multiplicity in defense against herbivores". Plant Physiol. 146, 888-903.

⁴ Duffey, S. S., Felton, G. W., 1991. "Enzymatic antinutritive defenses of the tomato plant against insects". Hedin, P. A. (ed.) Naturally Occurring Pest Bioregulators. ACS Press, Washington, DC.

⁵ Chen, H., Gonzales-Vigil, E., Wilkerson, C. G., Howe, G. A., 2007. "Stability of plant defense proteins in the gut of insect herbivores". Plant Physiol. 143, 1954-1967.

⁶ Rawlings, N. D., Tolle, D. P., Barrett, A. J., 2004. "Evolutionary families of peptidase inhibitors". Biochem. J. 378, 705-716.

- ⁷ Krogdahl, Å., Lea, T. B., Olli, J. J., 1994. "Soybean protease inhibitors affect intestinal trypsin activities and amino acid digestibilities in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)". *Comp. Biochem. Physiol., A* 107, 215-219.
- ⁸ Rumsey, G. L., Hughes, S. G., Winfree, R. A., 1993. "Chemical and nutritional evaluation of soya protein preparations as primary nitrogen sources for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)". *Animal Feed Sci. Technol.* 40, 135-151.
- ⁹ Hossain, M. A., Jauncey, K., 1993. "The effects of varying dietary phytic acid, calcium and magnesium levels on the nutrition of the common carp, *Cyprinus carpio*". Kaushik, S. J. Luquet, P. (eds.), *Fish Nutrition in Practice*, Biarritz, France, June 24-27, 1991. Paris, Colloques de l'INRA 61, 705-715.
- ¹⁰ Hossain, M. A., Jauncey, K., 1990. "Detoxification of linseed and sesame meal and evaluation of their nutritive value in the diet of common carp (*Cyprinus carpio* L.)". *Asian Fish. Sci.* 3, 169-183.
- ¹¹ Lei, X., Ku, P. K., Miller, E. R., Ullrey, D. E., Yokoyama, M. T., 1993. "Supplemental microbial phytase improves bioavailability of dietary zinc to weanling pigs". *J. Nutr.* 123, 1117-1123.
- ¹² Hagerman, A. E., Robbins, C. T., Weerasuriya, Y., Wilson, T. C., McArthur, C., 1992. "Tannin chemistry in relation to digestion". *J. Range Manage.* 45, 57-62.
- ¹³ Lord, J. M., Roberts, L. M., Robertus, J. D., 1994. "Ricin: structure, mode of action, and some current applications". *FASEB J.* 8, 201-208.
- ¹⁴ Santiago, J. G., Levy-Benshimol, A., Carmona, A., 1993. "Effect of *Phaseolus vulgaris* lectins on glucose absorption, transport, and metabolism in rat everted intestinal sacs". *J. Nutr. Biochem.* 4, 426-430.
- ¹⁵ Oliveira, A. C., Vidal, B. C., Sgarbieri, V. C., 1989. "Lesions of intestinal epithelium by ingestion of bean lectins in rats". *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* 35, 315-322.
- ¹⁶ Coffey, D. G., Uebersax, M. A., Hosfield, G. L., Bennink, M. R., 1993. "Thermal extrusion and alkali processing of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.)". *J. Food Processing Preservation* 16, 421-431.
- ¹⁷ Huisman, J., Tolman, G. H., 1992. "Antinutritional factors in the plant proteins of diets for non-ruminants". Garnsworthy, P. C., Haresign, W., Cole, D. J. A. (eds.) *Recent Advances in Animal Nutrition*. Butterworth-Heinemann Ltd. Oxford.
- ¹⁸ Liener, I. E., 1989. "Antinutritional factors in legume seeds: state of the art". Huisman, J., van der Poel, A. F. B., Liener, I. E. (eds.) *Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds*. Pudoc, Wageningen.
- ¹⁹ Zhang, W.-J., Xu, Z.-R., Pan, X.-L., Yan, X.-H., Wang, Y., 2007. "Advances in gossypol toxicity and processing effects of whole cottonseed in dairy cows feeding". *Livestock Sci.* 111, 1-9.
- ²⁰ Ferguson, L. R., 2001. "Role of plant polyphenols in genomic stability". *Mutation Res.* 475, 89-111.
- ²¹ Helsper, J. P. F. G., Hoogendijk, J. M., van Norel, A., Burger-Meyer, K., 1993. "Antinutritional factors in faba beans (*Vicia faba* L.) as affected by breeding toward the absence of condensed tannins". *J. Agric. Food Chem.* 41, 1058-1061.
- ²² Liener, I. E., 1980. *Toxic constituents of plant foodstuffs*. 2nd edition, New York and London, Academic Press.
- ²³ Dominguez, H., Nunez, M. J., Lema, J. M., 1993. "Chlorogenic acid removal during aqueous processing of sunflower kernels". *Grasas y Aceites* 44, 235-242.
- ²⁴ Jenkins, K. J., Atwal, A. S., 1994. "Effects of dietary saponins on fecal bile acids and neutral sterols, and availability of vitamins A and E in the chick". *J. Nutr. Biochem.* 5, 134-137.
- ²⁵ Tacon, A. G. J., 1997. "Fishmeal replacers: Review of antinutrients within oilseeds and pulses – A limiting factor for the aquafeed Green Revolution?". Tacon, A. G. J., Basurco B. (eds.) *Feeding Tomorrow's Fish*. Zaragoza, CIHEAM-IAMZ.
- ²⁶ Hendricks, J. D., Bailey, G. S., 1989. "Adventitious toxins". Halver, J. E. (ed.), *Fish Nutrition* (2nd edition), Academic Press Inc., New York.
- ²⁷ Kramer, J. K. G., Sauer, F. D., Wolynetz, M. S., Farnworth, E. R., Johnston, K. M., 1992. "Effects of dietary saturated fat on erucic acid induced myocardial lipidosis in rats". *Lipids* 27, 619-623.
- ²⁸ Stępnik, M., Kurek, M., 1999. "The influence of casein-derived exorphins on mast cells in rodents". *Rev. Fr. Allergol. Immunol. Clin.* 39, Suppl. 1, 57-59.
- ²⁹ Magee, A. C., 1963. "Biological responses of young rats fed diets containing genistin and genistein". *J. Nutr.* 80, 151-156.
- ³⁰ Gélinas, B., Seguin, P., 2007. "Oxalate in grain amaranth". *J. Agric. Food Chem.* 55, 4789-4794.
- ³¹ Novak, W. K., Haslberger, A. G., 2000. "Substantial equivalence of antinutrients and inherent plant toxins in genetically modified novel foods". *Food Chem. Toxicol.* 38, 473-483.

³² Directive (EC) No. 258/97 of the European Parliament and Council (27/01/1997). Official Journal of the European Communities L43, /1-614.2.1997.

³³ Amylogene, 1996. "Genetically modified starch potato with altered starch composition". Notification dossier C/SE/96/3501.

³⁴ Siddhuraju, P., Osoniyi, O., Makkar, H. P. S., Becker, K., 2002. "Effect of soaking and ionising radiation on various antinutritional factors of seeds from different species of an unconventional legume, *Sesbania* and a common legume, green gram (*Vigna radiata*)". Food Chem. 79, 273-281.