

Diana Pilar Tavares Gomes

**Cosmecêuticos e Sustentabilidade:
reaproveitamento de subprodutos alimentares**

Faculdade de Ciências da Saúde
Universidade Fernando Pessoa
Porto, 2020

Diana Pilar Tavares Gomes

**Cosmecêuticos e Sustentabilidade:
reaproveitamento de subprodutos alimentares**

Faculdade de Ciências da Saúde
Universidade Fernando Pessoa
Porto, 2020

Diana Pilar Tavares Gomes

**Cosmecêuticos e Sustentabilidade:
reaproveitamento de subprodutos alimentares**

Diana Pilar Tavares Gomes

(assinatura)

Trabalho apresentado à Universidade
Fernando Pessoa como parte dos requisitos
para obtenção de grau de Mestre em
Ciências Farmacêuticas.

Orientadora: Professora Doutora Carla Sousa e Silva
Coorientadora: Professora Doutora Ana Cristina Vinha

Resumo

Nos últimos anos tem havido um aumento substancial da produção de resíduos alimentares, maioritariamente por parte da indústria agroalimentar, contribuindo para os elevados níveis de poluição mundiais. Estes resíduos são principalmente utilizados para adubos ou para a alimentação direta dos animais, sem sofrerem qualquer tipo de tratamento. Contudo, a partir destes subprodutos alimentares é possível extrair compostos de elevado valor, nomeadamente nutrientes e compostos bioativos, interessantes para a indústria cosmética e farmacêutica.

Todavia, durante a extração destes subprodutos é necessário ter em consideração o meio ambiente e a utilização de métodos extrativos sustentáveis, de modo a contribuir para um desenvolvimento económico e social sustentável. Para tal, é necessário dar importância à reutilização, à reciclagem e à prevenção da produção de resíduos, de forma a incentivar a exploração de subprodutos alimentares com valor acrescentado e com potencial para comercialização e aplicação em formulações cosmecêuticas.

Os cosmecêuticos surgiram da constante evolução da indústria cosmética e da procura pelos consumidores de produtos inovadores, levando ao aparecimento de novos conceitos, de que é exemplo o termo “cosmecêutico”, que teve origem na junção dos termos cosmético e fármaco, cujas características permitem a incorporação de compostos bioativos, como por exemplo vitaminas e compostos fenólicos, extraídos de subprodutos alimentares, e desta forma, contribuir para a sustentabilidade a nível mundial. Contudo, a regulamentação dos cosmecêuticos parece ainda não estar devidamente estabelecida, sendo um entrave à sua validação e comercialização.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Cosmecêuticos, Subprodutos alimentares, Compostos Bioativos, Indústria Agroalimentar, Indústria Cosmecêutica

Abstract

In recent years there has been a substantial increase in the production of food waste, mainly from the agri-food industry, contributing to the high levels of pollution worldwide. These residues are mainly used for fertilizers or for direct feeding of animals, without undergoing any type of treatment. However, from these food by-products it is possible to extract compounds of high value, namely nutrients and bioactive compounds, interesting for the cosmetic and pharmaceutical industry.

However, during the extraction of these by-products it is necessary to take into account the environment and the use of sustainable extractive methods, in order to contribute to a sustainable economic and social development. To this end, it is necessary to give importance to reuse, recycling and the prevention of waste production, in order to encourage the exploitation of food by-products with added value and with potential for commercialization and application in cosmeceutical formulations.

Cosmeceuticals arose from the constant evolution of the cosmetic industry and the demand by consumers for innovative products, leading to the emergence of new concepts, such as the term “cosmeceutical”, which originated from the combination of the terms cosmetic and pharmaceutical, whose characteristics allow incorporation of bioactive compounds, such as vitamins and phenolic compounds, extracted from food by-products, and in this way, contributing to global sustainability. However, the regulation of cosmeceuticals still seems not to be properly established, being an obstacle to its validation and commercialization.

Keywords: Sustainability, Cosmeceuticals, Food by-products, Bioactive Compounds, Agri-food Industry, Cosmeceutical Industry

Agradecimentos

À Professor Doutora Carla Sousa e Silva, por toda a disponibilidade demonstrada, por ter ouvido todas as minhas dúvidas e pela orientação neste projeto.

À Professora Doutora Ana Cristina Vinha, pela ajuda na realização deste trabalho e pela sua coorientação.

À Universidade Fernando Pessoa, pelos conhecimentos e oportunidades que me proporcionou ao longo dos últimos dois anos, de trabalhadora-estudante.

Ao meu marido, pela paciência, pela motivação e por nunca me deixar desistir, mesmo quando tudo parecia mais difícil.

Aos meus pais e ao meu irmão, por estarem sempre ao meu lado e me apoiarem nas minhas conquistas e desafios ao longo deste percurso académico.

Aos meus amigos e colegas de curso, que partilharam comigo este longo e desafiador caminho e tornaram tudo mais fácil.

A todos, um obrigado por mais uma conquista.

Índice

Resumo	v
Abstract.....	vi
Agradecimentos	vii
Índice	viii
Índice de Figuras	ix
Índice de Tabelas.....	x
Abreviaturas.....	xi
I. Introdução.....	1
II. Desenvolvimento	4
1. Cosmecêuticos	4
i. Definição e Regulamentação	4
2. Sustentabilidade	6
i. Definição	6
ii. Produção de resíduos	9
3. Cosmecêuticos a partir de subprodutos alimentares	13
i. Compostos bioativos a partir de subprodutos alimentares	16
ii. Obtenção de compostos fenólicos a partir de subprodutos.....	18
iii. Obtenção de carotenoides a partir de subprodutos	27
iv. Obtenção de colagénio a partir de subprodutos	29
4. Conclusão	31
5. Referências.....	33

Índice de Figuras

Figura 1 - Representação dos possíveis usos e pré-tratamentos dos resíduos agrícolas

Figura 2 – Estrutura química do eugenol presente no cravo

Figura 3 – Estrutura química do ácido lipoico presente em produtos cosmecêuticos

Figura 4 – Estrutura química do ácido ascórbico (vitamina C) presente em frutas e vegetais

Figura 5 – Estrutura química do resveratrol presente na uva

Figura 6 – Estrutura química da quercetina presente no bagaço da maçã

Figura 7 – Estrutura química da oleuropeína presente no azeite de oliva

Figura 8 – Estrutura química da antocianina presente no alho e na cebola

Figura 9 – Estrutura química da arbutina presente na bearberry

Figura 10 – Estrutura química da isoflavona presente na soja

Figura 11 – Estrutura química do ácido ferúlico

Figura 12 – Estrutura química da vitamina E presente na abóbora

Figura 13 – Estrutura química dos β -glicosídeos presentes nos vegetais

Figura 14 – Estrutura química do ácido p-cumárico presente no milho

Figura 15 – Estrutura química do luteína (48), cantaxantina (49), licopeno (50) e zeaxantina (51)

Figura 16 – Estrutura química do beta-caroteno presente no tomate

Figura 17 – O colagénio é sintetizado a partir de aminoácidos

Figura 18 – Cadeia de colagénio

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Produtos de valor acrescentado obtidos a partir de subprodutos alimentares

Abreviaturas

AF – Ácido ferúlico

AMPc – Adenosina 3',5'-monofosfato cíclico

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

AQP-3 – Aquaporina-3

CDSCO – Organização de Controlo Padrão de Medicamentos (do inglês “*Drugs Standard Control Organisation*”)

CE – Comissão Europeia

CMMAD – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

CSE – Extrações por Solvente Convencional (do inglês “*Conventional Solvent Extractions*”)

DNA – Ácido Desoxirribonucleico (do inglês “*deoxyribonucleic acid*”)

EFSA – Autoridade Europeia para a Segurança Alimentar (do inglês “*European Food Safety Authority*”)

EU – União Europeia (do inglês “*European Union*”)

EUA – Estados Unidos da América

FD&C Act – Federal Food, Drug, and Cosmetic Act

FDA – Food and Drug Administration

FTC – Federal Trade Commission (agência governamental)

Infarmed – Autoridade Nacional do Medicamento e Produtos de Saúde, I.P.

MMPs – Metaloproteinases de matriz

ODC – Ornitina Descarboxilase

ONU – Organização das Nações Unidas

PAR-2 – Recetor 2 ativado por protéase (do inglês “*Protease-activated receptor*”)

PCHC – Produto cosmético e de higiene corporal

PLE – Extração com líquido pressurizado (do inglês “*Extraction with pressurized liquid*”)

ROS – Espécies reativas de oxigénio (do inglês “*Reactive oxygen species*”)

SC-CO₂ – CO₂ supercrítico (do inglês “*Supercritical CO₂*”)

SFE – Extração com fluido supercrítico (do inglês “*supercritical fluid extraction*”)

SWE – Extração com água subcrítica (do inglês “*Subcritical water extraction*”)

UV – Ultravioleta

UVA – Ultravioleta A

UVB – Ultravioleta B

I. Introdução

Nos últimos anos, tem-se verificado um aumento substancial na produção de resíduos, sendo a sua grande maioria oriundos do processamento industrial, nomeadamente da indústria alimentar, que atualmente desperdiça cerca de 1/3 dos alimentos produzidos para consumo humano, o que corresponde a uma produção mundial de resíduos alimentares de aproximadamente 1,3 biliões de toneladas/ano (Pintado e Teixeira, 2015). Por essa razão são necessárias a reciclagem e a reutilização de resíduos e subprodutos alimentares, por forma a obter substratos para a produção de novos produtos com valor acrescentado, com aplicações em várias áreas da biotecnologia, como a farmacêutica, a alimentar ou a cosmética e, além disso, contribuir para a redução do impacto destes resíduos no ambiente e dos custos de tratamento dos mesmos (Barbulova *et al.*, 2015).

A constante evolução desta indústria, em paralelo com consumidores mais exigentes e atentos aos aspetos nutricionais, levou ao aparecimento de novos produtos, mais apelativos ao consumidor e mais complexos, direcionados para a prevenção de doenças e promoção da saúde cutânea. Deste modo, nos últimos 10 anos, a indústria farmacêutica, em cooperação com a indústria química e alimentar, tem apostado no desenvolvimento tecnológico e na investigação científica, por forma a encontrar novas estratégias que lhes permita satisfazer as necessidades emergentes dos consumidores atuais (Anunciato e Alves, 2012; Pintado e Teixeira, 2015).

No mercado dos cosméticos, a Europa continua a estar na linha da frente, tanto no papel de fabricante, como no de consumidor, representando cerca de 78,6 biliões de um mercado anual de 215 biliões de dólares. A seguir à Europa, as zonas que apresentam maior crescimento, em volume e em valor neste mercado, são a zona da Ásia-Pacífico (nomeadamente China, Japão e Índia) e América do Norte (Cosmetics Europe, 2018).

Tendo em conta o elevado interesse por parte dos consumidores por compostos bioativos naturais, a indústria dermocosmética tem valorizado o uso de produtos naturais detentores de bioatividade na produção de cosméticos, os quais advêm de alimentos ou dos seus subprodutos, ricos em nutrientes essenciais com atividade antimicrobiana, anti-inflamatória e antioxidante. Deste modo, através da exploração deste tipo de produtos é possível extrair compostos de elevado interesse para a indústria cosmeceutica, por exemplo, com ação na retardação do envelhecimento cutâneo e na fotoproteção contra os raios UV (Hernandez *et al.*, 2020).

Na última década, e na medida que a indústria cosmética evoluiu, surgiu a necessidade de revolucionar conceitos, surgindo o de cosmecêutico, que valoriza a beleza, mas também a saúde da pele, daí o conceito de “beleza de dentro para fora”. Além disso, os cosmecêuticos obtidos pela extração de produtos naturais ganharam um elevado interesse por parte dos consumidores, devido à questão da sustentabilidade e segurança dos produtos obtidos (Alves *et al.*, 2020).

Deste modo, esta monografia valoriza a obtenção de princípios ativos cosméticos a partir de compostos e extratos obtidos de resíduos derivados do setor agroalimentar. Tendo em conta que estes subprodutos são biossustentáveis, económicos e eficazes, sendo uma alternativa valiosa aos derivados de plantas. Para além disso, o facto de não necessitarem de pesticidas ou outros produtos químicos ao longo da sua produção e extração, permite classificar estes composto como seguros para a aplicação em formulações de cosmecêuticos (Barbulova *et al.*, 2015).

Neste sentido, um dos maiores desafios atuais da indústria cosmecêutica baseia-se no processamento de subprodutos agroalimentares para a obtenção de compostos de valor acrescentado e produção de metabolitos, através de processos químicos e biotecnológicos que visem a sustentabilidade (Pintado e Teixeira, 2015). Estes produtos contêm fitoquímicos obtidos a partir de subprodutos de frutas, vegetais, legumes e ervas medicinais com potencial antienvhecimento (Hernandez *et al.*, 2020).

No entanto, existem entraves legislativos ao nível da valorização de algumas substâncias bioativas, devido à falta de aprovação relativamente às alegações nutricionais e de saúde na área alimentar pela Autoridade Europeia para a Segurança Alimentar (EFSA), com a entrada do Regulamento (CE) N°1924/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho, por falta de validação científica (Pintado e Teixeira, 2015).

Por estas razões, o principal objetivo é definir e posicionar o conceito de cosmecêutico no mercado da indústria dermocosmética, explorar o conceito de sustentabilidade a partir dos resíduos produzidos, e relacionar a exploração de subprodutos alimentares com os produtos cosmecêuticos.

Para cumprir os objetivos propostos, realizou-se uma revisão bibliográfica sobre o tema supracitado, tendo-se efetuado uma pesquisa entre os meses de janeiro e setembro de 2020, através de motores de busca como PubMed, Science Direct, b-On e Google Académico. Os critérios utilizados na seleção dos artigos resultantes da pesquisa científica foram: o interesse para o tema, limitando a pesquisa a artigos científicos e estudos escritos em inglês e português, com data de publicação dos últimos 10 anos ou

de anos anteriores, no caso de o conteúdo ser relevante e com evidências experimentais importantes para o assunto em estudo.

II. Desenvolvimento

1. Cosmecêuticos

i. Definição e Regulamentação

Atualmente, a Comissão Europeia (CE) define cosméticos como “produtos destinados a serem aplicados nas partes externas do corpo humano, como epiderme, cabelo, unhas, lábios, órgãos genitais, dentes e membranas mucosas da cavidade oral, com o objetivo exclusivo ou principal de limpar, perfumar, proteger ou alterar a sua aparência ou mantê-los em boas condições”, segundo o regulamento nº 1223/2009 (Guillerme *et al.*, 2017).

Tendo em conta a constante evolução da indústria cosmética e a procura pelos consumidores de produtos inovadores, surgem novos conceitos, de que é exemplo o termo “cosmecêutico” surge como uma junção de dois termos, cosmético e fármaco (Alves *et al.*, 2020).

O termo cosmecêutico surgiu pela primeira vez por iniciativa de Raymond Reed, um membro fundador da U.S. Society of Cosmetics Chemist, em 1962. A sua classificação baseava-se nos seguintes pontos: “um cosmecêutico é um produto cientificamente concebido; é um produto que se destina ao uso externo; tem efeitos estéticos desejáveis e; tem de satisfazer padrões químicos, físicos e médicos” (Saint-Leger, 2012).

Contudo, este conceito ganhou apenas popularidade passados 22 anos, através do Dr. Albert Kligman, que introduziu o termo cosmecêutico no "National Scientific Meeting of the Society of Cosmetic Chemists" indicando que um cosmecêutico é algo entre um cosmético e um fármaco, mais do que uma substância para embelezar, mas menos que um fármaco com efeito terapêutico (Kligman, 2006). Em suma, os cosmecêuticos representam a interseção entre a indústria cosmética e a indústria farmacêutica e traduzem-se em produtos que, tal como os cosméticos, são aplicados topicamente nas partes externas do corpo humano. No entanto, ao contrário destes últimos, os cosmecêuticos contêm ingredientes ativos capazes de modificar a estrutura e a função biológica da pele. Entre as substâncias mais utilizadas, estão os retinoides, vitaminas do complexo B, poli-hidroxiácidos, peptídeos e extratos de plantas (Rivers, 2008).

A Lei FD&C não reconhece nenhuma categoria como "cosmecêuticos". Um produto pode ser um fármaco, um cosmético ou uma combinação de ambos, mas o termo "cosmecêutico" não tem significado nos termos da lei. De facto, nos Estados Unidos da América (EUA), o termo cosmecêutico é utilizado pela indústria cosmética como uma estratégia de marketing, não sendo reconhecido, nem aprovado pela Federal Food, Drug,

and Cosmetic Act (FD&C Act). Um produto pode ser um fármaco, um cosmético ou uma combinação, mas o termo "cosmecêutico" não tem significado nos termos da lei. No entanto, a indústria cosmética usa essa palavra para se referir a produtos cosméticos que possuem benefícios medicinais ou similares a medicamentos (FDA, 2018).

Além disso, segundo Kligman, os fabricantes europeus também não adotaram o conceito de cosmecêutico, com receio de ir contra a legislação e o governo; por outro lado, os japoneses deram importância ao conceito e desenvolveram o termo "quase medicamento", o qual não possui regulamentação, estando isento de todos os requisitos regulamentares no Japão, isto é, permitem que os cosmecêuticos contenham ingredientes farmacologicamente ativos, desde que a segurança e os efeitos do produto sejam demonstrados (Pandey *et al.*, 2020). Kligman dá como exemplo um hidratante à base de glicerina que os japoneses desenvolveram e que se qualifica como "quase droga" e acrescenta que cerca de "noventa por cento de todos os cosméticos vendidos no mundo são provavelmente cosmecêuticos" (Kligman, 2006).

Por outro lado, na Ásia- Pacífico, o termo cosmecêutico surge com outras designações, tais como "cosméticos controlados" na Tailândia, e "cosmetics-like drugs" em Hong-kong (Joshi e Pawar, 2015).

Na Índia, a autoridade reguladora dos cosméticos e dos medicamentos é a Central de Organização de Controlo Padrão de Medicamentos (CDSCO), que não reconhece os cosmecêuticos (Pandey *et al.*, 2020).

Atualmente, na Europa, o termo cosmecêutico não tem reconhecimento legal. Desta forma, a indústria faz a divisão entre cosmético e medicamento, dependendo da sua composição, doses, indicação terapêutica, função e até da estratégia de marketing. De referir que, em Portugal, os cosméticos são regulamentados pelo Infarmed, Autoridade Nacional do Medicamento e Produtos de Saúde, I.P. onde se pode encontra a legislação relativa a estes produtos (Infarmed, 2016).

Em suma, é possível concluir que mesmo existindo produtos com características de cosmecêuticos, os quais são comercializados, divulgados e prescritos, atualmente, a nível internacional ainda não há consenso relativamente à sua regulamentação. Por esta razão, considera-se que existe uma lacuna regulamentar, o que origina consequências graves a vários níveis, tais como, nas normas de rotulagem de produtos, nos protocolos de segurança, nos ensaios de aprovação para venda e distribuição, na exigência ou não de prescrição médica (Pandey *et al.*, 2020).

2. Sustentabilidade

i. Definição

O termo sustentabilidade trata-se de um assunto bastante atual e importante de ser abordado, uma vez que acordo com as previsões das Nações Unidas, a população mundial possui 7,2 bilhões de pessoas, e estima-se que este valor aumente num bilhão nos próximos 12 anos e poderá chegar a 9,6 bilhões em 2050. Por esta razão a atividade humana deverá mudar, basear-se em métodos mais sustentáveis, quer para a economia quer para o ambiente (Barbulova *et al.*, 2015).

Contudo noção de sustentabilidade não é atual, uma vez que, surgiu em 1987 na Comissão Brundtland, sendo que, o conceito de sustentabilidade define-se na ideia que o desenvolvimento só é sustentável se satisfizer as necessidades da presente geração sem comprometer as necessidades das gerações futuras, sendo este termo bastante divulgado na CMMAD da Organização das Nações Unidas (ONU) presidida pela Primeira Ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland, através do Relatório *Our Common Future* (O nosso futuro comum) (Mateus, 2004). O relatório resume três focos da sustentabilidade, a proteção ambiental, o desenvolvimento económico e a equabilidade social, sendo que, recentemente considerou-se a cultura, a conservação e resiliência como sendo focos importantes na sustentabilidade (Have e Gordijn, 2020).

De mencionar, a importância da elaboração do relatório acima referido, no desenvolvimento de diversas iniciativas globais, entre as quais, a adoção dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável pelas Nações Unidas em 2015 (Have e Gordijn, 2020). Hoje em dia, é evidente que a degradação ambiental tem consequências negativas para a saúde, sabendo-se, por outro lado, que os cuidados de saúde podem ter um impacto na degradação ambiental. O próprio setor da saúde contribui significativamente para a degradação ambiental. Em 2007, por exemplo, contribuiu com 8% das emissões totais de gases de efeito de estufa nos EUA (Chung e Meltzer, 2009).

De facto, há um interesse reavivado em conhecer o potencial de reciclagem dos resíduos obtidos do processamento de alimentos a nível industrial, por forma a originar novos produtos mais seguros e eficazes e com outras finalidades (Dell'Acqua, 2017).

Além disso, nos últimos 50 anos notou-se um aumento no processamento de alimentos o que levou à produção de elevadas quantidades de subprodutos não comestíveis, nomeadamente, frutas e cascas, sementes e folhas de vegetais (Dell'Acqua, 2017).

Em 1993, a noção de reutilização e reciclagem surgiu com o livro de Paul Hawken – “Ecology of Commerce” – onde o autor citou alguns exemplos do setor industrial que aproveitavam os subprodutos produzidos, para que não houvessem desperdícios, para a criação de novas matérias-primas. Este processo era denominado ecologia industrial, uma vez que “a poluição é eliminada, adaptando-se os subprodutos da manufatura, para que se tornem as matérias-primas dos processos subsequentes” (Dell’Acqua, 2017).

Hoje em dia, a noção de obrigação para reciclar não existe na maioria dos países desenvolvidos, pois trata-se de um dever já adquirido. Nos últimos anos existe uma maior necessidade da preservação dos recursos naturais, o que justifica o facto da indústria dermocosmética ter vindo a implementar normas que têm como base a prática da sustentabilidade, através da utilização de plantas, vegetais e outros recursos naturais como ingredientes, e, sempre que possível, através da procura de materiais subaproveitados ou desvalorizados, para a produção de cosméticos de modo sustentável, procurando preservar e conservar esses recursos (Bond e Morrison-saunders, 2011; Miguel, Duarte e Pessoa, 2015).

De acordo com a Comissão Europeia, os países europeus devem alterar a sua visão em relação à produção, consumo, processamento, armazenamento, reciclagem e eliminação de recursos biológicos. Pretende-se assim dar destaque à prevenção da produção de resíduos, reutilização, reciclagem e recuperação, de forma a incentivar a exploração de subprodutos alimentares com valor acrescentado e com potencial para comercialização, e deste modo, a não desperdiçar os resíduos produzidos (Baiano, 2014).

Assim, torna-se crucial aplicar a noção de sustentabilidade à área da saúde, isto é, reconhecer o meio ambiente como a fonte principal para o desenvolvimento desta área, e deste modo, incrementar a consciência global das pessoas para a utilização destes recursos de modo sustentável, isto é, ter em consideração a estreita relação do ser humano com a natureza, surgindo a ideia de “medicina sustentável”. Por essa razão, na indústria farmacêutica, é importante durante a escolha de materiais, optar pelos mais sustentáveis, fazer uma exploração racional dos recursos, avaliar a melhor forma de aproveitar esses recursos provenientes da indústria agroalimentar, para garantir uma maior valorização dos subprodutos obtidos (Have e Gordijn, 2020; Wognum *et al.*, 2011).

Além disso, os produtores da indústria agroalimentar também assumem um papel de destaque no aumento da sustentabilidade durante a aquisição dos produtos e na utilização de processos sustentáveis, contribuindo não só para a diminuição de custos/aumento de

receita, mas também assegurando a qualidade, segurança e conformidade ambiental durante a sua aquisição (Wognum *et al.*, 2011).

Por isso, cada vez mais se torna crucial a implementação da sustentabilidade a nível mundial no processo de produção e fabrico industrial, quer para benefício do produtor, quer para o consumidor, quer para o ambiente (Falguera *et al.*, 2012).

Por fim, é importante destacar que tudo no meio ambiente tem valor instrumental e permite atingir os fins e objetivos dos humanos, sendo necessária a alteração permanente de determinados hábitos de produção e de consumo, de modo a ter sempre em consideração principal os valores como a sustentabilidade e a natureza, em detrimento das necessidades do Homem. Considera-se por isso importante debater o tema da sustentabilidade, por forma a definir responsabilidades e deveres em relação ao meio ambiente e aos resíduos nele depositados (Have e Gordijn, 2020).

ii. Produção de resíduos

Antes de mais, é importante esclarecer os termos “resíduos” e “subprodutos”, uma vez que têm definições diferentes. Os resíduos são considerados todos os compostos eliminados ou não utilizados ao longo do processamentos dos alimentos, por outro lado, os subprodutos são compostos obtidos diretamente de um processo de produção, isto é, não sofrem qualquer alteração e a sua utilização não têm impacto negativo no meio ambiente ou na saúde humana (Okino-Delgado *et al.*, 2018).

Como já referido anteriormente, atualmente são desperdiçados mundialmente cerca de 1/3 dos alimentos, decorrente da produção de resíduos ou da perda ao longo da cadeia (Pintado e Teixeira, 2015).

Na Europa, devido à elevada procura por produtos verdes, como frutas e hortaliças, e devido aos benefícios do seu consumo, todos os anos são produzidos milhares de toneladas de resíduos, sendo que cerca de 38% são desperdiçados por parte do setor agroalimentar e dos produtores (Galanakis, 2012; Santana-Meridas *et al.*, 2012). Sendo que, em países em desenvolvimento, a perda é de 50% relativamente à produção de frutas e hortaliças, devendo-se isto a problemas agrícolas e técnicos, mas também a uma menor taxa de reaproveitamento dos resíduos para a obtenção de subprodutos (Okino-Delgado *et al.*, 2018).

Há algumas décadas atrás, os resíduos alimentares não eram levados em consideração, sendo deixados em aterros sanitários ou então utilizados para compostagem ou para a produção de ração animal. Estas atitudes tiveram consequências económicas e ambientais muito graves, o que levou a UE a procurar soluções com vista a minimizar o impacto dos resíduos no ambiente e na saúde humana, o que passou por uma regulamentação mais rígida, pelo reaproveitamento de resíduos produzidos pelo setor agroalimentar e pela extração de componentes com potencial benefício de reutilização (Baiano, 2014). Na figura 1 estão representadas as principais abordagens para a conversão desses resíduos (Galanakis, 2012).

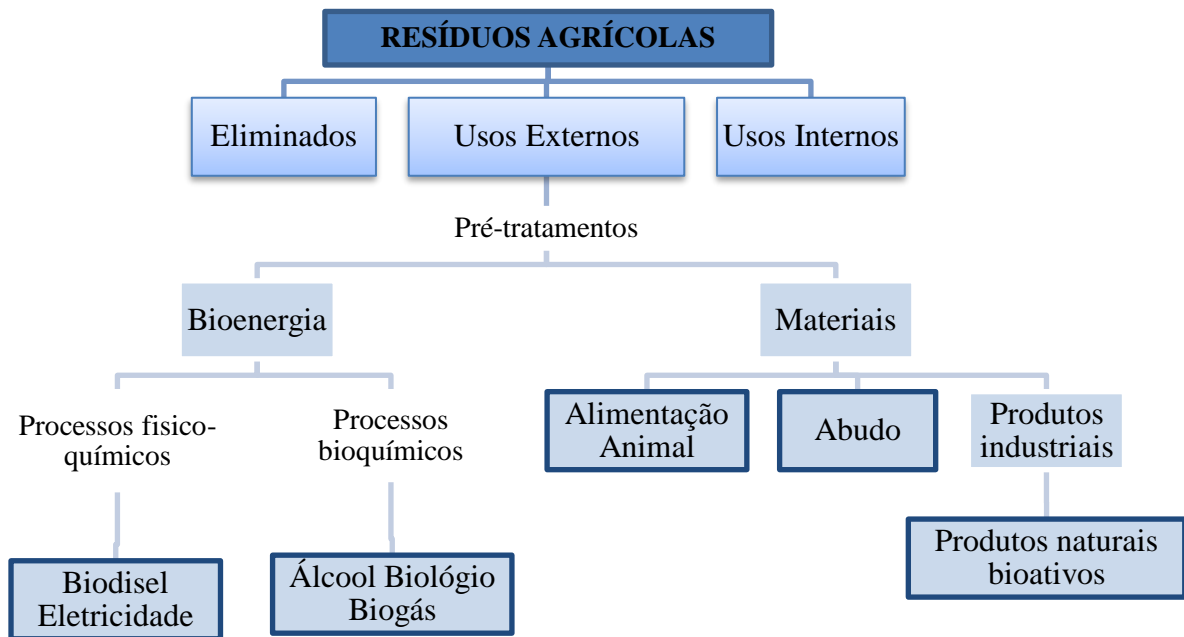


Fig. 1 – Representação dos possíveis usos e pré-tratamentos dos resíduos agrícolas (adaptado de Santana-Meridas *et al.*, 2012)

Atualmente o processamento dos resíduos agrícolas é realizado tendo por base estratégias de gestão que visem a valorização dos resíduos para produção de ração animal, produção de compostos e fertilizantes e para a digestão anaeróbia para a obtenção de biogás. Contudo, apesar dos meios utilizados, as estratégias de processamento continuam a ser dispendiosas, nomeadamente, ao longo dos processos de secagem, armazenamento e transporte, e por essa razão é crucial a reciclagem e reaproveitamento sustentável destes resíduos (Simitzis, 2018).

De mencionar que são produzidos entre 10% a 60% de resíduos sólidos ao longo do processamento da indústria agrícola, sendo que a maioria destes subprodutos, em relação aos produtos de origem, possuem maior valor comercial (Barbulova *et al.*, 2015).

Nos últimos anos, a UE começou a valorizar a exploração de coprodutos através da extração de compostos de elevado valor, como as proteínas, polissacarídeos, fibras e fitoquímicos, por forma a serem reutilizados como ingredientes pela indústria farmacêutica e dermocosmética. Essa extração pode ser realizada a partir de resíduos vegetais, como caules, sementes, cascas, farelo, aparas, óleos, amido, açúcar e suco, ou a partir de resíduos de origem animal (Baiano, 2014).

Neste sentido, a Comissão Europeia prevê que, atualmente, os resíduos passem a ser geridos como um recurso, e por isso a reciclagem e reutilização dos mesmos, para além da sua elevada relevância, torna-os opções economicamente atraentes, por forma a obter uma Europa caracterizada pelo uso de recursos eficientes (Pintado e Teixeira, 2015).

De acordo com o Regulamento Europeu 442/1975/EEC;689/1991/EEC, “*Resíduos alimentares* correspondem a resíduos de carga orgânica elevada, os quais são geralmente obtidos durante a transformação de matérias-primas em produtos alimentares, resultando em forma líquida ou sólida, enquanto *Subprodutos* correspondem a uma designação que permite transmitir que *os Resíduos alimentares* constituem substratos para a recaptura de compostos funcionais com viabilidade no desenvolvimento de novos produtos com valor de mercado”(Pintado e Teixeira, 2015).

A Agência Portuguesa do Ambiente possui um papel preponderante na preservação dos recursos naturais, nomeadamente no planeamento e na gestão dos resíduos (Diário da República, 2011). De acordo com o Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho, “O Governo considera prioritário reforçar a prevenção da produção de resíduos e fomentar a sua reutilização e reciclagem com vista a prolongar o seu uso na economia antes de os devolver em condições adequadas ao meio natural. Além disso, considera importante promover o pleno aproveitamento do novo mercado organizado de resíduos como forma de consolidar a valorização dos resíduos, com vantagens para os agentes económicos, bem como estimular o aproveitamento de resíduos específicos com elevado potencial de valorização”. Para além disso, aborda a importância do papel dos produtores da indústria alimentar, quer do ponto de vista da escolha de recursos eficientes, quer no impacto ambiental, tendo em consideração o ciclo de vida dos produtos e materiais (Território, 2011).

De referir que os resíduos agrícolas obtidos são compostos maioritariamente por películas, sementes, caules, folhas, águas residuais e polpas, que são habitualmente descartados e em alguns casos representam mais de 40% do total de alimentos vegetais (como por exemplo os casos da alcachofra, do aspargo, da manga, das frutas cítricas, do mamão, do abacaxi). Contudo, podem ser distinguidos em duas categorias principais, resíduos de culturas e resíduos agroindustriais. Os resíduos de culturas são considerados primários de biomassa, constituídos pelas partes não comestíveis das plantas (palha, restolho, caules, palitos, folhas, raízes, galhos, escovas, enfeites e podas). Os resíduos agroindustriais são resíduos secundários de biomassa, obtidos ao longo do processo de pós-colheita, caracterizando-se pelos materiais do processamento da colheita, incluindo

resíduos das indústrias de madeira e processamento de alimentos na forma de cascas, cascos, poeira, palhas, bagaço, serragem, sabugo de milho, etc. Existem ainda, os resíduos restantes após o uso de materiais processados e que podem ser considerados uma biomassa terciária (Barbulova *et al.*, 2015; Santana-Meridas *et al.*, 2012).

3. Cosmecêuticos a partir de subprodutos alimentares

A nível mundial, existe uma grande panóplia de cosmecêuticos que funcionam como despigmentantes da pele, filtros UV, anti-inflamatórios, antirrugas, antienvelhecimento, hidratantes cutâneos, produtos anti-acne, além de agentes antioxidantes e citoprotetores (Alves *et al.*, 2020). Estes cosmecêuticos são compostos por ingredientes ativos como vitaminas, minerais, fitoquímicos, enzimas, polifenóis, carotenoides, fitoesteróis, tocoferóis, entre outros, extraídos de plantas, microrganismos e alimentos (Galanakis, 2012; Hernandez *et al.*, 2020).

Em 2015, a nível mundial, o mercado cosmecêutico foi avaliado em 4 bilhões de dólares, devido ao elevado aumento da procura por cosméticos à base de produtos naturais bioativos (Hernandez *et al.*, 2020).

Relativamente ao mercado dos cosmecêuticos na Europa e na Ásia, é possível notar um enorme crescimento devido ao elevado interesse dos consumidores, sendo que os principais compostos bioativos utilizados nas formulações são os polifenóis, os carotenoides, a vitamina C e o colagénio (Hernandez *et al.*, 2020).

De um modo geral, as plantas estão muito presentes na indústria de cosméticos, uma vez que é possível extrair compostos bioativos com ação benéfica para a saúde, tais como, função despigmentante, hidratante, antimicrobiana, antienvelhecimento, foto-protetora contra a radiação UV, entre outras (Krigas *et al.*, 2015; Mwinga *et al.*, 2019).

O cravo é um exemplo, do qual é possível extrair compostos de elevado interesse, através do óleo essencial, como o eugenol, caracterizado pela ação foto-protetora (Hwang *et al.*, 2018).

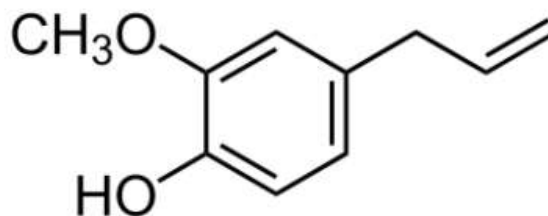


Fig. 2 – Estrutura química do eugenol presente no cravo (adaptado de Rodrigues, 2014)

Contudo, a produção de cosmecêuticos a partir de plantas apresenta limitações, devido ao tempo necessário para o crescimento das mesmas. Deste modo, a produção de cosmecêuticos a partir de subprodutos alimentares torna-se uma opção mais sustentável

e com uma maior rentabilidade. Na tabela 1 encontram-se reunidos alguns exemplos de compostos obtidos a partir de subprodutos alimentares capazes de serem incorporados em produtos cosmecêuticos dada a sua função (Alves *et al.*, 2020; Galanakis, 2012; Hernandez *et al.*, 2020).

Por isso, torna-se essencial o desenvolvimento de processos químicos e biotecnológicos para o processamento de subprodutos agroalimentares e a extração de compostos de valor acrescentado, os quais podem conter compostos funcionais de elevado valor diferenciado, que depois podem ser aplicados nas indústrias farmacêutica e cosmética (Galanakis, 2012).

Para que seja possível obter esses produtos com alto valor acrescentado a partir de subprodutos alimentares provenientes da indústria agrícola, são necessárias diferentes estratégias de processamento, uma das quais consiste na utilização de processos de extração convencionais e avançados para a recuperação de constituintes naturais. Contudo, alguns estudos demonstram uma maior eficácia na extração e obtenção de extratos de elevada qualidade através da tecnologia de extração com CO₂ supercrítico (SC-CO₂), em comparação com as extrações por solvente convencionais (CSE) (Durante *et al.*, 2012; Lenucci *et al.*, 2010).

Além disso, é importante referir a importância do avanço tecnológico ao nível da nanotecnologia na indústria, o qual beneficiou o desenvolvimento dos cosmecêuticos. É de referir que nos Estados Unidos esta indústria possui inúmeras patentes a nível da nanotecnologia (Brandt *et al.*, 2011). Nas últimas décadas, a crescente preocupação com a obtenção de compostos bioativos a partir de subprodutos agroalimentares, levou ao desenvolvimento de tecnologias para a sua reciclagem e reutilização de um modo sustentável, quer ambiental, quer económico (Simitzis, 2018).

Deste modo, o desenvolvimento de produtos cosmecêuticos é benéfico para a indústria cosmecêutica, mas também para a indústria alimentar, uma vez que é possível extrair compostos bioativos de resíduos de frutas, vegetais, legumes, cereais, sementes e animais (Silva *et al.*, 2016; Simitzis, 2018).

Tabela 1 – Produtos de valor acrescentado obtidos a partir de subprodutos alimentares
(adaptado de Santana-Meridas *et al.*, 2012)

PRODUTOS	RESÍDUOS	COMPOSTOS BIOATIVOS	APLICAÇÕES
Cenoura	Raízes	Ácido hidroxicinâmico, antocianinas	Antioxidante
Tomate	Folhas Casca e sementes	Solanesol Licopeno e β -caroteno	Antibacteriano, anti-inflamatório Antioxidante e antienvelhecimento
Ananás	Folhas	Fibra	Reforço de polímero
Azeitona	Folhas	Polifenol	Antimicrobiano, antioxidante
Cereais	Palha	Lignina	Produtos de valor acrescentado
Frutas cítricas	Casca, sementes, suco	Flavanonas, carotenoides, vitamina C, pectinas	Antioxidante e espessantes
Maçã	Sementes, casca, hastes, caroço	Pectina, catequinas, quercetina, procianidinas	Antioxidante
Castanha	Casca	Compostos Fenólicos	Hidratante
Cacau	Sementes	Compostos Fenólicos	Hidratante
Uva	Casca, sementes	Flavonoides, Ácidos fenólicos, Resveratrol	Antioxidante, anti-inflamatório, fotoprotetor
Abóbora	Sementes	Carotenoides, vitamina E	Anti-envelhecimento
Arroz	Cereais	Antocianinas	Antioxidante
Animais Marinhos	Pele, escamas, ossos do peixe	Péptidos de colagénio	Cuidados da pele, unhas e cabelo

i. Compostos bioativos a partir de subprodutos alimentares

Na indústria cosmecêutica, existem algumas classes de produtos que mais se destacam quanto às suas funções, aplicações e procura pelo consumidor, entre as quais se encontram os compostos e extratos naturais com ação antioxidante, que inibem a transdução celular relacionada com processos inflamatórios, hiperpigmentação e degradação da matriz extracelular, por forma a retardar o envelhecimento (Taofiq *et al.*, 2019).

Como exemplos de antioxidantes podem referir-se o ácido lipoico e a niacinamida, os quais estão presentes em inúmeros produtos cosmecêuticos, quer em formulações tópicas, quer em fórmulas orais (Brandt *et al.*, 2011).

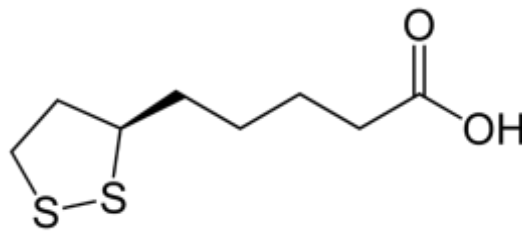


Fig. 3 – Estrutura química do ácido lipoico presente em produtos cosmecêuticos (adaptado de Teichert *et al.*, 2003)

De referir a vitamina C, os carotenoides, os compostos fenólicos e os tocoferóis como os compostos bioativos que maioritariamente se encontram presentes em frutas e vegetais (Amofa-Diatuo *et al.*, 2017). Sendo que os compostos fenólicos se destacam, pois estão presentes em inúmeros alimentos e possuem uma ação fotoprotetora e de antienvelhecimento (Sun *et al.*, 2018). Tais como, as antocianinas, presentes nas cascas da uva, no extrato da framboesa vermelha e nos cereais do arroz preto, pertencem à classe dos flavonoides e atuam inibindo os danos provocados pelos radicais livres no decorrer da fotossíntese, diminuindo o stresse oxidativo nas células da pele, sendo utilizados no processamento de vários cosmecêuticos (Baiano, 2014; Pengkumsri *et al.*, 2015; Teng *et al.*, 2017).

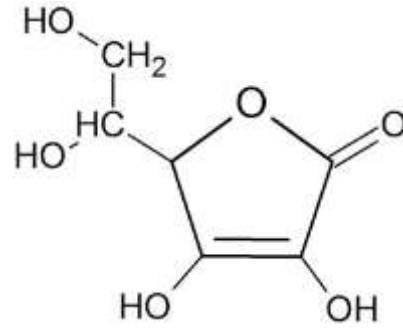


Fig. 4 – Estrutura química do ácido ascórbico (vitamina C) presente em frutas e vegetais
(adaptado de Fornaro e Coichev, 1998)

Além destas, também é possível destacar, para além de outros flavonoides, os ácidos fenólicos, os estilbenos, as cumarinas, as lignanas e os taninos (Shahidi e Ambigaipalan, 2015) .

ii. Obtenção de compostos fenólicos a partir de subprodutos

As uvas são fonte de compostos bioativos de baixo custo extraídos dos seus subprodutos, capazes de serem incorporados em produtos cosmecêuticos. Nomeadamente, o resveratrol (3,5,4'-trihidroxi-droxiestilbeno) que apresenta efeitos antioxidantes, anti-inflamatórios, diminuindo também os danos provocados pela radiação UVB, o qual pode ser extraído da casca da uva (Jayan *et al.*, 2019; Nunes *et al.*, 2017). O resveratrol liga-se a locais específicos na pele humana e exerce a sua ação sobre os queratinócitos expostos a UVB, inibindo a ação de ROS, suprime a ativação das vias das caspases-3 e -8, diminui a fosforilação da survivina e regula negativamente a atividade da ornitina descarboxilase (ODC), da ciclooxigenase e da tirosinase (via de sinalização da adenosina 3',5'-monofosfato cíclico - AMPc) (Simitzis, 2018).

Das sementes de uva é possível extrair as proantocianidinas, que têm como principais ações a redução da formação de peróxido de hidrogénio induzida por UVB, e a inibição de processos de oxidação e de danos no DNA. Para além disso, protegem a pele contra o envelhecimento prematuro ao inibir as atividades da colagenase e da elastase e ao suprimir moléculas inflamatórias, como IL-1 e metabolitos de prostaglandina, sendo também antioxidantes potentes que inibem a ação de radicais livres. Como tal, podem ser, por exemplo, aplicados em nanopartículas lipídicas, que têm a vantagem de aumentar o seu tempo de ação na pele (Simitzis, 2018).

De mencionar que, a partir de extratos de bagaço provenientes de uvas brancas é possível obter resveratrol com capacidade de inibir a ação da tirosinase e, por essa razão, ser aplicado em formulações despigmentantes (Sousa *et al.*, 2017).

As cascas e as sementes das uvas têm sido utilizadas para a produção de cosmecêuticos, com o objetivo de prevenir o envelhecimento precoce, existindo linhas cosméticas cuja formulação é constituída de compostos provenientes de extratos de uvas, como proantocianidinas, quercetina, resveratrol, reconhecidos pela sua capacidade de retardar o envelhecimento cutâneo (Okino-Delgado *et al.*, 2018; Sousa *et al.*, 2017).

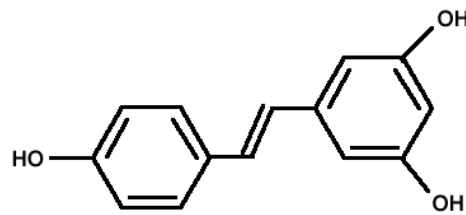


Fig. 5 – Estrutura química do resveratrol presente na uva (adaptado de Pires, 2010)

A casca da castanha é também um subproduto que possui compostos bioativos, nomeadamente, compostos fenólicos com capacidade de regular a expressão genética da aquaporina-3 (AQP-3), isto é, contribuem para a hidratação da epiderme, uma vez que esta proteína-canal é responsável pelo transporte da água pelas membranas e, conseqüentemente, impede a desidratação cutânea. Por essa razão, são reaproveitadas toneladas de cascas de castanhas produzidas durante o ano, contribuindo para a sustentabilidade (Squillaci *et al.*, 2018).

A maçã é umas das principais frutas a nível mundial, sendo produzidas enormes quantidades de resíduos ao longo do seu processamento, tais como polpa, cascas e sementes, as quais são biodegradáveis e provocam a libertação de gases que contribuem para o aumento do efeito de estufa. Deste modo, torna-se crucial o reaproveitamento destes subprodutos, tais como o bagaço da maçã, que possui diversos compostos bioativos de elevado valor, de que é exemplo o flavonoide quercetina, com propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, devido à forte capacidade de remover os radicais livres e defender os queratinócitos humanos dos danos causados pelo peróxido de hidrogénio. De referir que, devido à sua baixa solubilidade, é necessário incorporá-la em nanopartículas lipossomais, para que ocorra um aumento da sua penetração dérmica (Simitzis, 2018).

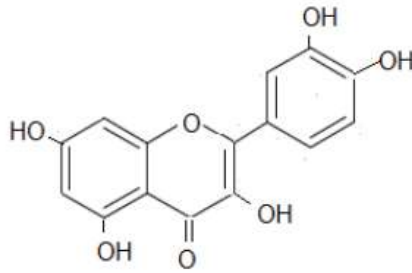


Fig. 6 – Estrutura química da quercetina presente no bagaço da maçã (adaptado de Simões *et al.*, 2013)

A partir das cascas, sementes e suco dos citrinos é possível obter compostos bioativos, como os flavonoides, de que é exemplo a hesperidina, que possuem capacidades anti-inflamatórias e antioxidantes, devido à sua estrutura química caracterizada por conter um ou mais grupos hidroxilo aromáticos, responsáveis pela eliminação de ROS. Por exemplo, o extrato de laranja vermelha possui um efeito protetor sobre os queratinócitos humanos, devido à presença de flavonoides que modulam as respostas celulares (Simitzis, 2018). A extração do azeite de oliva a partir da azeitona origina a produção de resíduos considerados potenciais poluentes. Contudo estes subprodutos podem ser reaproveitados pela indústria cosmeceutica, uma vez que possuem compostos bioativos funcionais como carotenóides, fosfolipídios, tocoferóis e fenólicos (por exemplo, tirosol e oleuropeína). A oleuropeína é um composto fenólico caracterizado por eliminar radicais livres e proteger a pele dos possíveis danos provocados por UVB, pela supressão da quantidade de ROS intracelular e pela inibição da oxidação de proteínas. Para além disso, verifica-se uma inibição da alteração da espessura da pele e da perda de elasticidade após a aplicação de oleuropeína (Simitzis, 2018).

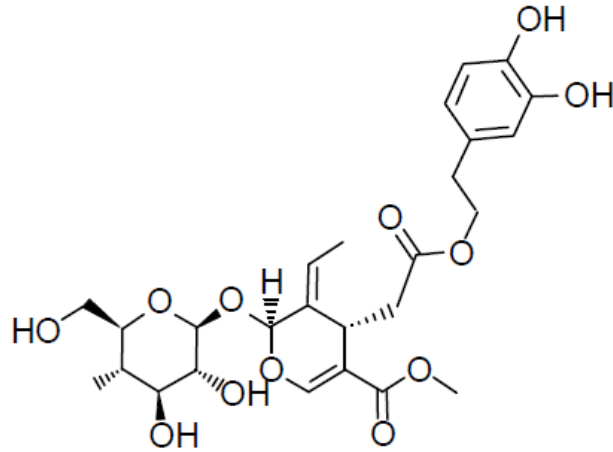


Fig. 7 – Estrutura química da oleuropeína presente no azeite de oliva (adaptado de Coppa, 2016)

Atualmente, a maior parte do processamento do cacau é realizado na Europa e na Rússia, sendo os subprodutos deste aproveitados para uso confeitiro, mas também aplicados nas indústrias farmacêutica e cosmética, devido à extração de compostos com propriedades funcionais interessantes para estas áreas. Os flavonoides, por exemplo, possuem ação antioxidante e encontram-se maioritariamente presentes nas sementes do cacau, possuindo por essa razão um elevado interesse na área da dermocosmética (Wickramasuriya e Dunwell, 2018).

Os subprodutos do alho e da cebola também possuem elevado teor de compostos bioativos como os flavonoides, nomeadamente antocianina e quercetina, que se caracterizam por intervir na proteção sobre a radiação UV, e deste modo, possibilitarem a proliferação dos fibroblastos e, conseqüentemente, promoverem o rejuvenescimento cutâneo, retardando o envelhecimento da pele (Simitzis, 2018).

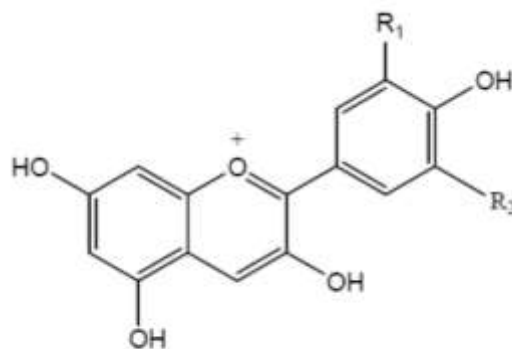


Fig. 8 – Estrutura química da antocianina presente no alho e na cebola (adaptado de Março *et al.*, 2008)

A cerejeira-brava é uma árvore da família das rosáceas, que se encontra distribuída por todo o mundo. Os seus frutos podem ser consumidos como fruta não processada ou como sumo, geleia ou bebida alcoólica, devido às características nutricionais e bioativas que as cerejas apresentam, nomeadamente a sua composição fenólica, que varia consoante os fatores externos, tais como temperatura, intensidade e espetro da luz, entre outros fatores ambientais e climáticos, devido à alteração na atividade da enzima fenilalanina amónia liase que interfere na acumulação de antocianinas nas cerejas (Agulló-Chazarra *et al.*, 2020).

Os compostos fenólicos que prevalecem nas cerejas são as antocianinas, presentes nas frutas e caules, que podem ser extraídas recorrendo a métodos mais recentes e sustentáveis, tais como extração com líquido pressurizado (PLE), extração com água subcrítica (SWE) e extração com fluido supercrítico (SFE), possibilitando deste modo, a aquisição de diferentes compostos dos extratos de cereja, passíveis de serem empregues em novos produto cosmecêuticos, devido à ação antioxidante destes compostos bioativos (Agulló-Chazarra *et al.*, 2020).

A partir das folhas de uva-de-urso é possível extrair a alfa e beta arbutina, glicopiranosídeo natural derivado da hidroquinona. Este composto bioativo pode ser utilizado para tratamentos de despigmentação e clareamento cutâneo, uma vez que inibe a ação da tirosinase e consequentemente leva à inibição da tirosina hidroxilase, inibindo a melanogénese por diminuição da atividade da tirosinase e por inibição da maturação dos melanócitos na ausência de toxicidade (Searle *et al.*, 2020)

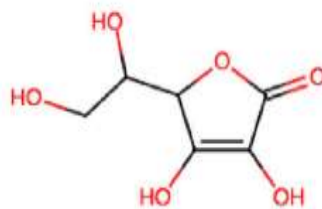


Fig. 9 – Estrutura química da arbutina presente na uva-de-urso (adaptado de Zhou *et al.*, 2016)

A quinoa, a soja e os grãos de café são também compostos que têm ganho destaque como potenciais extratos para formulações cosmecêuticas, pois é possível extrair elevadas concentrações de compostos bioativos, tais como isoflavonas, ácidos gordos e polifenóis, responsáveis por regular processos de envelhecimento cutâneo, reduzir a expressão de metaloproteinases de matriz (MMPs) na pele e inibir a produção de espécies reativas de oxigênio (ROS) nas células dérmicas (Graf *et al.*, 2008).

Relativamente aos extratos de soja natural, estes possuem capacidade despigmentante e fotoprotetora devido à presença de proteínas inibidoras de Bowman-Birk. O mecanismo de ação destas proteínas baseia-se na capacidade inibitória sobre o recetor 2 ativado por protease (PAR-2) que diminui a fagocitose dos melanossomas pelos queratinócitos, originando a diminuição de transferência de melanina, o que leva a uma redução da pigmentação da pele (Searle *et al.*, 2020).

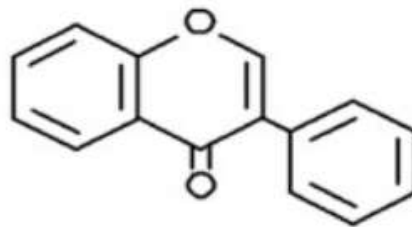


Fig. 10 – Estrutura química da isoflavona presente na soja (adaptado de Genovese *et al.*, 2003)

Habitualmente é possível encontrar o ácido ferúlico (AF) em grãos inteiros, espinafre, salsa, uva, maçã, ruibarbo, aveia, centeio e cevada, caracterizando-se este pelas suas propriedades antioxidantes. Este composto pertence ao grupo dos ácidos fenólicos e é um derivado do ácido cinâmico, muito presente também nas plantas (Searle *et al.*, 2020).

O AF pode ser utilizado pela indústria cosmética em tratamentos despigmentantes, uma vez que possui a capacidade de inibir a tirosinase e inibir a proliferação de melanócitos. Além disso, verificou-se que as células endoteliais humanas e os queratinócitos previamente expostos ao AF, antes da interação com a radiação UVA, eram menos suscetíveis a danos por radicais livres. Outro ponto a favor deste composto é a sua alta biodisponibilidade e baixo perfil de efeitos colaterais, pois consegue penetrar na pele e manter-se em grandes concentrações (Searle *et al.*, 2020).

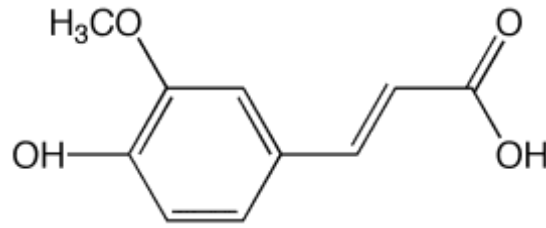


Fig. 11 – Estrutura química da ácido ferúlico (adaptado de Soares, 2002)

O tomate é um reservatório de inúmeros compostos antioxidantes, tais como o ácido ascórbico, os carotenoides, os flavonoides e os ácidos fenólicos. De referir que os flavonoides predominantes neste fruto são os conjugados de quercetina, que se caracterizam pela sua ação antioxidante, tal como a vitamina E, que se encontra presente nas sementes do tomate, mas em menores quantidades, em relação à quantidade de quercetina presente no fruto (Lenucci *et al.*, 2010).

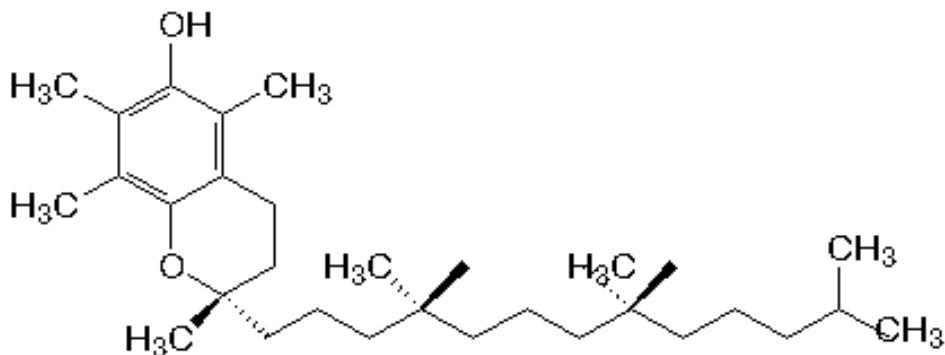


Fig. 12 – Estrutura química da vitamina E presente na abóbora (adaptado de Lima, 2017)

A manga é uma das frutas tropicais com elevada produção em todo o mundo, sendo que a sua composição, e conseqüentemente a dos resíduos a que dá origem, altera consoante o solo, o clima, o ponto de maturação e a variedade. De um modo geral, este fruto é constituído por carboidratos, lipídios, proteínas, vitaminas, minerais, fibras, taninos, polifenóis, flavonoides, alcaloides, pigmentos e compostos aromáticos, maioritariamente encontrados na polpa da manga. Das cascas deste fruto é possível extrair fibras, minerais,

mono e diterpenos e compostos antioxidantes, tais como compostos fenólicos, quercetina e antocianinas. Por outro lado, as sementes são constituídas por amido, fibras, lípidos, tocoferóis e esteróis, como campesterol, estigmasterol e β -sitosterol. Desta forma, os resíduos de manga podem ser utilizados como substrato em processos de produção de cosméticos com ação antioxidante, que inibem a transdução celular relacionada com processos inflamatórios (Shahidi e Ambigaipalan, 2015).

Os fenólicos encontram-se principalmente na forma de β -glicosídeos e estão presentes nos brócolos, espinafres, cebola, cenoura, batata, alface e pepino, e caracterizam-se pela sua ação antioxidante, podendo ser extraídos das folhas extratos lipofílicos e hidrofílicos (Shahidi e Ambigaipalan, 2015).

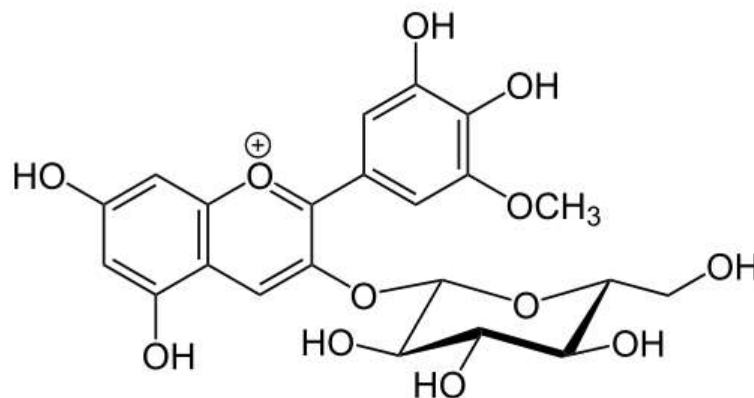


Fig. 13 – Estrutura química dos β -glicosídeos presentes nos vegetais (Moura *et al.*, 2018)

É também possível extrair compostos fenólicos do milho, nomeadamente do embrião e da camada de aleurona, onde se encontram ácidos fenólicos ligados covalentemente às funcionalidades da amina. No grão do milho estão presentes os tocoferóis e a partir do sabugo de milho é possível obter uma elevada quantidade de compostos antioxidantes que podem ser utilizados em formulações de cosmecêuticos de grande qualidade (Shahidi e Ambigaipalan, 2015).

Além disso, a partir de licores de maceração de milho mostrou-se ser possível obter subprodutos com características interessantes, como os derivados do ácido p-cumárico, que podem desempenhar um papel benéfico contra o dano oxidativo, e como tal estes subprodutos são relevantes devido à sua ação antioxidante sobre a pele humana (Shahidi e Ambigaipalan, 2015).

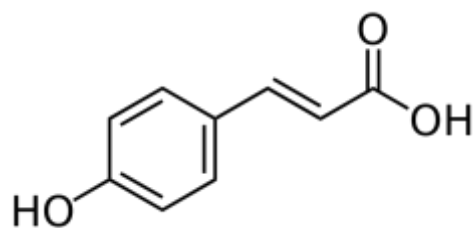


Fig. 14 – Estrutura química do ácido p-cumárico presente no milho

iii. Obtenção de carotenoides a partir de subprodutos

Os carotenoides estão muito presentes quer no reino animal, quer no reino vegetal, sendo que a sua característica mais marcante é a capacidade de produzirem cores variadas, dentro da escala do amarelo ao vermelho. No entanto, estes compostos são mais complexos, podendo ser classificados quimicamente em dois grupos distintos, nomeadamente, as xantofilas e os carotenos. As xantofilas surgem como ácidos, aldeídos ou álcoois, tais como a criptoxantina, fucoxantina, luteína e zeaxantina. Os carotenos (ou hidrocarotenoides), por sua vez, de que são exemplo α , β e γ -carotenos e o licopeno, caracterizam-se pela sua solubilidade em solventes não polares (Martillanes *et al.*, 2018). Estes compostos podem ser obtidos sinteticamente ou extraídos de compostos naturais, como resíduos de alimentos, como a cenoura, o bagaço de tomate ou os espinafres, entre outros (Martillanes *et al.*, 2018).

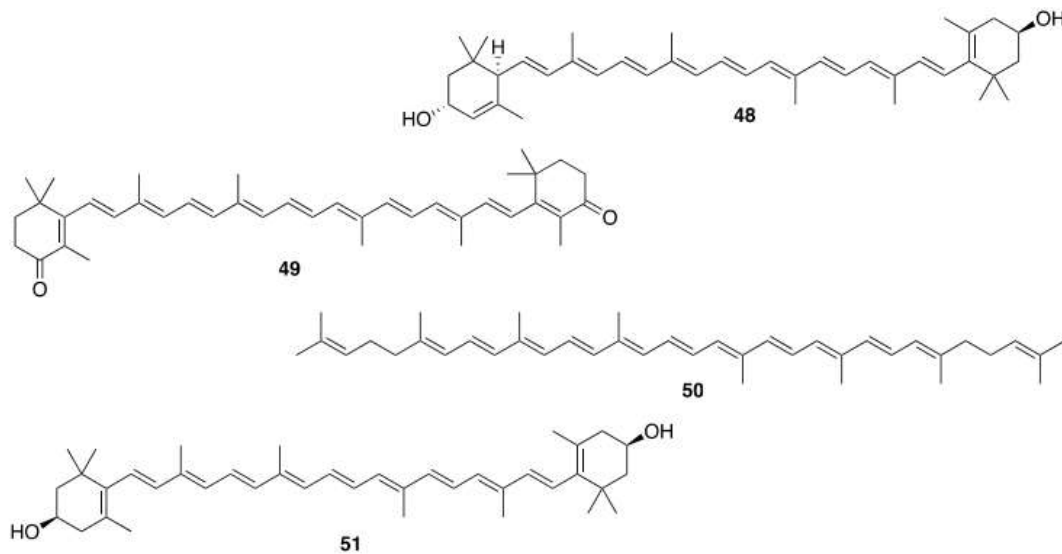


Fig 15 – Estrutura química do luteína (48), cantaxantina (49), licopeno (50) e zeaxantina (51)
(adaptado de Alves *et al.*, 2020)

Através do bagaço do tomate, obtido das cascas secas e trituradas e das sementes, podem ser extraídos o licopeno e o β -caroteno, pertencentes à classe dos carotenoides, conhecidos pela sua ação antioxidante, com aplicação ao nível dos cuidados antienvhecimento (Anunciato e Alves, 2012; Baiano, 2014).

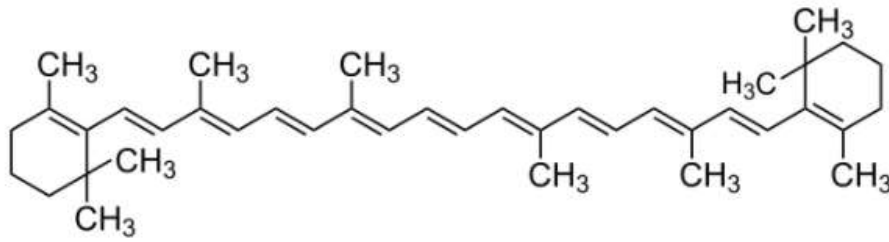


Fig 16 – Estrutura química do beta-caroteno presente no tomate (adaptado de Uenojo *et al.*, 2007)

A partir do óleo das sementes de abóbora é possível obter carotenoides e vitamina E, entre outros ácidos gordos polinsaturados, minerais e vitaminas lipossolúveis, capazes de serem incorporados em preparações cosmecêuticas, utilizando o método de extração SC-CO₂ (Durante *et al.*, 2014).

De referir que os métodos convencionais utilizados na extração de compostos bioativos de diferentes matrizes vegetais consistem principalmente no recurso a solventes químicos, o que pode originar muitos inconvenientes, nomeadamente, a utilização de uma elevada quantidade de solventes orgânicos tóxicos e dispendiosos, a contaminação dos extratos com resíduos nocivos e a produção de resíduos poluentes (Taofiq *et al.*, 2019).

Por esta razão, o método de desidratação torna-se bastante útil por forma a incrementar a extração de compostos bioativos importantes para a indústria cosmecêutica, como a vitamina E e os carotenoides, a partir das sementes da abóbora, recorrendo então à tecnologia SC-CO₂. Este método mostrou-se muito valioso uma vez que possui custos mais baixos relativamente a outros métodos convencionais, possibilitando a obtenção de material desidratado de melhor qualidade e um maior rendimento durante a extração dos compostos bioativos (Durante *et al.*, 2014; Taofiq *et al.*, 2019)

Os carotenoides, tais como a luteína, a cantaxantina, o licopeno e a zeaxantina, também podem ser extraídos a partir de microalgas. Estes carotenoides, tendo em conta o seu poder antioxidante e fotoprotetor das camadas protetoras da pele dos danos oxidativos induzidos pela radiação UV, têm um papel importante na indústria cosmecêutica. Além disso, também é possível extrair das microalgas algumas proteínas e hidrolisados que possuem propriedades hidratantes, nomeadamente da *Spirulina sp* (Alves *et al.*, 2020).

iv. Obtenção de colágeno a partir de subprodutos

Embora os mecanismos referentes ao envelhecimento cutâneo não estejam totalmente esclarecidos, a indústria cosmecêutica continua a investigar e a desenvolver novos produtos anti idade, sendo que, na sua maioria, visam o aumento da síntese de colágeno e glicosaminoglicano por fibroblastos da epiderme, por forma a conferir uma maior firmeza e flexibilidade da camada córnea da pele. Isto verifica-se, uma vez que o colágeno influencia a aparência da pele, no sentido em que, uma diminuição da expressão do gene de colágeno leva ao aumento dos processos de envelhecimento cutâneo (Alves *et al.*, 2020; Baiano, 2014).

Os ecossistemas marinhos são ótimos recursos para as formulações de cosmecêuticos, devido à sua imensa diversidade em compostos bioativos, como ácidos gordos, polissacarídeos, antioxidantes, enzimas e peptídeos (Kim, 2014), nomeadamente os peptídeos de colágeno, benéficos para a saúde do sistema imunológico e articular. Estes peptídeos, que são extraídos da pele, escamas e ossos dos peixes, são também importantes para a produção de colágeno no cabelo, pele e unhas, e pelos seus efeitos antioxidante e antienvelhecimento (Kumar *et al.*, 2019).

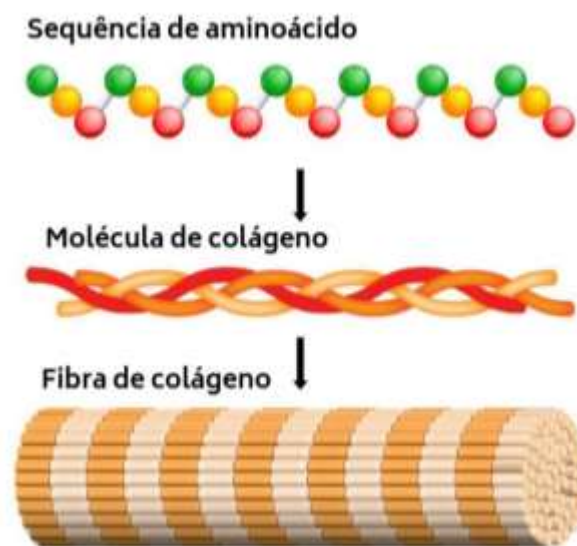


Fig. 17 – O colágeno é sintetizado a partir de aminoácidos (adaptado de Helivania Santos, 2020)

A partir dos ovos de salmão, por exemplo, é possível obter vitaminas, minerais, ácidos gordos insaturados e proteínas, essenciais à promoção da saúde e com possível aplicação

em formulações cosmecêuticas. Para além disso, constatou-se a presença de genes de colagénio tipo I, e o recurso a proteínas de ovos de salmão hidrolisadas mostrou capacidade de melhorar os sinais de envelhecimento cutâneo, diminuir a pigmentação e vermelhidão, e aumentar a hidratação cutânea (Kumar *et al.*, 2019).

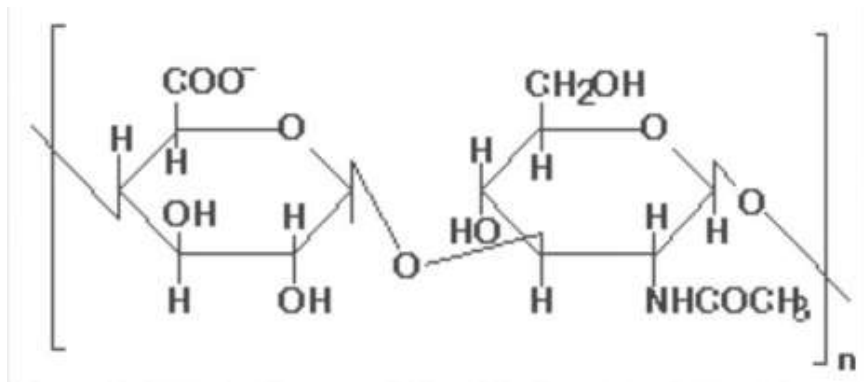


Fig. 18 – Cadeia de colagénio (adaptado de Montenegro, 2016)

A partir das esponjas marinhas também é possível extrair colagénio com uma elevada biodisponibilidade e elevado poder regenerativo. Este colagénio, extraídos de esponjas marinhas, tais como a espécie *Chondrosia reniformis*, é denominado hidrolisado de colagénio marinho, e tem propriedades de regeneração e proteção da pele com uma elevada capacidade de penetração cutânea (Alves *et al.*, 2020).

Além disso, os pepinos-do-mar também são uma fonte de colagénio, presente na proteína da parede corporal deste animal, possuindo cerca de 70% de fibras insolúveis de colagénio. Com capacidade de reparação de tecidos danificados e elevado poder antioxidante, são, por esta razão, incorporados em formulações de produtos para cuidados da pele pela indústria cosmética (Alves *et al.*, 2020).

4. Conclusão

Apesar do conceito de sustentabilidade ter surgido há alguns anos, é um tema extremamente atual e de grande importância. De facto, e de acordo com as previsões das Nações Unidas, a população mundial é constituída por cerca de 7,2 bilhões de pessoas, e estima-se que este valor aumente num bilhão nos próximos 12 anos, podendo chegar a 9,6 bilhões em 2050. Por esta razão, a atividade humana deverá mudar e basear-se em métodos mais sustentáveis, a bem da economia e do ambiente.

O setor da indústria agroalimentar pode, por um lado, contribuir para o desenvolvimento sustentável, uma vez que fornece sistemas ecológicos e seguros de controlo de pragas, garantindo a obtenção de um produto final com qualidade nutricional e segurança. Contudo, ao longo do processo de produção são desperdiçadas elevadas quantidades de subprodutos, que podem ser reciclados e reutilizados de uma forma sustentável.

Deste modo, surge a possibilidade de utilizar estes subprodutos na indústria cosmética, com o intuito de obter compostos bioativos com características interessantes, de um modo economicamente rentável para os dois setores, mas também que garantam os princípios de sustentabilidade e segurança característicos dos produtos cosméticos.

Como já mencionado anteriormente, o crescimento do mercado cosmético e a procura por uma pele mais saudável, a influência dos média na informação da população e uma comunicação efetiva na divulgação de pesquisas científicas, tem incrementado a consciencialização acerca do risco do uso de inúmeros produtos químicos em medicamentos e cosméticos, bem como os benefícios para a saúde de compostos obtidos a partir de recursos naturais, tais como frutas, plantas, vegetais, resíduos orgânicos, de que é possível extrair compostos bioativos e fitoquímicos com potencial cosmecêutico.

Relativamente às questões da segurança dos subprodutos alimentares, considera-se que estes possuem uma composição complexa de nutrientes, e por esta razão, estão facilmente sujeitos à contaminação microbiana podendo conter resíduos de pesticidas, se não houver total cumprimento das regulamentações da agricultura. Face a estas situações, considera-se essencial o recurso a análises específicas e sensíveis para deteção de possíveis contaminações nos subprodutos agroalimentares, antes da sua caracterização e valorização como princípio ativo para a aplicação em cosméticos. Assim, é necessário optar por indústrias que se orientem pelos regulamentos das Boas Práticas de Fabrico e tentar padronizar todos os processos de produção, por forma a obter sempre as mesmas características de qualidade de um lote de subproduto para o outro.

Nesta revisão, referiram-se alguns exemplos de extratos de subprodutos alimentares caracterizados pela sua atividade cosmética e por possuírem compostos bioativos com características interessantes, o que os torna uma alternativa mais sustentável em relação aos derivados de plantas, mais comumente utilizados pela indústria dermocosmética. Mencionaram-se também os métodos de extração mais eficientes para a obtenção destes compostos a partir de resíduos provenientes da indústria agroalimentar.

Compostos fenólicos (resveratrol, antocianinas, quercetina, isoflavonas), carotenoides e colagénio, extraídos de subprodutos de frutas, plantas e animais, que têm ação antienvelhecimento cutâneo, antioxidante, fotoprotetor, despigmentante, hidratante e anti-vermelhidões, podem, por isso, ser empregues em formulações cosmecêuticas. Isto é, em produtos com finalidade de modificar a estrutura e função biológica da pele, através da aplicação de ingredientes bioativos, que podem ser extraídos de subprodutos alimentares.

Contudo, é importante referir que mesmo existindo produtos com características de cosmecêuticos, que são comercializados, divulgados e prescritos, ainda não há existe consenso relativamente à sua regulamentação.

Com esta monografia é possível concluir que a utilização de subprodutos alimentares, produzidos durante o processamento de alimentos na indústria agroalimentar, é viável, uma vez que os compostos deles extraídos contêm características importantes para a sua incorporação em formulações cosmecêuticas. Isto tem inúmeras contribuições para a economia e para o meio ambiente, diminuindo o desperdício de resíduos produzidos e permitindo a obtenção de produtos com características diferenciadoras por um baixo custo.

Considera-se, por isso, uma mais valia de grande importância explorar, incrementar e regulamentar este setor cosmecêutico, para a produção de novos produtos a partir de subprodutos alimentares, e deste modo, beneficiar o setor dermocosmético, mas também o setor agroalimentar, promovendo a sustentabilidade.

5. Referências

Agulló-Chazarra, L. *et al.* (2020). Sweet cherry byproducts processed by green extraction techniques as a source of bioactive compounds with antiaging properties, *Antioxidants*, 9(5), pp. 1–21..

Alves, A. *et al.* (2020). Marine-derived compounds with potential use as cosmeceuticals and nutricosmetics, *Molecules*, 25(11), pp. 1–25.

Amofa-Diatuo, T. *et al.* (2017). Development of new apple beverages rich in isothiocyanates by using extracts obtained from ultrasound-treated cauliflower by-products: Evaluation of physical properties and consumer acceptance, *Journal of Food Composition and Analysis*. Academic Press Inc., 61, pp. 73–81.

Anunciato, T. and Alves, P. (2012). Carotenoids and polyphenols in nutricosmetics, nutraceuticals, and cosmeceuticals, *Journal of Cosmetic Dermatology*, 11(1), pp. 51–54.

Baiano, A. (2014). Molecules Recovery of Biomolecules from Food Wastes-A Review, *Molecules*, 19, pp. 14821–14842.

Barbulova, A. *et al.* (2015). New trends in cosmetics: By-products of plant origin and their potential use as cosmetic active ingredients, *Cosmetics*, 2(2), pp. 82–92.

Bond, A. J. and Morrison-Saunders, A. (2011). Re-evaluating Sustainability Assessment: Aligning the vision and the practice, *Environmental Impact Assessment Review*. Elsevier Inc., 31(1), pp. 1–7.

Brandt, F. S. *et al.* (2011). Cosmeceuticals: Current Trends and Market Analysis, *Seminars in Cutaneous Medicine and Surgery*. Elsevier Inc., 30(3), pp. 141–143.

Coppa, C. (2016) Extração de oleuropeína de folhas de oliva com solvente hidroalcoólico e efeito dos extratos sobre a estabilidade oxidativa de óleos vegetais.

Cosmetics Europe (2018) *Annual Report 2018*.

D. Saint-Leger (2012). “ Cosmeceuticals ”. Of men , science and laws, *International Journal of Cosmetic Science*, 34, pp. 396–401.

Dell’Acqua, G. (2017). *Garbage to Glamour: Recycling Food by-products for Skin Care, cosmetics and toiletries*. Disponível em: <https://www.cosmeticsandtoiletries.com/research/methodsprocesses/Garbage-to-Glamour-Recycling-Food-by-products-for-Skin-Care-412910643.html> (Consultado em: 10 Outubro de 2020).

Durante, M. *et al.* (2012). Effects of Sodium Alginate Bead Encapsulation on the

Storage Stability of Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) Bran Oil Extracted by Supercritical CO₂, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. American Chemical Society, 60(42), pp. 10689–10695.

Durante, M. *et al.* (2014). Effect of drying and co-matrix addition on the yield and quality of supercritical CO₂ extracted pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) oil, *Food Chemistry*. Elsevier Ltd, 148, pp. 314–320.

Falguera, V. *et al.* (2012). Effect of UV-vis irradiation of must on cabernet Franc and Xarel-lo wines chemical quality, *International Journal of Food Science and Technology*, 47(9), pp. 2015–2020.

FDA (2018). *Is it a Cosmetic, a Drug, or Both?* Disponível em: <https://www.fda.gov/cosmetics/cosmetics-laws-regulations/it-cosmetic-drug-or-both-or-it-soap#Cosmeceutical>. (Consultado em: 27 Setembro de 2020).

Fornaro, A. and Coichev, N. (1998). Ácido l-ascórbico: reações de complexação e de óxido-redução com alguns íons metálicos de transição.

Galanakis, C. M. (2012). Recovery of high components from food wastes : Conventional , emerging technologies and commercialized applications, *Trends in Food Science & Technology*. Elsevier Ltd, 26(2), pp. 68–87.

Genovese, M. I. *et al.* (2003). Avaliação do teor de isoflavonas de “suplementos nutricionais à base de soja”, *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*.

Graf, R. *et al.* (2008). The multifunctional role of ectoine as a natural cell protectant’, *Clinics in Dermatology*. Clin Dermatol, 26(4), pp. 326–333.

Guillerme, J. B. *et al.* (2017). Applications for marine resources in cosmetics, *Cosmetics*. MDPI AG, p. 35.

Have, H. and Gordijn, B. (2020). ‘Sustainability’, *Medicine, Health Care and Philosophy*, 23(2), pp. 153–154.

Helivania Santos (2020). *Colágeno: estrutura, para que serve, benefícios* - *Biologia Net*. Disponível em: <https://www.biologianet.com/biologia-celular/colageno.htm> (Consultado em: 28 Outubro de 2020).

Hernandez, D. F. *et al.* (2020). *Food-derived bioactive compounds with anti-aging potential for nutricosmetic and cosmeceutical products*. Taylor & Francis.

Hwang, E. *et al.* (2018) Clove attenuates UVB-induced photodamage and repairs skin barrier function in hairless mice, *Food and Function*. Royal Society

of Chemistry, 9(9).

Infarmed (2016) *Cosméticos - INFARMED, I.P.* Disponível em: <https://www.infarmed.pt/web/infarmed/entidades/cosmeticos> (Consultado em: 20 Setembro 2020).

Jayan, H. *et al.* (2019). Improvement of bioavailability for resveratrol through encapsulation in zein using electrospraying technique, *Journal of Functional Foods*. Elsevier Ltd, 57, pp. 417–424.

Joshi, L. S. and Pawar, H. A. (2015). Herbal Cosmetics and Cosmeceuticals: An Overview, *Nat Prod Chem Res*, 3(2), p. 170.

Kim, S.-K. (2014). ‘Marine cosmeceuticals’, *Journal of Cosmetic Dermatology*. Blackwell Publishing Ltd, 13(1), pp. 56–67.

Kligman, A. (2006). The Future of Cosmeceuticals: An Interview with Albert Kligman, MD, PhD, *Dermatologic Surgery*, 31, pp. 890–891.

Krigas, N. *et al.* (2015). Introducing Dittany of Crete (*Origanum dictamnus* L.) to gastronomy: A new culinary concept for a traditionally used medicinal plant, *International Journal of Gastronomy and Food Science*. AZTI-Tecnalia, 2(2), pp. 112–

Kumar, A. *et al.* (2019). Marine collagen peptide as a fortificant for biscuit: Effects on biscuit attributes, *LWT*. Academic Press, 109, pp. 450–456.

Lenucci, M. S. *et al.* (2010). Optimisation of biological and physical parameters for lycopene supercritical CO₂ extraction from ordinary and high-pigment tomato cultivars, *Journal of the Science of Food and Agriculture*. John Wiley & Sons, Ltd, 90(10), pp. 1709–1718.

Lima, A. (2017) *Vitamina E - fontes e importância - Nutrição - InfoEscola*. Disponível em: <https://www.infoescola.com/bioquimica/vitamina-e/> (Consultado em: 28 October 2020).

Março, P. H. *et al.* (2008). Analytical procedures for identifying anthocyanins in natural extracts, *Química Nova*. Sociedade Brasileira de Química, pp. 1218–1223.

Martillanes, Sara *et al.* (2018). Agrifood By-Products as a Source of Phytochemical Compounds, pp. 1–58.

Mateus, R. (2004). *Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção*.

Miguel, J., Duarte, L. and Pessoa, U. F. (2015) . *Subprodutos Alimentares : Novas Alternativas e Possíveis Aplicações Farmacêuticas*.

Montenegro, P. (2016) *PIBID e o Ensino de Química: Microagulhamento*.

Disponível em : <http://quipibid.blogspot.com/2016/05/microagulhamento.html>
(Consultado em: 28 Outubro de 2020).

Moura, A. L. *et al.* (2018). 2,3-Unsaturated O-glycosides: Applications, ferrier rearrangement and reactions, *Quimica Nova*. Sociedade Brasileira de Quimica, pp. 550–566.

Mwinga, J. L. *et al.* (2019). Botanicals used for cosmetic purposes by Xhosa women in the Eastern Cape, South Africa, *South African Journal of Botany*. Elsevier B.V., 126, pp. 4–10.

Nunes, M. A. *et al.* (2017). Grape Processing By-Products as Active Ingredients for Cosmetic Proposes, in *Handbook of Grape Processing By-Products: Sustainable Solutions*. Elsevier Inc., pp. 267–292.

Okino-Delgado, C. H. *et al.* (2018). Brazilian fruit processing, wastes as a source of lipase and other biotechnological products: a review, *An Acad Bras Cienc*, 90(3), pp. 2927–2943.

Pandey, A. *et al.* (2020) *Cosmeceuticals, 2020*. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK544223/> (Consultado em: 10 Outubro de 2020).

Pengkumsri, N. *et al.* (2015). Physicochemical and antioxidative properties of black, brown and red rice varieties of northern Thailand, *Food Science and Technology*. Sociedade Brasileira de Ciencia e Tecnologia de Alimentos, SBCTA, 35(2), pp. 331–338.

Pintado, M. E. and Teixeira, J. A. (2015). Valorização de subprodutos da indústria alimentar: obtenção de ingredientes de valor acrescentado, *Boletim de Biotecnologia*, pp. 10–12.

Pires, J. (2010) *Resveratrol - Farmacologia - InfoEscola*. Disponível em: <https://www.infoescola.com/farmacologia/resveratrol/> (Consultado em: 25 Outubro de 2020).

Rodrigues, J. (2014) *Eugenol - Molécula da Semana - FCiências*. Disponível em: <https://www.fciencias.com/2014/02/06/eugenol-molecula-da-semana/> (Consultado em: 28 Outubro de 2020).

Santana-Meridas, O. *et al.* (2012). Agricultural residues as a source of bioactive natural products, pp. 447–466.

Searle, T. *et al.* (2020). The top 10 cosmeceuticals for facial hyperpigmentation, *Dermatologic Therapy*, pp. 1–12.

Shahidi, F. and Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects - A review, *Journal of Functional Foods*. Elsevier Ltd, pp. 820–897.

Silva, R. *et al.* (2016). Supercritical fluid extraction of bioactive compounds, *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*. Elsevier B.V., pp. 40–51.

Simitzis, P. E. (2018). Agro-industrial by-products and their bioactive compounds-An ally against oxidative stress and skin aging, *Cosmetics*, 5(4), pp. 1–16.

Simões, V. *et al.* (2013). Síntese, caracterização e estudo das propriedades de um novo complexo mononuclear contendo quercetina e íon Ga(III), *Química Nova*. SBQ, 36(4), pp. 495–501.

Soares, S. E. (2002). Phenolic acids as antioxidants, *Revista de Nutricao*. Revista de Nutricao, pp. 71–81.

Sousa, C. *et al.* (2017). *Desperdícios de vinicultura: potenciais aplicações e sustentabilidade*. Edited by N. E. Academicas.

Squillaci, G. *et al.* (2018). Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) industrial wastes as a valued bioresource for the production of active ingredients, *Process Biochemistry*. Elsevier Ltd, 64, pp. 228–236.

Sun, L. *et al.* (2018). Volatile components, total phenolic compounds, and antioxidant capacities of worm-infected *Gomphidius rutilus*, *Food Science and Human Wellness*. Elsevier BV, 7(2), pp. 148–155.

Taofiq, O. *et al.* (2019). Phenolic acids, cinnamic acid, and ergosterol as cosmeceutical ingredients: Stabilization by microencapsulation to ensure sustained bioactivity, *Microchemical Journal*. Elsevier Inc., 147, pp. 469–477.

Teichert, J. *et al.* (2003). Plasma Kinetics, Metabolism, and Urinary Excretion of Alpha-Lipoic Acid following Oral Administration in Healthy Volunteers, *The Journal of Clinical Pharmacology*. John Wiley & Sons, Ltd, 43(11), pp. 1257–1267.

Teng, H. *et al.* (2017). Red raspberry and its anthocyanins: Bioactivity beyond antioxidant capacity, *Trends in Food Science and Technology*. Elsevier Ltd, pp. 153–165.

Território, M. D. A. E. D. O. Do (2011) ‘Decreto-Lei nº 73/2011 de 17 de Junho’, *Diário da República*, pp. 1–50.

Uenojo, M. *et al.* (2007). Carotenóides: propriedades, aplicações e biotransformação para formação de compostos de aroma, *Quim. Nova*, 30(3), pp. 616–622.

Wickramasuriya, A. M. and Dunwell, J. M. (2018). Cacao biotechnology: current

status and future prospects, *Plant Biotechnology Journal*. Blackwell Publishing Ltd, 16(1), pp. 4–17.

Wognum, P. M. *et al.* (2011). Systems for sustainability and transparency of food supply chains - Current status and challenges, *Advanced Engineering Informatics*. Elsevier, 25(1), pp. 65–76.

Zhou, Z. *et al.* (2016). Large-scale prediction of collision cross-section values for metabolites in ion mobility-mass spectrometry, *Analytical Chemistry*. American Chemical Society, 88(22), pp. 11084–11091.