

# VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA AGRO-ALIMENTAR ATRAVÉS DO DESENVOLVIMENTO DE INGREDIENTES FUNCIONAIS E NUTRACÊUTICOS

Paulo Figueiredo\*

## Resumo

A actividade agro-alimentar gera anualmente grandes quantidades de resíduos, cuja valorização é mínima ou nula. Actualmente, apenas uma pequena parte é aproveitada para alimentação directa de animais ou para compostagem. Tendo em conta que esses resíduos contêm importantes teores de nutrientes e de compostos bioactivos, são aqui identificadas vias alternativas de aproveitamento, nomeadamente através da produção de alimentos funcionais e de produtos nutracêuticos. Esta estratégia de gestão de resíduos, para além de valorizar fortemente um subproduto, diminui consideravelmente a carga poluente resultante da actividade agro-industrial.

**Palavras-Chave:** gestão de resíduos; alimentos funcionais; nutracêuticos

## Abstract

Each year, the agri-food activity produces large amounts of waste, which are often discarded. Only a minor percentage is used for feeding without transformation or for composting. As this waste contains important amounts of nutrients and bioactive compounds, routes for their recovery and valorization are here identified, in particular those concerning the production of functional foods and nutraceuticals. The adoption of such strategy of waste management also results in a strong decrease of its pollution burden.

**Keywords:** waste management; functional foods; nutraceuticals

## 1.Introdução

A maioria dos produtos cultivados em terra arável é descartada como resíduos. Só na Europa são produzidos anualmente mais de 200 milhões de toneladas de resíduos e subprodutos alimentares. A legislação Europeia relativa a esta área encoraja a redução da deposição em aterros de resíduos biodegradáveis e incentiva fortemente a recuperação, reciclagem e valorização de resíduos alimentares e outros resíduos biodegradáveis para obtenção de produtos úteis, para a produção de biogás e de energia<sup>1</sup>.

A composição química da maioria dos resíduos não é equilibrada, contendo embora um considerável teor de nutrientes. A ciência e a tecnologia actuais concentram-se principalmente nos 5% da produção anual que podem ser facilmente utilizados como nutrientes após operações simples de processamento. Os restantes 95% requerem um processamento mais complexo, físico, químico ou biotecnológico, antes de poderem ser utilizados como alimentos ou rações para animais. De entre estes 95% de resíduos, os orgânicos (palha, estrume,...) são os mais facilmente convertíveis em alimentos.

Também os efluentes e resíduos da indústria alimentar contêm um elevado teor de compostos orgânicos, o que se reflecte num custo elevado de tratamento para evitar casos de poluição. A extracção de produtos secundários úteis (proteínas, óleos, açúcares, vitaminas, corantes ou antioxidantes) pode ser uma alternativa interessante relativamente à sua eliminação.

Nos últimos anos, os consumidores tornaram-se mais exigentes relativamente a alimentos promotores da saúde, os quais, além de seguros e nutritivos, promovam actividades metabólicas específicas. O termo alimento funcional surgiu no Japão em meados da década de 1980. Alimentos funcionais são componentes alimentares capazes de proporcionar

benefícios fisiológicos demonstráveis ou de reduzir o risco de doenças crônicas, para além das suas funções nutricionais básicas. Os alimentos funcionais podem ser resultado da adição de um ingrediente, do processamento ou de uma modificação genética. Mais recentemente, alguns alimentos funcionais têm sido designados por nutracêuticos, grupo onde também se incluem os alimentos prebióticos e probióticos. Os nutracêuticos (compostos bioactivos dos alimentos sob forma farmacêutica) incorporam extractos de alimentos ou de compostos fitoquímicos, aos quais se atribui, directa ou indirectamente, um benefício fisiológico, não existindo na Europa qualquer tipo de regulamentação relativa a estes produtos. Os alimentos funcionais estão sujeitos a regulamentação, mas os nutracêuticos não<sup>ii</sup>.

A colocação no mercado de um produto nutracêutico é mais rápida que para um produto farmacêutico, pois maioritariamente são alimentos ou seus ingredientes, muitos deles regularmente consumidos pelo ser humano como parte da dieta. É, no entanto, importante ter em atenção que uma vez que estes produtos não são consumidos da forma habitual nos alimentos, as doses podem não ser inócuas e poderão ocorrer efeitos secundários. Uma limitação no desenvolvimento dos produtos nutracêuticos está relacionada com a passagem dos ensaios laboratoriais para a produção em grande escala, o que é mais complexo em reacções biológicas que em reacções químicas.

As duas vias mais utilizadas para converter resíduos orgânicos em produtos úteis são a alimentação directa de animais ou a transformação industrial. Em função do processo industrial utilizado, os resíduos são divididos em três categorias: 1) substratos ricos em celulose, pouco usados, excepto como combustível em algumas zonas, os quais podem constituir uma boa base para rações de ruminantes; 2) resíduos ricos em açúcares e amido, que são mais facilmente acessíveis e permitem obter proteína unicelular mais facilmente; 3) estrume.

A conversão microbiana, através de processos fermentativos, produz produtos ricos em proteína. Se os microrganismos utilizados forem mantidos em conjunto com o resto dos resíduos orgânicos usados como substrato, o produto designa-se por produto de biomassa microbiana. Se os microrganismos forem separados do substrato, o produto designa-se proteína unicelular, cuja composição nutricional é superior à dos substratos iniciais e cuja digestibilidade supera a de fontes clássicas de proteína de elevada qualidade.

## **2. Possíveis estratégias de valorização**

### **2.1. Produção de rações de elevado valor nutricional**

Os resíduos agro-industriais podem ser valorizados por via microbiana. Na Nigéria, resíduos de cereais utilizados na indústria cervejeira, farelo de arroz, farinha de palmito, farelo de milho e películas de mandioca foram tratados com fungos, de modo a aumentar o teor em proteínas e reduzir o teor de hidratos de carbono complexos. O teor proteico e os níveis de energia aumentaram em todos os resíduos ensaiados. Também os açúcares solúveis aumentaram, acompanhados por uma diminuição no teor de fibra bruta. O efeito da bioconversão foi mais pronunciado nos resíduos dos cereais usados na indústria cervejeira<sup>iii</sup>. Resultados semelhantes foram obtidos com palha de centeio<sup>iv</sup>. Estes resíduos transformados foram ensaiados como alimento de galinhas poedeiras, sendo que estas aumentaram significativamente a sua produtividade quando alimentadas com resíduos dos cereais usados na indústria cervejeira e farelo de arroz<sup>3</sup>.

### **2.2. Alimentos funcionais e produtos nutracêuticos**

A celulose é o principal constituinte dos resíduos agrícolas. É renovável e está muito disponível para utilização como substrato para fermentação. No entanto, a celulose não ocorre numa forma pura. Está sempre associada à lenhina e hemiceluloses. Para que a celulose possa ser atacada por microrganismos, é necessário tratar os materiais por métodos físicos ou químicos<sup>v</sup>.

Estes materiais linhocelulósicos, a maior reserva de hidrocarbonetos renováveis, podem ser usados para produzir proteína unicelular. Em alternativa podem ser directamente usados para produzir alimentos, como os cogumelos *Volvariella volvacea*<sup>vi</sup> e *Pleurotus ostreatus*<sup>vii</sup>. Os cogumelos contêm importantes teores proteicos. A sua cultura requer condições simples. Em poucas semanas, sob condições de temperatura e humidade tropicais, crescem vários rebentos de cogumelo.

É possível produzir análogos de carne, a partir do crescimento de bolores *Fusarium* sp. em substratos amilosos de baixo custo, com adição de azoto inorgânico (para síntese proteica) e minerais. O objectivo é produzir um tipo de proteína unicelular. O micélio do bolor (origina a textura fibrosa, semelhante a carne) é crescido em tanques, separado por filtração, e são adicionados gordura e *flavours* de carne<sup>viii</sup>.

Na Indonésia convertem-se resíduos agro-alimentares, como bagaços de prensagem de amendoim e coco, em alimentos de elevada qualidade, chamados “ontjom” e “bongkrek”, utilizando bolores. O bolor cresce no meio das partículas, unindo-as em blocos que depois poderão ser cortados em pedaços e usados em sopas<sup>ix</sup>. Estes produtos de baixo custo são análogos a produtos cárneos. O teor de aflatoxinas, normalmente existente nos bagaços de amendoim, é reduzido<sup>x</sup>.

Estes processos permitem aumentar a quantidade e qualidade de proteína em zonas do planeta nas quais os alimentos tradicionais são sobretudo ricos em amido. Os alimentos podem ser produzidos a nível artesanal e possuem flavour, textura e valor nutricional aceitáveis.

A partir dos resíduos alimentares também podem ser obtidos óleos para uso alimentar. Pode extrair-se eficazmente óleo, a partir de todos os produtos secundários do processamento de arroz, utilizando CO<sub>2</sub> supercrítico. Esse óleo possui qualidade alimentar equivalente à do óleo extraído por processos tradicionais. O bagaço resultante é rico em proteínas de elevada qualidade e em fosfatídeos<sup>xi</sup>. O principal factor limitante nesta tecnologia é o preço elevado do equipamento, embora devido ao elevado teor do óleo em  $\gamma$ -orizanol e outros antioxidantes como a vitamina E, este produto possa ser comercializado como nutracêutico.

Durante o processamento de sumos de frutos ou bebidas deles derivadas, são produzidas grandes quantidades de resíduos, os quais são frequentemente descartados ou usados como produtos de baixo valor. Podem ser extraídos diversos antioxidantes a partir destes resíduos<sup>xii</sup>. A pele da maçã é considerada um ingrediente alimentar de valor acrescentado, pois o seu teor em fitoquímicos torna-a benéfica para a saúde<sup>xiii</sup>. Os resíduos de carambola são uma excelente fonte de antioxidantes fenólicos (principalmente proantocianidinas) para uso como nutracêuticos ou aditivos em alimentos funcionais<sup>xiv</sup>. Quando os morangos são processados para obter sumo ou puré, é produzida uma grande quantidade de resíduos contendo aquénios. Este resíduo pode ser uma potencial fonte de nutracêuticos<sup>xv</sup>.

Os fitoesteróis são triterpenos semelhantes ao colesterol, tanto em estrutura como em função (estabilização das duplas camadas de fosfolípidos nas membranas celulares). São conhecidos mais de 100 fitoesteróis em plantas, sendo os mais abundantes o sitosterol, stigmasterol e campesterol. São utilizados nas áreas farmacêutica (produção de esteróides terapêuticos), alimentar (aditivos anti-colesterol em alimentos funcionais) e cosmética (cremes, batons)<sup>xvi</sup>. Actualmente procuram-se métodos eficazes para extracção de fitoesteróis a partir de fontes naturais, nomeadamente resíduos da produção de óleos vegetais e do processamento da celulose. A dificuldade de utilização dos fitoesteróis como suplementos alimentares advém da sua não solubilidade em água e baixa solubilidade em óleos, sendo necessário esterificá-los com ácidos gordos, de modo a poderem ser usados em alimentos funcionais<sup>16</sup>. Além da capacidade de redução do colesterol, os fitoesteróis

também possuem propriedades anti-inflamatórias e anti-aterogénicas<sup>16</sup> O único efeito secundário conhecido da ingestão de fitoesteróis é uma redução no teor de carotenóides<sup>xvii</sup>. Os compostos fenólicos funcionam como antibióticos, pesticidas naturais, atraindo polinizadores, protegendo contra radiação UV, materiais impermeabilizadores das células contra gases e água, e materiais estruturais para as plantas. Os taninos condensados e os hidrolisáveis são conhecidos por provocar precipitação de proteínas, o que os torna antinutrientes, mas também lhes permite um efeito benéfico sobre a saúde<sup>xviii</sup>.

A oxidação do colesterol, em particular na forma LDL, conduz à formação de placas nas artérias, conduzindo a doenças cardiovasculares. Os compostos fenólicos, como os extraídos das películas de amêndoas e avelãs, impedem essa oxidação<sup>xix</sup>. Esses mesmos extractos inibem a formação de radicais peroxi, os quais conduzem a mutações no DNA e à sua degradação, originando cancros nos seres humanos.

Os resíduos do extracto oleoso de diversas oleaginosas contêm compostos fenólicos e exibem forte capacidade antioxidante, permitindo o seu uso como antioxidantes naturais para a protecção de óleos e gorduras<sup>xx</sup>. Os lípidos e as gorduras estão sujeitos a degradação oxidativa, associada à formação de peróxidos e hidroperóxidos, os quais podem ser prejudiciais à saúde. As gorduras insaturadas são particularmente vulneráveis à oxidação. Os antioxidantes evitam a formação destes produtos e sua posterior degradação. Esses produtos de degradação originam flavours e odores desagradáveis, podendo mesmo levar à rancidez do produto. Os antioxidantes têm capacidade de atrasar o processo de rancificação, contribuindo para o aumento do tempo de prateleira dos alimentos. Os antioxidantes obtidos a partir dos resíduos de carambola reduzem mais eficazmente o processo de rancificação dos óleos do que o BHT (hidroxitolueno butilado), um dos antioxidantes sintéticos mais utilizados pela indústria alimentar<sup>14</sup>.

Da imensa quantidade de resíduos vegetais produzidos pela indústria agro-alimentar europeia, apenas uma pequena quantidade permitiu a obtenção eficaz de antioxidantes. Estão neste caso os extractos de sementes de uva e os de resíduos do azeite<sup>xxi</sup>. Existem outros candidatos, com produções anuais elevadas e alto potencial antioxidante como a maçã, o tomate e a alcachofra<sup>21</sup>. Outros produtos existem, cujo potencial antioxidante é conhecido, tais como o morango, pera, beterraba vermelha ou brócolos, no entanto os seus resíduos não têm sido utilizados para obtenção de compostos fenólicos. Existem três factores limitantes que levam a que tal suceda: eficácia de recuperação e extracção, possibilidade de comercializar os extractos obtidos e a adequação prática para utilização em produtos alimentares, cosméticos ou farmacêuticos<sup>21</sup>.

Estudos epidemiológicos mostram existir relação entre o consumo de alimentos de origem vegetal e diversos benefícios para a saúde. Boa parte desses benefícios estão associados aos polifenóis, em particular antocianinas, proantocianidinas, flavanonas, isoflavonas, resveratrol e ácido elágico. Para além dos polifenóis, podem incluir-se na lista de compostos bioactivos provenientes das plantas os glucosinolatos, compostos sulfurados das Alliaceae e diversos terpenóides (fitoesteróis, carotenóides, monoterpenos).

As propriedades bioactivas destes compostos estão maioritariamente associadas às suas propriedades antioxidantes (capacidade de sequestrar radicais livres). Estes radicais livres estão envolvidos na origem de doenças degenerativas crónicas (aterosclerose, oxidação do ADN e cancro, envelhecimento, inflamações, ...).

As propriedades atribuídas às antocianinas puras ou em extractos incluem benefícios sobre a capacidade visual, a função cognitiva cerebral, a obesidade, protecção relativamente a úlceras, ao risco cardiovascular e na prevenção do cancro. Um dos aspectos mais importantes relacionados com o efeito benéfico das antocianinas sobre a saúde é a sua

biodisponibilidade. O teor de antocianinas medido no plasma é geralmente baixo e varia muito em função da fonte (tipo de fruto) ou da matriz usada (sumo, extracto, cápsulas)<sup>xxii</sup>. A absorção das antocianinas é rápida, tal como a sua eliminação pela urina. A proporção de antocianinas absorvidas e excretadas é inferior a 0.1% do total ingerido, permanecendo desconhecido o destino metabólico de uma significativa parte das antocianinas ingeridas.

As proantocianidinas são o segundo grupo de compostos fenólicos mais abundantes, após a lenhina. Entre os seus efeitos benéficos para a saúde, a maior atenção centra-se na sua acção sobre o sistema vascular, incluindo o aumento da actividade antioxidante no plasma, diminuição da fracção de colesterol LDL e de substâncias oxidativas originadas pela tensão, entre outras<sup>xxiii</sup>. Outros efeitos benéficos em humanos incluem a redução da retenção de fluidos em mulheres na pós-menopausa<sup>xxiv</sup>.

Estudos, quer em animais quer em humanos, mostram que as proantocianidinas poliméricas não são absorvidas nessa forma. Após atravessarem o intestino delgado, são metabolizadas em ácidos fenólicos simples por microrganismos existentes no cólon<sup>xxv</sup>. Também não são detectadas formas oligoméricas em humanos, após consumo de elevadas quantidades desses compostos<sup>2</sup>. Estudos realizados *in vivo* não mostraram quaisquer efeitos colaterais do consumo de proantocianidinas<sup>2</sup>.

As flavanonas mais representativas e estudadas são as agliconas naringenina e hesperetina e os correspondentes glicósidos naringina<sup>xxvi</sup> e hesperidina<sup>xxvii</sup>, abundantes nos citrinos. Diversos estudos *in vitro* e em animais mostram uma variada actividade biológica e farmacológica incluindo antioxidante, hipocolesterolémica<sup>xxviii</sup>, hipoglicémica<sup>xxix</sup>, prevenção de perda de massa óssea e anti-tumoral<sup>xxx</sup>.

Ainda existem poucos dados sobre a biodisponibilidade de flavanonas em humanos, sendo que a sua absorção é fraca, pois as concentrações máximas detectadas no plasma situam-se na gama do nM a  $\mu\text{M}$ <sup>xxxi</sup>.

O resveratrol é o mais estudado dos estilbenos, compostos largamente distribuídos no mundo vegetal, embora pouco consumidos na nossa dieta. O interesse pelo resveratrol advém de lhe terem sido atribuídos efeitos de protecção cardíaca<sup>xxxii</sup> e anticancerígena<sup>xxxiii</sup>. Estudos, quer em animais quer em humanos, demonstram uma baixa biodisponibilidade do resveratrol. A biodisponibilidade do resveratrol em humanos não parece ser afectada pela matriz alimentar<sup>xxxiv</sup>.

Estudos sobre a toxicidade do resveratrol indicam não existir efeitos adversos, excepto quando são administradas doses exageradamente elevadas<sup>xxxv</sup>. O resveratrol já ultrapassou a Fase-I de ensaios clínicos (dose segura, efeitos secundários e tolerância do organismo) e entrou na Fase-II relativamente à prevenção do cancro do colon<sup>2</sup>.

As isoflavonas pertencem ao grupo dos chamados fitoestrogénios, estando entre os polifenóis mais estudados. As actividades biológicas mais importantes são a melhoria em sintomas relacionados com a pós-menopausa<sup>xxxvi</sup>, doenças cardiovasculares, função cognitiva e cancros da mama e da próstata<sup>2</sup>.

Em geral, a biodisponibilidade das isoflavonas é superior à dos restantes polifenóis<sup>2</sup>.

Mais de 100 milhões de toneladas de peixe são capturadas anualmente, em todo o mundo, sendo que aproximadamente 30% são usados para farinha de peixe, rações para animais, ensilagem de peixe, óleo de peixe e adubos, devido às suas fracas propriedades funcionais. Mais de 50% do total de capturas são descartados como resíduos ou subprodutos e a quantidade destes materiais vem aumentando<sup>xxxvii</sup>. Estes subprodutos possuem componentes de elevada qualidade, os quais podem ser utilizados para consumo humano, devido ao seu importante teor em proteínas e minerais e à possibilidade de conversão em produtos de maior valor por hidrólise enzimática<sup>xxxviii</sup>. Estes compostos podem ser extraídos

e purificados com tecnologias que variam do simples ao complexo. Os compostos bioactivos podem incluir peptídeos bioactivos, oligossacáridos, ácidos gordos, enzimas, minerais hidrossolúveis e biopolímeros para aplicações biotecnológicas e farmacêuticas. Alguns desses compostos possuem potencial nutracêutico<sup>xxxix</sup>.

Entre as propriedades bioactivas encontradas nos peptídeos encontram-se antihipertensiva<sup>xi</sup>, antitrombótica, imunomodulatória<sup>xii</sup> e antioxidante<sup>xiii</sup>. Outra das propriedades destes peptídeos é a aceleração da absorção de cálcio<sup>xiiii</sup>. O cálcio está ligado a diversas doenças crónicas como a osteoporose, osteoartrite, doenças cardiovasculares, diabetes, obesidade e cancro<sup>xliv</sup>.

A espinha dorsal dos peixes é uma das maiores fracções dos resíduos da pesca e contém cerca de 30% de proteína, a qual é uma potencial fonte de nutracêuticos, em particular peptídeos com actividade antioxidante, cuja actividade é semelhante à do  $\alpha$ -tocoferol como retardante da peroxidação lipídica e mesmo superior, após purificação. Todos estes peptídeos obtidos por hidrólise exercem uma acção sinérgica quando misturados com  $\alpha$ -tocoferol<sup>37</sup>. A sua actividade é particularmente elevada com radicais hidroxilo, a mais potente das espécies reactivas de oxigénio, reagindo muito eficazmente com moléculas biológicas como aminoácidos, proteínas e ADN<sup>xlv</sup>.

Nos resíduos da pesca também se contam grandes quantidades de cascas e carapaças de marisco, provenientes das indústrias de transformação destes. Este material possui grande potencial para bioconversão em produtos de valor acrescentado, nomeadamente quitina, a qual é já comercialmente obtida por esta via, e ainda quitosano e outros oligómeros. A quitina e o quitosano podem ser obtidos por tratamentos químicos ou microbianos<sup>37</sup>.

A quitina, o quitosano e seus oligómeros possuem propriedades estruturais e funcionais que os tornam interessantes para diversas aplicações nos campos da alimentação e nutrição, biomedicina, biotecnologia, agricultura e protecção ambiental. O quitosano e os seus oligómeros são eficazes na redução do nível de colesterol LDL no fígado e no sangue<sup>xlvi</sup>. Também foram demonstradas propriedades anti-tumorais *in vitro*<sup>xlvii</sup> e *in vivo*<sup>xlviii</sup> dos oligómeros. A quitina e o quitosano são utilizados no tratamento de feridas, devido às suas propriedades imunoestimulantes<sup>xlix</sup>. O quitosano e os seus oligómeros, sobretudo aqueles com peso molecular inferior a 5 kDa e com 90% de desacetilação, foram os primeiros compostos em que foi identificada capacidade de inibição da enzima  $\beta$ -secretase<sup>l</sup>. Esta enzima desempenha um papel importante na doença de Alzheimer ao provocar a acumulação progressiva, no cérebro, de peptídeos de  $\beta$ -amilose em agregados fibrilares e placas não solúveis, o que resulta em graves perdas de memória e morte das células neuronais. O quitosano e seus oligómeros também possuem actividade antioxidante, sobretudo os de mais baixo peso molecular e mais elevado grau de desacetilação<sup>li</sup>. A quitina e seus derivados também inibem a enzima conversora da angiotensina, associada à hipertensão<sup>lii</sup> e ainda são usados na ministração de medicamentos, de modo a obter uma actuação mais controlada<sup>liii</sup>.

Os resíduos de pele de peixe podem ser utilizados para isolar colagénio e gelatina, os quais são actualmente utilizados nas indústrias alimentar, cosmética e biomédica. Para além da pele, também se pode isolar colagénio a partir dos ossos e barbatanas dos peixes<sup>37</sup>. O colagénio e a gelatina obtidos a partir dos resíduos de pescado poderão ser uma boa alternativa às fontes tradicionais, peles de bovinos e suínos, devido a razões religiosas no caso dos suínos e ao relacionamento com a BSE no caso dos bovinos.

O colagénio é habitualmente usado nas indústrias médica e farmacêutica como molécula de transporte para medicamentos, proteínas e genes<sup>liv</sup> e na formação de tecidos e órgãos e na

expressão funcional de células<sup>lv</sup>. Outros estudos indicam que a ingestão de hidrolisados de colagénio/gelatina reduzem as dores em doentes que sofrem de osteoartrite e que o colagénio hidrolisado está envolvido na síntese de matrizes de cartilagem<sup>lvi</sup>. Finalmente, o colagénio e a gelatina são actualmente comercializados como suplementos para manutenção da integridade dos ossos, tratamento de unhas quebradiças e para alimentação do couro cabeludo<sup>55</sup>.

Os resíduos de peixe também podem ser convertidos em óleo. O teor em gordura do pescado varia entre 2 e 30%, mas é desaconselhado pescar apenas para obter óleo devido à escassez de recursos. Portanto, os resíduos, sobretudo as partes gordas, poderão ser processados para obter óleo de peixe para consumo humano. A composição do óleo de peixe é diferente da de outros óleos, sendo sobretudo rico em dois ácidos gordos, o ácido eicosapentaenóico (EPA) e o ácido docosahexaenóico (DHA). Estes são ácidos gordos polinsaturados  $\omega$ -3, facilmente digeríveis favorecendo a produção de energia e com diversas bioactividades<sup>55</sup>, como antiatrogénica e antitrombótica<sup>lvii</sup>. O óleo de peixe possui efeito protector contra doenças cardíacas devido à diminuição dos níveis de triacilgliceróis no soro, à melhoria na função vascular endotelial, ao abaixamento da pressão sanguínea e à diminuição de inflamações<sup>lviii</sup>. Outros estudos demonstram que os ácidos gordos  $\omega$ -3 actuam na prevenção de arritmias<sup>lix</sup>. O consumo de óleo de peixe tem efeitos benéficos contra a diabetes mellitus. Este óleo melhora muitas das sequelas metabólicas causadas pela resistência à insulina, ao baixar a pressão sanguínea e a concentração de triacilgliceróis<sup>lx</sup>. Para além disto, o consumo de óleo de peixe acelera a absorção de glucose e mantém o metabolismo regular de glucose<sup>lxi</sup>. Os ácidos gordos EPA e DHA apresentam acção anti-inflamatória<sup>lxii</sup>, e aumentam a sobrevivência de pessoas com doenças auto-imunes<sup>lxiii</sup>. Os ácidos gordos  $\omega$ -3 do óleo de peixe estarão associados ao desenvolvimento cerebral<sup>lxiv</sup> e serão importantes na visão e no funcionamento do sistema reprodutivo<sup>lxv</sup>.

As espinhas dos peixes são compostas por 30% de material orgânico, onde o principal componente é o colagénio e 70% de minerais, sobretudo fosfato de cálcio e hidroxiapatite<sup>37</sup>. Deste modo, as espinhas de peixe poderão constituir uma outra alternativa para a obtenção de colagénio e de cálcio, embora existam poucos dados sobre a biodisponibilidade do cálcio obtido por esta via<sup>37</sup>.

A hidroxiapatite foi introduzida recentemente como material para enxertos ósseos em aplicações médicas e dentárias. Assim, as espinhas de peixe são uma importante fonte para aplicações biomédicas, devido à presença de hidroxiapatite como principal componente inorgânico. A sua separação das espinhas requer um tratamento a temperatura elevada, o qual confere uma maior força à estrutura da hidroxiapatite e produz uma substância inorgânica biocompatível<sup>lxvi</sup>.

Os órgãos internos dos peixes são uma boa fonte de enzimas. Diversas enzimas proteolíticas, entre as quais pepsina, tripsina, quimotripsina e colagenase, são correntemente extraídas em grande escala, a partir de vísceras de peixe<sup>37</sup>. As proteinases do peixe têm melhores propriedades que outras proteinases, nomeadamente maior eficácia catalítica a baixa temperatura, menor sensibilidade à concentração do substrato e maior estabilidade numa gama mais vasta de pH<sup>lxvii</sup>. Estas enzimas podem ser usadas para produzir compostos bioactivos em larga escala<sup>lxviii</sup>. Outras enzimas isoladas a partir de vísceras de pescado são as quitinases e quitosanases, as quais permitem a recuperação de quitina e quitosano, a partir de resíduos da pesca<sup>37</sup>.

Os ovos de peixe são uma boa fonte de lectinas, as quais têm potencial utilização como nutracêuticos, não tendo ainda sido explorados nesse sentido<sup>lxix</sup>.

### 3. Conclusões

Num mercado global e extremamente competitivo, descobrir vantagens nutricionais ou ingredientes bioactivos de elevado valor, que permitam reivindicar benefícios para a saúde em produtos de baixo valor, como os resíduos agro-alimentares, pode ser uma importante via para a sua valorização. A utilização destes resíduos como alimentos é, por vezes, limitada pela contaminação química e microbiana ou pela não aceitação organoléptica ou psicológica por parte dos consumidores. Estes problemas terão que ser ultrapassados, para se poder tirar proveito da conversão de resíduos em alimentos.

Para avaliar o potencial nutricional dos produtos obtidos por bioconversão de resíduos, deve ser seguida uma estratégia em quatro passos:

- a) Passo analítico, para determinação dos principais componentes, de custo relativamente baixo, pelo que é aconselhável fazer o máximo de análises possíveis, de modo a obter um perfil analítico completo e maior informação sobre o potencial nutricional do produto;
- b) Ensaio de aceitabilidade, incluindo ensaios curtos com frangos e porcos. Estes ensaios determinam se a inclusão de doses moderadas a elevadas do produto em avaliação afectam a digestibilidade e estado geral de saúde. O ganho de peso também é medido, como primeira estimativa grosseira do valor nutricional;
- c) Determinação da digestibilidade com frangos e porcos. Determina-se também o valor energético (energia metabolizável pelos frangos e energia digestível para os porcos);
- d) Previsão do valor nutricional. Para além de frangos e porcos, nestes ensaios também são usadas galinhas poedeiras. Parte ou todos os componentes da dieta ricos em proteína são substituídos pelo produto em avaliação e mede-se o ganho de peso, produção de ovos, eficácia de conversão de alimentos e qualidade do produto.

O segundo e especialmente o quarto passos permitem a inclusão de ensaios toxicológicos, pois os animais consomem quantidades moderadas a elevadas durante períodos longos.

Para além das duas possíveis estratégias de valorização de resíduos sugeridas, conversão em alimentos ou em suplementos alimentares, existem outras alternativas ou vias complementares de valorização, como sejam na indústria de cosméticos ou na produção de energia.

A actividade biológica de diversos destes produtos derivados de resíduos agro-alimentares está baseada em estudos científicos, mas as propriedades terapêuticas reivindicadas para os produtos nutracêuticos têm muito pouco suporte científico, já que a maioria dos estudos são realizados *in vitro* ou em animais. Os ensaios clínicos em humanos são raros e não conclusivos. Ainda não foram estabelecidos alguns parâmetros essenciais, como biodisponibilidade, metabolismo, relação dose/resposta e toxicidade, quer relativamente aos compostos bioactivos quer aos próprios produtos nutracêuticos.

---

<sup>i</sup> Accessed Feb. 2008, “*Food for thought – using the unusable*”, European Commission – Research – Industrial technologies, in

[http://ec.europa.eu/research/industrial\\_technologies/articles/article\\_733\\_en.html](http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/articles/article_733_en.html)

<sup>ii</sup> Espín, J. C., García-Conesa, M.T., Tomás-Barberán, F. A., 2007. “Nutraceuticals: facts and fiction”. *Phytochemistry* 68, 2986-3008.



- iii Iyayi, E. A., Aderolu, Z. A., 2004. "Enhancement of the feeding value of some agro-industrial by-products for laying hens after their solid state fermentation with *Trichoderma viride*". African J. Biotechnol. 3, 182-185.
- iv Han, Y. W., 1978. "Microbial utilization of straw". Adv. Appl. Microbiol. 23, 119-153.
- v Cowling, E. B., Kirk, T. K., 1976. "Properties of cellulose and ligno-cellulosic materials as substrates for enzymatic conversion processes". Biotech. Bioeng. Symp. 6, 95-123.
- vi Chang, S.-T., 1972. "The Chinese mushroom (*Volvariella volvacea*) – Morphology, cytology, genetics. Nutrition and cultivation", The Chinese University of Hong Kong Press.
- vii Eger, G., Eden, G., Wissig, E., 1976. "*Pleurotus ostreatus* – Breeding potential of a new cultivated mushroom". Theoret. Appl. Genet. 47, 155-163.
- viii Spicer, A., 1971. "Protein production by micro-fungi". Trop. Sci. 13, 239-250.
- ix van Veen, A. G., Steinkraus, K. H., 1970. "Nutritive value and wholesomeness of fermented foods". J. Agric. Food Chem. 18, 576-578.
- x van Veen, A. G., Graham, D. C. W., Steinkraus, K. H., 1968. "Fermented peanut press cake". Cereal Sci. Today 13, 96-99.
- xi Ramsay, M. E., Hsu, J. T., Novak, R. A., Reightler, W. J., 1991. "Processing rice bran oil by supercritical fluid extraction". Food Technol. 30, 98-104.
- xii Moure, A., Cruz, J. M., Franco, D., Dominguez, J. M., Sineiro, J., Dominguez, H., Núñez, M. J., Parajó, J. C., 2001. "Natural antioxidants from residual sources". Food Chem. 72, 145-171.
- xiii Wolfe, K. L., Liu, R. H., 2003. "Apple peels as a value-added food ingredient". J. Agric. Food Chem. 51, 1676-1683.
- xiv Shui, G., Leong, L. P., 2006. "Residue from star fruit as valuable source for functional food ingredients and antioxidant nutraceuticals". Food Chem. 97, 277-284.
- xv Aaby, K., Skrede, G., Wrolstad, R. E., 2005. "Phenolic composition and antioxidant activities in flesh and achenes of strawberries (*Fragaria ananassa*)". J. Agric. Food Chem. 53, 4032-4040.
- xvi Fernandes, P., Cabral, J. M. S., 2007. "Phytosterols: Applications and recovery methods". Biores. Technol. 98, 2335-2350.
- xvii Kritchevsky, D., Chen, S. C., 2005. "Phytosterols – health benefits and potential concerns: a review". Nutr. Res. 25, 413-428.
- xviii Shahidi, F., 2007. "Nutraceuticals and functional foods in health promotion and disease risk reduction". Based on keynote presentation at IUFOST Conference, Shanghai, China.
- xix Mercanligil, S. M., Arslan, P., Alasalvar, C., Okut, E., Akgül, E., Pinar, A., Geyik, P. Ö., Tokgözoğlu, L., Shahidi, F., 2007. "Effect of hazelnut enriched diet on plasma cholesterol and lipoprotein profiles in hypercholesterolemic men". Eur. J. Clin. Nutr. 61, 212-220.
- xx Matthaas, B., 2002. "Antioxidant activity of extracts obtained from residues of different oilseeds". J. Agric. Food Chem. 50, 3444-3452.
- xxi Peschel, W., Sánchez-Rabeneda, F., Diekmann, W., Plescher, A., Gartzia, I., Jiménez, D., Lamuela-Raventós, R., Buxaderas, S., Codina, C., 2006. "An industrial approach in the search of natural antioxidants from vegetable and fruit wastes". Food Chem. 97, 137-150.
- xxii Manach, C., Williamson, G., Morand, C., Scalbert, A., Remesy, C., 2005. "Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies". Am. J. Clin. Nutr. 81 (1 Suppl.), 230S-242S.
- xxiii Williamson, G., Manach, C., 2005. "Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. II. Review of 93 intervention studies". Am. J. Clin. Nutr. 81, 243S-255S.
- xxiv Christie, S., Walker, A. F., Hicks, S. M., Abeyasekera, S., 2004. "Flavonoid supplement improves leg health and reduces fluid retention in pre-menopausal women in a double-blind, placebo-controlled study". Phytomedicine 11, 11-17.
- xxv Depréz, S., Brezillon, C., Rabot, S., Philippe, C., Mila, I., Lapiere, C., Scalbert, A., 2000. "Polymeric proanthocyanidins are catabolized by human colonic microflora into low-molecular-weight phenolic acids". J. Nutr. 130, 2733-2738.
- xxvi Garg, A., Garg, S., Zaneveld, L. J., Singla, A. K., 2001. "Chemistry and pharmacology of the citrus bioflavonoid hesperidin". Phytother. Res. 15, 655-669.
- xxvii Manach, C., Donovan, J. L., 2004. "Pharmacokinetics and metabolism of dietary flavonoids in humans". Free Radic. Res. 38, 771-785.
- xxviii Jeon, S. M., Kim, H. K., Kim, H. J., Do, G. M., Jeong, T. S., Park, Y. B., Choi, M. S., 2007. "Hypocholesterolemic and antioxidative effects of naringenin and its two metabolites in high-cholesterol fed rats". Translat. Res. 149, 15-21.
- xxix Jung, U. J., Lee, M. K., Jeong, K. S., Choi, M. S., 2004. "The hypoglycemic effects of hesperidin and naringin are partly mediated by hepatic glucose-regulating enzymes in C57BL/KsJ-db/db mice". J. Nutr. 134, 2499-2503.
- xxx Chiba, H., Uehara, M., Wu, J., Wang, X., Masuyama, R., Suzuki, K., Kanazawa, K., Ishimi, Y., 2003. "Hesperidin, a citrus flavonoid, inhibits bone loss and decreases serum and hepatic lipids in ovariectomized mice". J. Nutr. 133, 1892-1897.
- xxxi Mennen, L. I., Sapinho, D., Ito, H., Bertrais, S., Galan, P., Hercberg, S., Scalbert, A., 2006. "Urinary flavonoids and phenolic acids as biomarkers of intake for polyphenol-rich foods". Br. J. Nutr. 96, 191-198.
- xxxii Bertelli, A. A., Giovannini, L., Giannessi, D., Migliori, M., Bernini, W., Fregoni, M., Bertelli, A., 1995. "Antiplatelet activity of synthetic and natural resveratrol in red wine". Int. J. Tissue React. 17, 1-3.
- xxxiii Jang, M. S., Cai, E. N., Udeani, G. O., Slowing, K. V., Thomas, C. F., Beecher, C. W. W., Fong, H. H. S., Farnsworth, N. R., Kinghorn, A. D., Mehta, R. G., Moon, R. C., Pezzuto, J. M., 1997. "Cancer chemopreventive activity of resveratrol, a natural product derived from grapes". Science 275, 218-220.
- xxxiv Goldberg, D. M., Yan, J., Soleas, G. J., 2003. "Absorption of three wine-related polyphenols in three different matrices by healthy subjects". Clin. Biochem. 36, 79-87.
- xxxv Juan, M. E., Vinardell, M. P., Planas, J. M., 2002. "The daily oral administration of high doses of *trans*-resveratrol to rats for 28 days is not harmful". J. Nutr. 132, 257-260.
- xxxvi Howes, L. G., Howes, J. B., Knight, D. C., 2006. "Isoflavone therapy for menopausal flushes: a systematic review and meta-analysis". Maturitas 55, 203-211.
- xxxvii Je, J.-Y., Qian, Z.-J., Byun, H.-G., Kim, S.-K., 2007. "Purification and characterization of an antioxidant peptide obtained from tuna backbone protein by enzymatic hydrolysis". Process Biochem. 42, 840-846.
- xxxviii Šližytė, R., Rustad, T., Storrø, I., 2005. "Enzymatic hydrolysis of cod (*Gadus morhua*) by-products. Optimization of yield and properties of lipid and protein fractions". Proc. Biochem. 40, 3680-3692.
- xxxix Defelice, S. L., 1995. "The nutritional revolution: Its impact on food industry R&D". Trends Food Sci. Technol. 6, 59-61.
- xl Je, J.-Y., Park, P.-J., Kwon, J. Y., Kim, S.-K., 2005. "A novel angiotensin I converting enzyme inhibitory peptide from Allaska Pollack (*Theragra chalcogramma*) frame protein hydrolysate". J. Agric. Food Chem. 52, 7842-7845.
- xli Rajapakse, N., Jung, W.-K., Mendis, E., Moon, S.-H., Kim, S.-K., 2005. "A novel anticoagulant purified from fish protein hydrolysate inhibits factor XIIa and platelet aggregation". Life Sciences 76, 2607-2619.

- <sup>xliii</sup> Rajapakse, N., Mendis, E., Byun, H.-G., Kim, S.-K., 2005. "Purification and in vitro antioxidative effects of giant squid muscle peptides on free radical-mediated oxidative systems". *J. Nutr. Biochem.* 16, 562-569.
- <sup>xliiii</sup> Jung, W.-K., Park, P.-J., Byun, H.-G., Moon, S.-H., Kim, S.-K., 2005. "Preparation of hoki (*Johnius belengerii*) boneoligophosphopeptide with a high affinity to calcium by carnivorous intestine crude proteinase". *Food Chem.* 91, 333-340.
- <sup>xliv</sup> Anderson, J. J. B., Garner, S. C., 1996. "Calcium and phosphorus nutrition in health and disease: Introduction". In J. J. B. Anderson and S. C. Garner (Eds.), *Calcium and phosphorus in health and disease* (pp. 1-5). New York: CRC Press.
- <sup>xliv</sup> Cacciuto, M. A., Trinh, L., Lumpkin, J. A., Rao, G., 1993. "Hyperoxia induces DNA damage in mammalian cells". *Free Rad. Biol. Med.* 14, 267-276.
- <sup>xlvi</sup> Kanauchi, O., Deuchi, K., Imasato, Y., Shizukuishi, M., Kobayashi, E., 1995. "Mechanism for the inhibition of fat digestion by chitosan and for the synergistic effect of ascorbate". *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 59, 786-790.
- <sup>xlvii</sup> Tsukada, K., Matsumoto, T., Aizawa, K., Tokoro, A., Naruse, R., Suzuki, S., Suzuki, M., 1990. "Antimetastatic and growth inhibitory effects of *N*-acetylchitohexaose in mice bearing Lewis lung carcinoma". *Japanese J. Cancer Res.* 81, 259-265.
- <sup>xlviii</sup> Suzuki, K., Mikami, T., Okawa, Y., Tokoro, A., Suzuki, S., Suzuki, M., 1986. "Antitumor effect of hexa-*N*-acetylchitohexaose". *Carbohydrate Res.* 151, 403-408.
- <sup>xlix</sup> Okamoto, Y., Inoue, A., Miyatake, K., Ogihara, K., Shigemasa, Y., Minami, S., 2003. "Effects of chitin/chitosan and their oligomers/monomers on migrations of macrophages". *Macromolecular Biosci.* 3, 587-590.
- <sup>i</sup> Byun, H.-G., Kim, Y.-T., Park, P.-J., Lin, X., Kim, S.-K., 2005. "Chitooligosaccharides as a novel  $\alpha$ -secretase inhibitor". *Carbohydrate Polymers* 61, 198-202.
- <sup>ii</sup> Je, J.-Y., Park, P.-J., Kim, S.-K., 2004. "Free radical scavenging properties of hetero-chitooligosaccharides using an ESR spectroscopy". *Food Chemical Toxicol.* 42, 381-387.
- <sup>iii</sup> Park, P.-J., Je, J.-Y., Kim, S.-K., 2003. "Angiotensin I converting (ACE) inhibitory activity of hetero-chitooligosaccharides prepared from partially different deacetylated chitosans". *J. Agric. Food Chem.* 51, 4930-4934.
- <sup>iiii</sup> Vasudev, S. C., Chandy, T., Sharma, C. P., 1997. "Development of chitosan/polyethylene vinyl acetate co-matrix: Controlled release of aspirin-heparin for preventing cardiovascular thrombosis". *Biomaterials* 18, 375-381.
- <sup>liv</sup> Lee, H. C., Singla, A., Lee, Y., 2001. "Biomedical applications of collagen". *Int. J. Pharmaceutics* 221, 1-22.
- <sup>lv</sup> Kim, S.-K., Mendis, E., 2006. "Bioactive compounds from marine processing byproducts – A review". *Food Res. Int.* 39, 383-393.
- <sup>lvi</sup> Moskowitz, R. W., 2000. "Role of collagen hydrolysate in bone and joint disease". *Semin. Arthritis Reum.* 30, 87-99.
- <sup>lvii</sup> Schacky, C. V., 2000. "*n*-3 fatty acids and the prevention of coronary atherosclerosis". *Am. J. Clin. Nutr.* 71, 224S-227S.
- <sup>lviii</sup> Kris-Etherton, P. M., Harris, W. S., Appel, L. J., 2003. "Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease: New recommendations from the American Heart Association". *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* 23, 151-152.
- <sup>lix</sup> Christensen, J. H., Kroup, E., Aarøe, J., Toft, E., Møller, J., Rasmussen, K., Dyerberg, J., Schmidt, E. B., 1997. "Fish consumption, *n*-3 fatty acids in cell membranes, and heart rate variability in survivors of myocardial infarction with left ventricular dysfunction". *Am. J. Cardiol.* 79, 1670-1673.
- <sup>lx</sup> Sheehan, J. P., Wei, I. W., Ulchaker, M., Tserng, K. Y., 1997. "Effect of high fiber intake in fish oil-treated patients with non-insulin-dependent diabetes mellitus". *Am. J. Clin. Nutr.* 66, 1183-1187.
- <sup>lxi</sup> Berry, E. M., 1997. "Dietary fatty acids in the management of diabetes mellitus". *Am. J. Clin. Nutr.* 66, 991S-997S.
- <sup>lxii</sup> Belch, J. J. F., Muir, A., 1998. "*n*-6 and *n*-3 Essential fatty acids in rheumatoid arthritis and other rheumatic conditions". *Proc. Nutr. Soc.* 57, 563-569.
- <sup>lxiii</sup> Gogos, C. A., Ginopoulos, P., Salsa, B., Apostolidou, E., Zoumbos, N. C., Kalfarentzos, F., 1998. "Dietary omega-3 polyunsaturated fatty acids plus vitamin E restore immunodeficiency and prolong survival for severely ill patients with generalized malignancy". *Cancer* 82, 395-402.
- <sup>lxiv</sup> Severus, W. E., Ahrens, B., Stoll, A., Nemeroff, C. B., 1999. "Omega-3 fatty acids – the missing link?" *Arch. Gen. Psychiatry* 56, 380-381.
- <sup>lxv</sup> Rice, R., 1996. "Fish and healthy pregnancy: more than just a red herring". *Prof. Care Mother Child* 6, 171-173.
- <sup>lxvi</sup> Kim, S.-K., Park, P.-J., Kim, Y.-T., 2001. "Study on acute subcutaneous toxicity of hydroxyapatite sinter produced from tuna bone in Sprague-Dawley rats". *Kor. J. Life Sci.* 11, 97-102.
- <sup>lxvii</sup> Haard, N. F., Simpson, B. K., 1994. "Protease from aquatic organisms and their uses in the seafood industry". A. M. Martin (Ed.), *Fish processing: biotechnological applications* (pp. 132-154). London: Chapman & Hall.
- <sup>lxviii</sup> Kim, S.-K., Park, P.-J., Byun, H.-G., Je, J.-Y., Moon, S.-H., Kim, S.-H., 2003. "Recovery of fish bone from hoki (*Johnius belengerii*) frame using a proteolytic enzyme isolated from mackerel intestine". *J. Food Biochem.* 27, 255-266.
- <sup>lxix</sup> Jung, W. K., Park, P.-J., Kim, S.-K., 2003. "Purification and characterization of a new lectin from the hard roe of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*". *Int. J. Biochem. Cell Biol.* 35, 255-265.