

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Curso de Graduação em Farmácia-Bioquímica

**Ingredientes de origem sustentável para uso em produtos cosméticos:
uma revisão**

Rafaela Sasounian

Trabalho de Conclusão do Curso de
Farmácia-Bioquímica da Faculdade de
Ciências Farmacêuticas da
Universidade de São Paulo.

Orientador(a):
Prof.(a). Dr(a) André Rolim Baby

São Paulo

2022

Ingredientes de origem sustentável para uso em produtos cosméticos: uma revisão

Sumário

	Pág.
Lista de Abreviaturas.....	1
RESUMO	2
ABSTRACT	3
INTRODUÇÃO	4
OBJETIVOS	7
MATERIAL E MÉTODOS	7
RESULTADOS E DISCUSSÃO	7
<i>1 Materiais renováveis</i>	
<i>1,1 Provindos de espécies vegetais</i>	<i>7</i>
<i>1,2 Provindos de microrganismos</i>	<i>11</i>
<i>1,3 Provindos de espécies animais</i>	<i>15</i>
<i>1,4 Cultura in vitro</i>	<i>16</i>
<i>1,5 Provindos de algas</i>	<i>18</i>
<i>2 Materiais reciclados</i>	
<i>2,0 Materiais reciclados</i>	<i>21</i>
CONCLUSÃO	28
REFERÊNCIAS	29

LISTA DE ABREVIATURAS

UV	Filtros ultravioleta
MELs	Lipídios de manosil eritritol
PYP1-5	Peptídeo de <i>Porphyra yezoensis</i>
FAO	Organização de Alimentos e Agricultura das Nações Unidas
NaDESs	Solventes profundamente eutéticos naturais
FPS	Fator de proteção solar
PUFAs	Ácidos graxos poli-insaturados

Resumo

Introdução: A população está cada vez mais consciente da poluição provocada pela produção industrial de diversos produtos, incluindo os cosméticos. Consumidores, atualmente, preferem os produtos de origem sustentável, reafirmando a necessidade de alterar a forma como são produzidos.

Objetivos: Nessa revisão, demonstrar-se-á alternativas ao uso de ingredientes derivados de petróleo e inovações do âmbito de compostos renováveis que compõem produtos cosméticos.

Metodologia: Foi feita uma revisão bibliográfica utilizando artigos que continham as seguintes palavras-chave “cosmetics sustainable ingredients” e/ou “cosmetics renewable ingredients”. Artigos dos últimos 12 anos foram selecionados e serviram de fonte de informação para elaboração deste trabalho.

Discussão: Serão abordados diversos ingredientes renováveis de origem natural (providos de vegetais, animais, algas e microrganismos); ingredientes providos de culturas celulares, uma metodologia muito interessante, pois, além de prover uma fonte renovável de matéria prima, permite a extração de compostos de espécies ameaçadas de extinção, com baixo consumo de água, energia e combustíveis. Por fim, iremos ressaltar a importância do conceito da bioeconomia, este pode ser aplicado na indústria cosmética ao reutilizar partes de alimentos e resíduos orgânicos de outras indústrias para produzir compostos com valor agregado.

Conclusão: Com a tendência global pelo uso de cosméticos sustentáveis, esta indústria deve adequar seus ingredientes, formas de extração e manufatura. Consumidores exigem, cada vez mais, o uso de ingredientes renováveis em detrimento aos de origem fóssil. Atualmente não temos subsídios para realizar a substituição de todos os derivados de petróleo, porém podemos reduzir consideravelmente seu uso.

Unitermos: Ingredientes sustentáveis, ingredientes renováveis, cosméticos

Abstract

Introduction: The population is increasingly aware of the environmental harm caused by a diverse range of industries, including the cosmetic industry. Currently, customers prefer sustainably sourced products. This reaffirms the necessity to make some changes on the production of said items.

Objectives: In this review, alternatives to the use of petroleum-based ingredients will be demonstrated as well as innovations in the field of renewable cosmetrical ingredients.

Methodology: This review was made using articles containing a few keywords “cosmetics sustainable ingredients” and/or “cosmetics renewable ingredients”. Articles of the last 12 years were selected and used as a source of information to elaborate this work.

Discussion: Ingredients of natural origin (originate from plants, animals, algae and microorganisms) will be addressed, as well as ingredients obtained from cell cultures, which is a very interesting methodology because, in addition to providing a renewable source of raw material, it allows the extraction of compounds of endangered species, with low consumption of water, energy and fuels. Finally, it is important to emphasize the concept of the bioeconomy this can be applied in the cosmetic industry by reusing organic waste from other industries to produce compounds with added value.

Conclusion: With the global trend of using sustainable cosmetics, this industry needs to rethink the way they extract and manufacture their ingredients. Consumers are demanding the replacement of fossil-based ingredients with renewable materials. Currently we do not have substitutes to all petroleum products, but we can considerably reduce their use.

Keywords: Sustainable ingredients, renewable ingredients, cosmetics

Introdução

Poluição do ar pode provocar diversas condições adversas à pele humana, como, por exemplo, acelerar a formação de rugas e linhas de expressão; tornar a pele mais frágil e fina; menos elástica; mais seca com poros aumentados; aumentar o estresse oxidativo; pode gerar reações alérgicas e inflamatórias (acne e psoríase por exemplo) dentre outras (ASLAM et al., 2021).

De acordo com a União Europeia, o produto cosmético é uma substância ou uma mistura de substâncias que entrará em contato com a epiderme, unhas, cabelo, lábios, dentes e membranas mucosas da boca. Estes têm como função principal limpar, perfumar, proteger ou alterar a aparência, ou seja, são utilizados em grandes quantidades diariamente (TAOFIQ et al., 2017). Cosmecêutico é um produto que não só têm ações cosméticas, como, também, possui propriedades ativas mais específicas para melhorar as estruturas, aparência ou funções da pele (KALASARIYA et al., 2021). Atualmente, há preocupação sobre as questões ambientais relacionadas aos ingredientes sintéticos, usados também em cosméticos, e há crescente demanda pelo uso de alternativas sustentáveis (MORONE et al., 2020). Parte dos cosméticos no mercado contém compostos químicos sintéticos, relativamente nocivos ao meio ambiente, incorporados à sua formulação que estão se tornando uma crescente preocupação. Assim, há demanda global do consumidor por produtos menos poluentes (GORDOBIL et al., 2020).

O crescimento do mercado cosmético é exponencial bem como o aumento da preocupação com o meio ambiente (ASLAM et al., 2021) o que demanda a utilização de novas formulações com ingredientes menos poluentes. No mundo, há a tendência do aumento do número de consumidores que se preocupam com o meio ambiente e preferem utilizar produtos renováveis. De maneira geral, pessoas com maior nível de escolaridade se preocupam mais com os problemas ambientais relacionados com o uso de cosméticos (KALIYADAN; AL DHAFIRI; AATIF, 2020), porém, a maioria dos clientes não está disposta a pagar mais por um produto que possua ingredientes sustentáveis (KALIYADAN; AL DHAFIRI; AATIF, 2020).

Já foram relatados problemas ambientais relacionados a descarte inadequado de cosméticos. O acúmulo desses resíduos em ambientes aquáticos pode danificar algas e, além dos problemas relacionados à diminuição da liberação de oxigênio por esses organismos, o aumento de sua biomassa libera toxinas, causando ao efeito da “maré vermelha” que pode danificar organismos de vários níveis tróficos, desde ostras até

mamíferos. Mais estudos precisam ser feitos para determinar a real extensão dessa contaminação, uma vez que o ambiente e a mistura complexa de materiais podem promover significativas alterações de resultados (XIN; HUANG; ZHANG, 2020).

Um estudo realizado com filtros ultravioleta (UV) orgânicos demonstrou que estes podem ser poluentes ao ambiente aquático. Testes utilizando larvas de cracas náuplios (*Balanus amphitrite*) demonstraram a possibilidade de ocorrer toxicidade aguda a alguns dos filtros mais comumente utilizados (benzofenona-8 e 4-metilbenzilideno cânfora). Vale ressaltar que houve indícios de bioacumulação. A concentração desses filtros orgânicos é maior próximo à áreas industriais e urbanizadas e sua concentração dilui-se nas regiões subjacentes, porém, com o fenômeno de bioacumulação, problemas a longo prazo ainda são uma possibilidade a ser estudada, mesmo nas regiões mais distantes (TSUI et al., 2019).

As alternativas renováveis podem diminuir a poluição gerada por essas empresas. Esses produtos podem ter origem em plantas, animais, algas e microrganismos, por exemplo. Os organismos vivos podem produzir uma gama diversa de produtos com funções relevantes, como ingredientes para a indústria cosmética, podendo funcionar como agente oleoso, anti-idade, antioxidante, hidratante e protetor contra raios UV, entre outros (AHMED et al., 2020).

Alguns compostos de interesse podem ser extraídos de fontes vegetais. Um exemplo é o uso dos polifenóis das folhas de manga (*Mangifera indica* L.), aplicados como antioxidantes em cremes para pele, um ingrediente tradicional da medicina chinesa (SHI et al., 2020).

Outra opção é o uso de biomassa de insetos, como as larvas de *Hermetia illucens*, que é uma fonte de compostos bioativos que podem ser usados para produção de cosméticos. O cultivo de quantidade significativa destes é viável economicamente e sua conversão de resíduos orgânicos em lipídeos é eficiente e tem baixo impacto ambiental. Ou seja, a larva utiliza resíduos, que normalmente seriam descartados, em componentes de alto valor agregado, que podem ser usados como matéria-prima para cosméticos. Destes, pode-se extrair glicina, ácido linoleico e alfa-linoleico e quitina (ALMEIDA; RIJO; ROSADO, 2020). Ademais, pode-se usar quitina para produzir micro e nanopartículas de quitosana (CASADIDIO et al. 2019).

O uso de algas pode ser interessante para a substituição de compostos derivados de petróleo por ingredientes renováveis. Como exemplo, a cera microcristalina, muito utilizada na produção de batons, tem origem sintética desenvolvida a partir de derivados do petróleo. Existem diversas outras ceras no

mercado ideais para produção de batons, mas, para manter o ponto de fusão e dureza similar à cera sintética, estuda-se utilizar as ceras chamadas alquenonas produzidas a partir de algas. Uma fonte renovável que gera ceras com características similares às sintéticas (HUYNH et al., 2020).

Microrganismos também são uma relevante opção, por exemplo, em um processo fermentativo, a *Saccharomyces cerevisiae* pode utilizar xilose (composto extraído de plantas) para produzir álcoois graxos que na indústria cosmética que servem como emulsificantes e lubrificantes (MELLOU; et al. 2019).

O uso de materiais renováveis para produção de ingredientes cosméticos ainda pode ser otimizado com o cultivo de células vegetais, que tem diversos benefícios, a saber: não é dependente da sazonalidade do vegetal; é ecologicamente interessante, utiliza menor volume de água; não é necessário realizar controle de pragas; utiliza menos energia (EIBL et al., 2018); a tecnologia pode ser usada para produzir compostos pertencentes a plantas raras, protegidas ou ameaçadas de extinção e; diferentes tecidos podem ser cultivados em ambientes assépticos, o que favorece a velocidade do seu crescimento (KRASTEVA; GEORGIEV; PAVLOV, 2020). Pelo exposto, a cultura de células pode se tornar forma economicamente viável de produzir alguns compostos. A desvantagem é que a forma de cultura é afetada pela espécie da planta, genótipo, meio de cultivo e condições ambientais, entre outros, ou seja, requer equipe qualificada (AHMAD et al. JOYIA, 2021).

Uma estratégia para minimizar o problema da poluição derivada da produção de ingredientes cosméticos é o uso de produtos recuperados da fabricação de outros artigos industriais. Valorizar e utilizar os resíduos têm se tornado prática econômica e sustentável. Por exemplo, indústria alimentícia produz resíduos orgânicos em excesso, que poderiam ser utilizados como fonte de compostos fenólicos, como flavonoides e ácidos fenólicos, entre outros diversos compostos que seriam descartados (CORREDDU et al., 2019). De 8 a 20 toneladas de sementes e casca de melão (*Cucumis melo* L.) são desperdiçados ao ano. No entanto, estes são ricos em compostos fenólicos passíveis de aproveitamento (VELLA; CAUTELA; LARATTA, 2019).

O uso de cosméticos possui relação direto com a saúde do ser humano. Os filtros solares previnem doenças, como câncer de pele, e desconfortos, como queimaduras solares, porém, sua produção atualmente é realizada majoritariamente com compostos sintéticos, que podem causar impactos negativos ao ecossistema

aquático de lagos, rios, lençóis freáticos e mar (HANIGAN et al., 2018). Ademais, tais compostos tendem a se acumular nos organismos (GORDOBIL; et al., 2020).

Objetivos

O presente trabalho de conclusão de curso revisou, por meio da literatura científica, alternativas sustentáveis para produção de ingredientes para manufatura de produtos cosméticos, pretendendo-se a redução do impacto ambiental.

Material e Métodos

Esta obra foi elaborada sistematicamente por pesquisas em bases de dados, como Scopus, *PubMed*, *Science Direct* e *Scielo*. Dentre as palavras-chave, utilizaram-se “cosmetics sustainable ingredients” e “cosmetics renewable ingredients”. Artigos no intervalo de 12 anos foram consultados e utilizados. Os ingredientes foram categorizados em:

- Ingredientes reciclados provenientes de materiais que são comumente considerados resíduos e que seriam normalmente descartados.
- Ingredientes e materiais renováveis e sustentáveis para produzir matérias-primas para uso cosmético.

Resultados e Discussão

1 Materiais renováveis

1,1 Provindos de espécies vegetais

Emulsões e espumas requerem tensoativos para manterem-se estáveis, evitando separação de fases e garantindo o tempo de prateleira adequado. Atualmente, a maioria dos tensoativos utilizados é de fonte sintética ou semissintética (por exemplo, tweens, spans ou ésteres de sucrose). Contudo, com a tendência de aumentar a sustentabilidade na produção industrial, foram criados os biossurfactantes que têm origem renovável. Estes são biocompatíveis e biodegradáveis (XU; WAN; YANG, 2021) e têm a vantagem de serem absorvidos gradualmente (MELLOU; VARVARESOU; PAPAGEORGIOU, 2019).

Alquil glicosídeos são tensoativos completamente biodegradáveis que podem ser produzidos a partir de uma reação de álcoois graxos de coco ou palmeira com glicose. Estes podem servir para emulsionar formulações e formam espuma com qualidade, podendo ter propriedades de limpeza (ALFALAH; LORANGER;

SASSEVILLE, 2017). Os acil glicosídeos, por sua vez, são altamente estáveis e ecologicamente corretos. Estes são produzidos a partir da condensação de um açúcar com um álcool graxo, sendo que este determina o seu tamanho. Os álcoois graxos podem ser extraídos das mais diversas plantas, como batatas, milho ou coco. Atualmente, seu uso está relacionado a diversos produtos, como xampus, sabonetes, desodorantes, protetores solares e cremes hidratantes, entre outros (LORANGER et al., 2017).

As saponinas, presentes nas árvores *evergreen* (*Quillaja saponaria*), podem agir como biossurfactantes. Tais saponinas possuem características reológicas interessantes. Sua estrutura anfifílica permite a formação de micelas além da concentração micelar crítica, permitindo a formação de emulsões e nanoemulsões (XU; WAN; YANG, 2021). Outra espécie de *evergreen* (*Pistacia lentiscus* L.) possui atividades diferenciadas que estão relacionadas a aumentar a elasticidade e diminuir manchas da pele, mas, também, possui ação antioxidante. Os principais compostos responsáveis pela sua atividade são miricetina-3-O-ramnosídeo e quercetina-3-O-ramnosídeo, com ação inibitória da tirosinase (diminuindo a formação de manchas na pele) e da elastase (agindo prevenindo rugas) e com ação antioxidante (ELLOUMI et al., 2022).

Aloe (*Aloe vera*) é um vegetal utilizado para produção de cosméticos dada a existência de oleosinas capazes de inibir a enzima tirosinase, reduzindo manchas de pele, além disso, possui diversos mucopolissacarídeos como glicina, serina e arginina que retêm água, sendo ideais como hidratantes para pele e cabelo (DINI; LANERI, 2021).

Outro vegetal com compostos de interesse para formulações capilares é a Sumagre (*Rhus typhina*). Desta podem ser extraídos fitopigmentos derivados de antocianinas aciladas que servem como colorações e proteínas para produção de xampus. Ademais, possui óleos (ex. ácido esteárico, ácido linoleico, ácido palmítico, ácido oleico, ácido palmitoleico) que podem ser utilizados como princípios ativos em formulações anticaspa ou em cremes para condicionar a pele (WANG; ZHU, 2017).

Coco (*Cocos nucifera*) e seus óleos protegem a pele de raios UV e seu leite doa à pele sensação macia e é capaz de remover cravos por possuir propriedades antissépticas provenientes de suas gorduras (DINI; LANERI, 2021).

Mamão papaia (*Carica papaya*) possui quercetina, miricetina, campferol, glicosídeos com atividade anti-idade e ácidos ferúlico e caféico com potencial antioxidante e anti-inflamatório (DINI; LANERI, 2021). Os compostos antioxidantes,

además de atuarem contra os danos causados pelos raios UV, também auxiliam a estabilizar formulações cosméticas (PINTATHONG et al., 2021).

Figueira da Índia (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) é uma planta típica da região semiárida, comum no Brasil, México e Chile. Sua composição química pode ser influenciada por fatores como espécie, ambiente, clima, uso de fertilizantes tratamento pós-colheita, entre outros. Para a indústria cosmética, diversos compostos presentes em seus resíduos são interessantes, pois há compostos fenólicos (por exemplo, ácido gálico e catequina), flavonoides que possuem, também, ação antiviral e antibacteriano (por exemplo, campferol e quercetina), betalaínas que possuem função como pigmento e, estas podem ser divididas em duas classes: betacianinas e betaxantinas. As betacianinas possuem coloração vermelha/roxa e as betaxantina possuem coloração amarela. Estas podem substituir pigmentos inorgânicos, não renováveis. Además pode-se extrair vitamina C e carotenoides desta planta aumentando seu aproveitamento (SILVA et al., 2021).

Extratos vegetais têm sido incorporados em protetores solares objetivando aumentar a proteção contra raios UV. A acácia branca (*Moringa oleifera*) possui uma grande quantidade de compostos antioxidantes que podem contribuir com a proteção da pele contra raios solares; polifenóis, como ácido elágico, que além de agir como filtro solar também têm ação preventiva contra danos ao colágeno, exibindo potencial anti-idade; ácido ferúlico e rutina que aumentam a eficácia de outros filtros UV, como benzofenona-3 (BALDISSEROTTO et al., 2018).

Arroz (*Oryza* sp.) e milho (*Zea mays*) possuem ácido caféico, ferúlico, sinápico e cumárico que possuem atividade contra raios UV; clareadora de manchas na pele (inibe a ação da tirosinase) e tem ação antioxidante. Estes também podem ser produzidos a partir da síntese química, por transesterificação, utilizando ácido clorogênico, ou esterificação, sendo, assim, uma reação sustentável; outra rota consiste na biossíntese com auxílio de microrganismos. A biossíntese possui vantagens por facilitar a purificação das moléculas. Não se conhece um organismo fermentativo que produza estes compostos, porém, estudos indicam que utilizando o método de co-expressão de genes em *Saccharomyces cerevisiae* há a possibilidade realizar a biossíntese dos ácidos sinápico, caféico, ferúlico e cumárico (GRAJALES-HERNÁNDEZ et al., 2021).

Ácidos hidroxicinâmicos e seus derivados possuem ação antioxidante, anticolagenase, anti-inflamatória, antimicrobiana, protetora contra raios UV e antitirosinase, sendo um conjunto de ações relevantes para produtos que almejam

rejuvenescer a pele. Porém, sua característica de fácil oxidação dificulta seu uso em escala industrial, pois gera alta instabilidade. Estudos usando a técnica de microencapsulamento auxiliaram na resolução desse cenário e viabilizaram o potencial uso deste composto de modo sustentável. Estes podem ser encontrados em diversas frutas e vegetais (TAOFIQ et al., 2017).

O suor trata-se de reação fisiológica comum do corpo com intuito de diminuir sua temperatura. Em muitas culturas, o excesso deste pode ser entendido como falta de higiene pessoal. Compostos malcheirosos são produzidos por bactérias presentes na região da axila. Há diversos componentes que podem ser utilizados para reduzir tal mau odor, porém, a maioria possui toxicidade desconhecida ou são danosos ao meio ambiente. Exemplos dos compostos são triclosan ou sais de alumínio. A alternativa são os óleos essenciais. Estes podem ser utilizados como uma fonte sustentável de eliminar tais odores corpóreos (OLIVEIRA et al., 2021).

Óleos essenciais são normalmente obtidos a partir da hidrodestilação de espécies vegetais. Estes são utilizados como ingredientes cosméticos por conta de seu odor agradável, todavia, ressaltam-se suas propriedades antifúngicas e antimicrobianas que podem ser usados como conservantes (ANTONIOTTI, 2014). Óleos essenciais possuem composição mista; estes são compostos por uma mistura de moléculas complexas, normalmente, contendo terpenos, álcoois, ésteres e cetonas (OLIVEIRA et al., 2021). As misturas de compostos que fazem um óleo essencial podem ter características físico-químicas similares, mas funcionalidades biológicas diferentes, inclusive, podendo ser tóxicas. Assim, para ampliar a seletividade dos produtos e permitir seu uso no âmbito industrial, pode-se citar metodologias enzimáticas com a vantagem de utilizar pouca energia, sendo assim sustentáveis (ANTONIOTTI, 2014). O pré-tratamento enzimático é usado na planta para enfraquecer a estrutura das células e facilitar e aumentar a extração de metabólitos. Por exemplo, este método é utilizado no tratamento de cascas de mexericas (*Citrus bergamia* Risso) com enzimas provindas de *Aspergillus* sp. promovendo um aumento do potencial antimicrobiano do óleo essencial obtido. O pós-tratamento enzimático, por sua vez, é um processo mais demorado e com maior gasto de energia. Porém, este aumenta a qualidade do extrato, por exemplo, as características olfativas do extrato de Palmarosa (*Cymbopogon martinii*) podem ser melhoradas utilizando este método pois o tratamento aumenta a concentração de álcoois terpênicos, inclusive, possibilitando a elevação do preço desse ingrediente e consequentemente do produto final (ANTONIOTTI, 2014).

Óleos essenciais, por conta de sua volatilidade, são susceptíveis à decomposição química e física. Atualmente, estuda-se a possibilidade de utilizar nanocarreadores de lipídeos para melhorar a penetração tópica e adiar sua degradação. Esta tecnologia é de interesse, por ser segura, biocompatível e auxiliar em um processo de liberação modificada. Nanocarreadores lipídicos possuem eficácia de encapsulação, estabilidade coloidal e não utilizam solventes orgânicos. Esta tecnologia é de grande interesse pois ajuda a superar diversos desafios encontrados na fabricação em grande escala de formulações utilizando óleos essenciais. Além disso melhoram a percepção sensorial das formulações um aspecto importante para o consumidor final. Para a produção destes nanocarreadores podemos citar diversas fontes lipídicas, a exemplo, os óleos da Salsa (*Ridolfia segetum* (L.) Moris), que podem ser obtidos a partir da hidrodestilação (destilação azeotrópica) das folhas secas; um processo simples e de baixo custo. É interessante ressaltar que além de possuir componentes estruturais para a produção de nanopartículas lipídicas, os óleos essenciais de salsa também podem ser utilizados como agentes antioxidantes e anti-inflamatórios (MIRANDA et al., 2019).

Trealose é um composto que pode ser obtido por meio de hidrólise enzimática a partir de diversas espécies de artrópodes, plantas e fungos. Este açúcar já é utilizado em diversas formulações cosméticas no mercado. Por suas propriedades hidratantes, capacidade de agir como tensoativo e ao impedir a oxidação, este pode ser utilizado para reduzir odores do corpo formados pela degradação de gorduras insaturadas. Porém, sua produção se mantém limitada pelo alto custo. Atualmente, estuda-se novo método compatível com a produção em larga escala (série de reações enzimáticas em tapioca ou amido de milho) (OHTAKE; WANG, 2011).

1,2 Provindos de microrganismos

Atualmente, ingredientes cosméticos estão relacionados a compostos não renováveis ou biodegradáveis (ALMEIDA et al., 2021). O cultivo de microrganismos oferece alternativa com vantagens relacionadas à menor necessidade de espaço e de água para seu cultivo (HUSSAIN et al., 2022).

Nanocelulose bacteriana é um candidato para substituir os polímeros sintéticos utilizados em cosméticos. Este é um polissacarídeo produzido por bactérias acéticas, sendo assim, renovável e biodegradável. A nanocelulose é utilizada em formulações cosméticas para melhorar textura e aumentar a ação no organismo. A celulose pode ser obtida de fontes diversas. As abordadas nesse trabalho foram limitadas àquelas

produzidas na forma nanométrica por bactérias como *Komagataeibacter* (considerada mais eficaz), *Agrobacterium*, *Aerobacter*, *Achromobacter*, *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Sarcina*, *Salmonella* e *Escherichia*. A estrutura porosa da nanocelulose permite a incorporação de substâncias ativas. Característica interessante para produção de máscaras faciais, pois mantém estrutura elástica de fácil manejo, melhorando a adesão à pele e aumentando a penetração das substâncias ativas presentes em seus poros. Por sua viscosidade, este é interessante para formulações em gel, garantindo características organolépticas adequadas. Estas também podem ser utilizadas para imobilizar enzimas, agindo como estabilizante de emulsões, substituindo microplásticos (ALMEIDA et al., 2021). Porém, problemas relacionados com sua produção ainda devem ser solucionados. Bactérias têm instabilidade genética, podendo alterar o produto final e as características ideais para o cultivo destes, além disso, a nanocelulose possui comportamento de fluido não-newtoniano, o que pode dificultar seu manejo, gerando heterogeneidade na distribuição de oxigênio no meio de cultura (ALMEIDA et al., 2021).

Lipídios de manosil eritritol, também chamados de MELs (do inglês *mannosylerythritol lipids*), são glicolípideos usados como biossurfactantes. Estes são produzidos por reações fermentativas de diversas espécies de fungos do gênero *Pseudozyma*. Diferentes fungos geram diferentes MELs com diferentes graus de hidrofobicidade, o que permite variedade de funções para estes tensoativos (TAKAHASHI et al., 2012). Sua atividade gera microemulsões interessantes para o mercado cosmético (MORITA et al., 2013). Outras funções estão relacionadas ao uso de MELs, como ação anti-inflamatória e antioxidante, além de ter ação hidratante (TAKAHASHI et al., 2012). Estudos indicaram que MELs possuem ação para o tratamento de alopecia, ativando fibroblastos e células dos folículos. Estes podem ser utilizados para melhorar a dispersão e a resistência a água de óxidos de metais, sendo o mais comum o uso de compostos sintéticos, como silicones, assim, os MELs são opção ecologicamente mais viável e biodegradável (MORITA et al., 2013).

Ácido Butírico é um ácido graxo produzido, atualmente, a partir do petróleo. Este é utilizado para intensificar odores de frutas ou como precursor para produzir outras fragrâncias. Estuda-se mecanismo de obtenção deste por via fermentativa, a partir de bactérias anaeróbias dos gêneros *Butyrivibrio*, *Megasphaera*, *Roseburia*, *Butyribacterium*, *Clostridium*, *Sarcina*, *Coprococcus* e *Eubacterium*. Industrialmente prefere-se as espécies não patogênicas e faz-se cultura de células imobilizadas. Este processo ainda não é economicamente viável, pois se têm produtividade baixa, uma

vez que o ácido butírico é tóxico para as bactérias. Para melhorar a produção, pode-se retirar o produto do meio de cultura continuamente; outra opção, seria utilizar linhagens mais tolerantes ao ácido (JIANG et al., 2018).

β -Ionona é um terpenóide com fragrância floral de interesse para a indústria cosmética (aproximadamente, 166 milhões de euros foram arrecadados entre 2011 e 2015 com a venda deste terpeno), porém, por questões ambientais e geopolíticas, sua extração diretamente por plantas se tornou complexa e o consumidor está menos propenso a utilizar produtos sintetizados, assim, a alternativa proposta seria o uso de *Yarrowia lipolytica*, um microrganismo capaz de produzir este composto, porém, seriam necessárias alterações genéticas para que este se torne capaz de produzir ampla gama de carotenoides, inclusive beta-caroteno, que é o precursor da β -ionona. Sua biossíntese é finalizada pela enzima desidrogenase de clivagem de carotenoide 1. Ainda se estuda meio de produzi-la em larga escala, já que a produção por *Yarrowia lipolytica* é reduzida (CZAJKA et al., 2018).

Ambergris, também chamado de âmbar cinzento ou âmbar cinza é uma cera aromática excretada pelo trato intestinal do cachalote (*Physeter macrocephalus*). Diversos substitutos para essa fragrância foram propostos, entre eles o ambroxído, produzido por semissíntese a partir de esclareol isolado da Sálvia (*Salvia sclarea*), porém, haveria uma necessidade de quantidade elevada dessa planta. A alternativa seria realizar o cultivo celular a partir de uma linhagem de *Escherichia coli* geneticamente modificada, esta alternativa seria preferível por ser economicamente viável e ecologicamente mais interessante (SCHALK et al., 2012).

Monoterpenóides, como limoneno, geraniol e linalol, são compostos voláteis encontrados nos óleos essenciais de plantas, sendo assim, podem ser extraídos com solventes orgânicos ou por destilação, no entanto, o primeiro é poluente e, o segundo, custoso, ademais, ambos não geram produto de alta pureza. A alternativa foi a biossíntese microbiana por *S. cerevisiae* e *E. coli*. Atualmente, o volume produzido não é o suficiente para o mercado, mas, a produção é eficaz e estão sendo estudadas alternativas para evitar os problemas associados à síntese como: baixa concentração de cofatores, enzimas ou precursores e a citotoxicidade dos compostos. Por exemplo para suprir a falta de enzimas endógenas pode ser feita uma suplementação com enzimas exógenas; para evitar que a citotoxicidade dos compostos leve a uma diminuição dos microrganismos produtores, podem ser isoladas linhagens de microrganismos com maior tolerância a estes compostos. Estes são interessantes por suas fragrâncias características. O geraniol tem fragrância similar a das rosas (*Rosa*

sp.), o limoneno é uma fragrância comum entre as frutas cítricas e nerol não possui fragrância característica, mas seus efeitos antimicrobianos são de grande interesse para a indústria cosmética (LIU et al., 2021).

Ácido chiquímico é um composto orgânico quiral conhecido, particularmente, pela sua ação farmacológica para o tratamento de gripe suína. Porém, também possui ações interessantes para o mercado cosmético, como, por exemplo, no crescimento capilar, uma vez que interage com um dos mecanismos causadores da alopecia (nos mecanismos bioquímicos da serotonina e melatonina). Possui uma ação anti enzimática em lipases, impedindo a degradação de triglicerídeos que liberam odor desagradável, sendo assim, tem potencial para ser utilizado em desodorantes; possui ação antibacteriana, permitindo seu uso em preparações antiacne, em cremes para controlar hiperqueratose folicular e em loções e xampus anticaspa. Sua produção pode ser baseada em extração vegetal, porém, existe um processo mais rápido e eficiente baseado em fermentação de glicose. Mais pesquisas devem ser realizadas para melhorar o processo fermentativo, deve-se estudar o melhor microrganismo fermentador e a melhor rota biossintética para sua produção. Porém, considerando a necessidade de grandes quantidades deste composto, o uso de microrganismos deve se tornar a solução mais viável economicamente, produzindo quantidades expressivas de ácido chiquímico com diminuto impacto ambiental (RAWAT; TRIPATHI; SAXENA, 2013)

Bisabolol é um álcool sesquiterpeno monocíclico com atividades anti-inflamatória, hidratante, antibacteriana e antisséptica. Está presente na camomila (*Matricaria recutita*) e na cadaleia (*Eremanthus erythropappus*). Este composto pode ser extraído com solventes orgânicos, mas, além de utilizar compostos poluentes, o processo necessita de uma quantidade elevada de matéria-prima vegetal. Sua síntese não é interessante, porque dificultaria a separação dos seus diastereoisômeros e apenas o isômero alfa é interessante. A alternativa seria biossíntese, usando *Saccharomyces cerevisiae* recombinante com o gene para síntese de alfa-bisabolol (KIM et al., 2021), *Escherichia coli* também é capaz de fazer expressão heteróloga de mevalonato e de genes produtores de bisabolol. Para aumentar sua produção, alterações genéticas foram realizadas para promover acúmulo de acetil co a e redução de produto secundário (LIM et al., 2021).

Diversas bactérias têm capacidade de produzir pigmentos sustentáveis com propriedades bioativas, como ação antimicrobiana, antioxidante ou fotoprotetora, porém, estudos devem ser realizados caso-a-caso para garantir a qualidade da cor e

para otimizar condições de cultivo. Deve-se, também, isolar subespécie que contenha as características de interesse, pois, em uma mesma cultura, mutações espontâneas podem gerar resultados indesejáveis ao produto (CHOKSI; VORA; SHRIVASTAVA, 2020).

1,3 Provindos de espécies animais

Insetos são importante fonte de compostos interessantes para a indústria cosmética. Além de serem fonte renovável de matérias-primas, sua cultura é economicamente viável, requer pouco espaço, o gasto energético é baixo, há mínima produção de resíduos e pouca água é necessária para a produção de sua biomassa. Uma desvantagem é a baixa aceitação do consumidor final (ALMEIDA; RIJO; ROSADO, 2020).

Quitina é um biopolímero biodegradável produzido por grande quantidade de organismos, como plantas, fungos e animais. Estes, além de serem não tóxicos, são biocompatíveis e podem ser extraídos de fontes naturais (CASADIDIO et al., 2019). Quitina e quitosana (forma descolorida da quitina) agem no organismo como antioxidantes e antimicrobianos. Podem ser obtidas a partir do exoesqueleto de crustáceos. Aproximadamente, 6 a 8 milhões de toneladas de resíduos são produzidos pelo processamento de crustáceos todos os anos (DE AGUIAR SALDANHA PINHEIRO et al., 2021).

Quitina pode ser interessante para formulações para a pele, como protetor solar, antioxidante, umectante (forma um filme que impede perda de água) (CASADIDIO et al., 2019), cicatrizante (interessante para tratamento de acne) (ALMEIDA; RIJO; ROSADO, 2020) e anti rugas (aumenta maciez e elasticidade da pele). Em formulações para o cabelo auxiliam a remover sebo, ademais da ação antibacteriana. Em dentifrícios, a quitina age contra cáries por destruir o biofilme (possui ação bactericida) formado nos dentes, além de agir na remineralização dental (CASADIDIO et al., 2019).

A partir de quitina, por meio de desacetilação, pode-se formar quitosana (um hidrocoloide). Quitosana é utilizada, atualmente, em formulações para cabelos, por formarem cargas opostas que permitem a formação de filme que aumenta a elasticidade e maciez da fibra. Esta característica pode favorecer produtos para pele, também, pois a formação de filme impede a penetração destes produtos em camadas mais profundas da pele, garantindo que os princípios ativos atuem topicamente.

Quitosana também pode proteger a pele contra formação de radicais livres (ALMEIDA; RIJO; ROSADO, 2020; FARIAS et al., 2019).

Outros compostos de interesse, além da quitina, podem ser extraídos de artrópodes. Larvas de *Hermetia illucens* possuem em sua biomassa quantidades significativas de glicina (hidratante) e arginina (antioxidante, aumenta a produção de colágeno e hidratante) (ALMEIDA; RIJO; ROSADO, 2020). *Bombyx mori* os chamados “bichos da seda” possuem fibroína de seda com propriedades tensoativas com baixa viscosidade. Em associação com capril glicosídeo, fibroína de seda pode ser utilizada como tensoativo (MAXWELL et al., 2020). O mesmo ocorre para com os crustáceos que, além da quitina, estes possuem astaxantinas. Sua ação antioxidante é 10 vezes maior do que de outros carotenoides. Ou seja, estes organismos podem ser fonte abundante de matérias primas além da quitina, evitando um maior desperdício (DE AGUIAR SALDANHA PINHEIRO et al., 2021).

1,4 Cultura *in vitro*

A produção de extratos de plantas provindos de vegetais pode ser otimizada com a cultura *in vitro* (KRASTEVA; GEORGIEV; PAVLOV, 2020). A produção de compostos vegetais a partir de cultura de células está sendo difundida para produção farmacêutica, mas, ainda, não foi difundida para a produção de compostos cosméticos. Característica que reforçaria esse procedimento a se adequar ao mercado cosmético seria que os princípios ativos normalmente são utilizados em pequena quantidade, assim, os volumes das culturas poderiam ser menores. Poder-se-ia também o isolar o órgão vegetal de interesse e apenas cultivar tal tipo celular, aumentando a velocidade de cultivo. Outra vantagem do cultivo seria isolar a planta de contaminantes, permitindo acelerar a fabricação (KRASTEVA; GEORGIEV; PAVLOV, 2020).

Desafios existem desta prática, por exemplo, esta necessita de mão de obra especializada para o processo fabril, que varia de espécie para espécie; outra é a necessidade da adequação legislativa do país a essa técnica, que pode se tornar um processo longo e burocrático. Deve-se ressaltar que a produção industrial possui desafios, as chamadas “barreiras biológicas” referentes a instabilidade genética, baixo metabolismo e heterogeneidade de células. Tem-se também as “barreiras tecnológicas” referentes à dificuldade de difusão de gases de maneira uniforme. A intensidade do movimento de mistura pode danificar as células, formação de espuma e agregação de células, entre outros (KRASTEVA; GEORGIEV; PAVLOV, 2020).

O cultivo *in vitro* pode ter benefícios, para obtenção de compostos de espécies vegetais protegidas, ameaçadas de extinção, raras e sazonais (KRASTEVA; GEORGIEV; PAVLOV, 2020). O método é considerado seguro e pode-se inibir a produção de compostos tóxicos (MARCHEV; GEORGIEV, 2020). Esta produção também pode ser considerada ecologicamente interessante, pois usa pequena quantidade de energia e água, reduzindo a emissão de carbono (KRASTEVA; GEORGIEV; PAVLOV, 2020), além disso, pode ser feita na própria fábrica onde ocorrerá a extração do material, economizando combustíveis fósseis que seriam utilizados no transporte (DINI; LANERI, 2021) (Figura 1).



Figura 1. Cultivo *in vitro* de vegetais (imagem de Sigma Aldrich, <https://www.sigmaaldrich.com/BR/pt/products/cell-culture-and-analysis/cell-culture-media-and-buffers/plant-culture-media>).

O uso de camomila (*Matricaria chamomilla* L.) em produtos de higiene pessoal e cosméticos é bastante comum, isto torna inviável o plantio convencional sustentável da planta. Porém, existem alternativas *in vitro*, como o cultivo por suspensão de células que têm como objetivo a obtenção rápida de metabólitos secundários. Esse processo não requer condições climáticas específicas, nem de solo, além de ser biosseguro. É válido ressaltar que mudanças do meio de cultura e na quantidade de células inoculadas alteram a eficácia do processo. Teoricamente, este é um processo economicamente viável, principalmente se houver estudo do genótipo com maior potencial de calogênese (capacidade de regeneração) (AHMAD et al., 2021).

1,5 Provindos de algas

Tanto micro como macroalgas são organismos aquáticos fotossintetizantes. Diversos ingredientes cosméticos podem ser extraídos destes organismos. Estes podem agir como antioxidantes, pigmentos (ASLAM et al., 2021), hidratantes, anti-inflamatórios, removedores de manchas na pele, antiacne, antirrugas, antimicrobianos e fotoprotetores, dentre outros. Além disso, vale ressaltar que tanto cosméticos quanto cosmecêuticos requerem características organolépticas adequadas, sendo assim as propriedades gelificantes (LÓPEZ-HORTAS et al., 2021) e emulsificantes presentes em algas também são de importância (KALASASAYA et al., 2021).

Macro e microalgas podem ser fonte de matérias-primas para ingredientes cosméticos. Ambas podem ser cultivados em escala industrial e, para tal, pequena quantidade destes são coletados do local de origem para ser cultivada em grande escala, permitindo produção industrial. A produção de microalgas industrialmente é um pouco maior do que a de macroalgas por sua alta taxa de crescimento, alta velocidade de reprodução e da possibilidade de serem cultivadas em ambiente controlado (CHAUTON et al., 2021). Microalgas podem ser cultivadas em ambiente aberto ou fechados. O ambiente fechado tem benefícios relacionados a maior concentração de biomassa recuperada, por possuir maior controle (ASLAM et al., 2021). Variações de temperatura podem influenciar o crescimento desses organismos e recomenda-se preferir o cultivo em áreas ensolaradas, pois as altas temperaturas estimulam o crescimento, porém, limita as espécies que são utilizadas. Outras fontes de alteração do crescimento deste organismo são a presença de CO₂, nitrogênio e fósforo. Produções industriais normalmente dissolvem nitrogênio e fosfato no meio de cultura (CHAUTON et al., 2021) (Figura 2). O uso de algas como precursores gera diversos benefícios, como grande variedade de compostos possivelmente obtidos, grande produção de biomassa (ASLAM et al., 2021) e fácil adaptação ao ambiente. Ademais, são renováveis e facilmente encontradas (HEATH; RUSCOE; TURNER, 2022).



Figura 2. Cultivo de microalgas na Universidade Federal de Santa Catarina (foto de Roberto Derner, <https://ufscsustentavel.ufsc.br/2018/05/08/ufsc-integra-rede-de-estudos-de-microalgas-para-producao-de-biodiesel/>)

Em 2016, o mercado de algas marinhas gerou 10 bilhões de dólares pela venda de, aproximadamente, 29 milhões de toneladas de algas. Existem, quase, 291 espécies de algas marinhas em 43 países, porém, as espécies utilizadas industrialmente são a *Eucheuma*, *Laminaria*, *Gracilaria*, *Undaria*, *Porphyra* e *Kappaphycus* que compõem 96% da produção mundial (HENTATI et al., 2020).

Agar é uma mistura de agarose com agarpectina (HENTATI et al., 2020). Diversos gêneros de algas (por exemplo, *Gelidium* sp., *Gracilaria* sp., *Gelidiella* sp. e *Pterocladia* sp.) produzem agar. Este é conhecido por sua capacidade emulsificante e gelificante, interessantes para a indústria cosmética pois melhoram as características reológicas e organolépticas dos produtos. Vale ressaltar que o ágar também pode ser utilizado como hidratante a pele (KALASARIYA et al., 2021).

Spyridia hypnoides, *Mastocarpus* stellatus, *Gracilaria* caudata, *Gracilaria* birdiae, *Porphyra* sp. e *Ulva* pertusa produzem carragenas com potencial antioxidante (HENTATI et al., 2020), gelificante (auxiliam a produção de textura mais agradável), contra manchas da pele e estabilizantes de emulsões (LÓPEZ-HORTAS et al., 2021).

A microalga *Nannochloropsis oculata* contém zeaxantina, um lipídio insaturado capaz de agir como antioxidante e inibidor de tirosinase. Seu cultivo pode ser feito em biorreatores expostos a luz e CO₂ (ALVES et al., 2020). *Tetraselmis* spp. possui compostos capazes de diminuir a hiperpigmentação por reduzir o tamanho dos melanócitos. Os carotenoides são capazes de estimular o desenvolvimento das células da epiderme (ASLAM et al., 2021), além de serem antioxidantes e anti-inflamatórios (LÓPEZ-HORTAS et al., 2021)

Macrocystis pyrifera, por possuir floroglicerol tetramérico e florotaninos, age como antioxidante, agente anti-idade (ASLAM et al., 2021), inibe a tirosinase, além de ser anti-inflamatória, sendo assim, também eficaz no tratamento da acne (LÓPEZ-HORTAS et al., 2021).

Saccharina sp., *Ascophyllum* sp., *Fucus* sp., *Sargassum* sp., *Undaria* sp. e *Laminaria* sp. possuem polissacarídeos chamadas fucanas sulfonadas com função protetora contra os raios UV, anticoagulantes, inibidores da tirosinase e da metaloproteinase, prevenindo o fotoenvelhecimento (KALASARIYA et al., 2021); ademais, são antioxidantes. Fucoïdâns são não tóxicos e são biodegradáveis e biocompatíveis (LÓPEZ-HORTAS et al., 2021).

Laminaria ochroleuca é uma microalga marrom com diversos ácidos graxos insaturados em sua biomassa, podendo ser utilizados como hidratantes, pois impedem a perda de água através da pele. São o ácido palmítico, linoleico e oleico (ASLAM et al., 2021). Extratos de algas marrons possuem alginatos que são benéficos para a pele, sendo considerados ingredientes de interesse para formulações de máscaras faciais e sabonetes por conta de suas propriedades hidratantes (KALASARIYA et al., 2021). *Ishige okamurae* é uma macroalga marrom capaz de produzir Difloretohidroxycarmalol, um florotanino com capacidade protetora contra raios solares, também capaz de diminuir manchas na pele (ALVES et al., 2020).

Chondrus crispus, *Palmaria palmata*, *Gelidium* sp., *Porphyra* sp., *Gracillaria cornea*, *Asparagopsis armata*, *Grateloupia lanceola*, *Curdiea* sp. e *Rhodophyceae shinorine* possuem aminoácidos similares a micosporina (MAAS). As MAAS possuem atividade contra o fotoenvelhecimento e contra os danos causados pelo sol por absorverem os raios UV, eliminarem células danificadas e agirem como antioxidantes. Além disso, protegem a pele contra estresses causados por altas concentrações de sais, dissecação ou altas temperaturas (KALASARIYA et al., 2021). São efetivos para diminuir a aspereza da pele e a formação de rugas (LÓPEZ-HORTAS et al., 2021).

A microalga *Dunaliella salina* produz quantidades significativas de β -caroteno e astaxantina. Tal microalga inibe mediadores inflamatórios durante o processo oxidativo, sendo caracterizada como anti-inflamatória e antioxidante (ALVES et al., 2020). *Porphyra yezoensis* possui peptídeo PYP1-5 (Peptídeo de *Porphyra yezoensis*) e *Porphyra* 334 que aumentam a produção de colágeno e elastina e diminuem a produção de metaloproteínas na pele, melhorando a elasticidade e reduzindo a formação de rugas (LÓPEZ-HORTAS et al., 2021).

Ceras são comumente usadas em formulações de batons por proverem características de dureza, textura e deslizamento adequadas. Normalmente, utilizam-se misturas de ceras para alcançar tal resultado. A origem das ceras pode ser vegetal, animal, mas, também, é comum o uso de derivados de petróleo. Outra alternativa é o uso das alquenonas derivadas de microalgas, uma fonte renovável, vegana e que permite cultivo em diversas geografias. É válido ressaltar que as ceras vegetais utilizadas são derivadas de plantas específicas de algumas regiões e são dependentes do clima. Por exemplo, a disponibilidade de cera de candelilla é afetada por mudanças climáticas e por isso é menos disponível no mercado (HUYNH et al., 2020). As alquenonas aumentam a maciez da formulação, um efeito indesejável, no entanto, melhoram o deslizamento e o controle, melhorando a uniformidade de aplicação do produto. Estudos demonstraram que as alquenonas podem ser uma alternativa viável para a cera microcristalina (derivada do petróleo) em batons (HUYNH et al., 2020). *Euglenia gracilis* é uma microalga capaz de produzir ácido palmítico e ceras que podem ser incorporadas em batons. Esta é produzida em larga escala e, dependendo da luminosidade, há produção de diferentes compostos (HARADA et al., 2020).

Cianobactérias são microrganismos procariotos também conhecidos como algas azuis. Seu cultivo é pouco exigente, rápido, econômico e estes possuem grande variedade de compostos de interesse para a indústria cosmética. Estudando os gêneros *Cyanobium*, *Synechocystis*, *Nodosilinea*, *Phormidium* e *Tychonema* encontram-se extratos com capacidade antioxidante e anti-inflamatória, contendo carotenóides (β -caroteno, zeaxantina e luteína, entre outras); extratos com potencial ação anti-idade também são obtidos por inibirem a digestão de ácido hialurônico e estimularem proliferação de fibroblastos (MORONE et al., 2020).

2 Materiais reciclados

Resíduos alimentares estão sendo cada vez mais recuperados e utilizados para produzir compostos de alto valor agregado. Este processo não só gera benefício econômico, como também benefício ambiental, pois diminui a quantidade de poluentes eliminados por tais indústrias. Muitos produtos secundários da indústria alimentícia podem ser reavaliados e processados para gerar compostos interessantes, inclusive para a indústria cosmética (CORREDDU et al., 2019).

De acordo com a Organização de Alimentos e Agricultura das Nações Unidas (FAO), a prioridade para o meio ambiente é evitar a produção de resíduos, assim, a

valorização dos resíduos de alimentos seria uma solução potencial (IRIONDO-DEHOND; IRIONDO-DEHOND; CASTILLO, 2020)

A fabricação de vinhos gera grande quantidade de resíduos, aproximadamente, 14,5 milhões de toneladas, porém compostos de interesse podem ser recuperados (MATOS et al., 2019). O método de extração sólido líquido é adaptado à escala industrial, porém, este tem como desvantagem utilizar substâncias danosas ao meio ambiente. Novos estudos sugerem a possibilidade do uso de NaDESs (solventes profundamente eutéticos naturais). NaDESs são usados atualmente para extrações de compostos polares de matrizes orgânicas, porém, não se têm estudos aprofundados relacionando os efeitos das NaDESs em formulações bioativas. Estudos preliminares apontam que os extratos preparados com NaDESs podem ajudar na biodisponibilidade de compostos (PUNZO et al., 2021).

A forma como é feita a extração de seus compostos é importante para determinar o conteúdo do extrato, por exemplo, com o bagaço seco de uvas brancas (*Vitis* sp.), obtém-se melhores quantidades de antioxidantes e inibidores de tirosinase. Com o bagaço úmido, pode-se extrair agentes anti-inflamatórios que não podem ser extraídos quando o bagaço é seco, provavelmente, porque o processo de secagem degrada tais substâncias (FERRI et al., 2017). Compostos fenólicos presentes em uvas possuem potencial para inibir enzimas que podem interferir no envelhecimento da pele (MATOS et al., 2019).

Mais de 3 milhões de garrafas de licor de murta (*Myrtus communis*) são produzidas todos os anos em Sardenha, Itália, e, aproximadamente, 200.000 toneladas de resíduos são descartadas todos os anos. Porém, seus pericarpos e sementes possuem altas concentrações de ácido linoleico, um ácido graxo com atividades antioxidantes protetoras da pele que podem ser utilizados como ingredientes em cosméticos. Suas características são mantidas quando utilizam-se seus resíduos após infusões hidroalcoólicas, sendo assim, sua reutilização viável (CORREDDU et al., 2019)

De 8 a 20 milhões de toneladas de cascas e sementes do melão (*Cucumis melo* L.) são descartadas anualmente. Tais resíduos possuem compostos interessantes para indústria cosmética, como polifenóis, flavonoides, ortodifenóis e carotenoides, dentre outros. Estes possuem potencial antioxidante para ser usados em cosméticos (VELLA; CAUTELA; LARATTA, 2019)

O consumo do café é praticamente diário, porém, 90% da fruta não é usada para preparar a bebida e é descartada (o que soma valor aproximado de 823.740

kg/ano). Ademais, quantidade relevante de pigmentos poderiam ser extraídos e revalorizado (IRIONDO-DEHOND; IRIONDO-DEHOND; CASTILLO, 2020). Os subprodutos mais abundantes do café são os ácidos clorogênicos e a cafeína estes possuem potencial antioxidante (RODRIGUES; et al., 2015; MELLOU; VARVARESOU; PAPAGEORGIOU, 2019).

Cascas de nozes e avelãs podem ser usadas como fonte de lignina, ingrediente capaz de absorver radiação UVA/UVB, além disso, apresenta potencial antioxidante. Atualmente, os filtros solares são baseados em compostos sintéticos e o consumo destes é elevado. Hoje existe a preocupação do seu acúmulo em organismos aquáticos. Já foi comprovado que estes se acumulam em humanos e podem estar presentes na água. Mais estudos são requeridos para saber dos efeitos em seres humanos (GORDOBIL; et al., 2020). Óxido de zinco e dióxido de titânio podem gerar radicais livres na água e nanopartículas de zinco se mostraram tóxicas em um experimento com embriões de peixes-zebra, porém, nesse estudo, a concentração era maior do que a encontrada no meio ambiente (HANIGAN et al., 2018). Mais estudos são necessários para determinar relação entre resíduos de protetores solares com danos causados a corais (BURNS; DAVIES, 2021).

Apesar dos estudos de filtros UV baseados em polímeros de lignina providos de cascas de nozes e avelãs indicarem baixo fator de proteção solar (FPS), quando isolados, a substituição de parte da formulação por estes compostos sustentáveis poderia beneficiar o meio ambiente em função da redução da concentração de filtros UV sintéticos (GORDOBIL; et al., 2020).

Folhas de manga (*Mangifera indica* L.) são tradicionalmente utilizadas na medicina chinesa, porém, são descartadas na indústria. Diversos estudos demonstraram a variedade de compostos bioativos encontrados nas folhas de manga que poderiam ser isolados. O principal composto de interesse das folhas é a tirosinase, composto que catalisa a síntese de melanina, aumentando a proteção da pele dos raios UV, e possuem flavonoides que podem atuar como antioxidantes (SHI et al., 2020).

Aproximadamente, 60%, em massa, de cada abacaxi (*Ananas comosus* L.) utilizado pela indústria é descartada. Apenas em 2016, mais de 435 mil toneladas de resíduos de abacaxi foram gerados. Suas cascas e caules, no entanto, podem ser utilizados para produzir extratos com compostos bioativos cujos polissacarídeos poderiam ser separados por precipitação. Uma enzima de interesse é a bromelina por sua ação anti-inflamatória, ademais, diversos outros subprodutos podem ser

utilizados como intermediários para produção de ácido cítrico e láctico, dentre outros. As fibras do suco contém polifenóis que podem ser úteis na produção cosmética (CAMPOS et al., 2020).

Romã (*Punica granatum*) é uma fonte de diversos antioxidantes polifenólicos, porém, geralmente, as indústrias usam apenas seu suco, descartando as demais partes da fruta, mesmo estas contendo compostos, como antocianinas, taninos hidrolisáveis e ácido elágico, por exemplo (BOGGIA et al., 2016). Os ácidos elágico e púnicos são inibidores da tirosinase, sendo assim, interessantes para diminuir manchas na pele; os mesmos possuem ação antifúngica de grande interesse. (DINI; LANERI, 2021).

A oliveira (*Olea europaea* L.) é conhecida pela produção de azeite. Mais de 8 milhões de hectares são ocupados por esta espécie (CLODOVEO et al., 2021) e o mercado de seus derivados está em crescimento, consequentemente, a produção de resíduos também é expressiva (FOTI et al., 2022). Seus resíduos (em especial as folhas) possuem compostos interessantes para a indústria cosmética, como, por exemplo, hidroxitirosol, com ação antioxidante e inibitória da produção da melanina, evitando a formação de manchas na pele; tirosol, antioxidante e anti-inflamatório; ácido palmítico, um ácido graxo que pode atuar como hidratante; beta-caroteno, um agente antioxidante, anti inflamatório e regenerador das células da epiderme e verbacosídeo, um glicosídeo com ação antioxidante e anti-inflamatória. Estes podem ser obtidos por nanofiltração ou osmose reversa (MADUREIRA et al., 2021). Um estudo com o extrato completo de suas folhas indicou que seus diversos componentes podem produzir efeitos biológicos sinérgicos, por exemplo, a oleuropeína e o hidroxitirosol, em conjunto, têm seu efeito antioxidante potencializado (ŞAHIN; BILGIN, 2017).

Aproximadamente, 20% da produção de frutas e vegetais se tornam resíduos. Tal porcentagem para o Kiwi (diversas espécies da família das Actinidiaceae), refere-se a folhas, cascas, flores, raízes, sementes e frutas que não seguem padrões do mercado, próximo de 10⁶ toneladas de resíduos são descartadas anualmente. Esses resíduos possuem componentes bioativos, como a proantocianidina, que pode ser utilizada como pigmento ecológico. Também possui componentes com atividade antioxidantes, anti-inflamatórias e antimicrobiana (CHAMORRO et al., 2022; DINI; LANERI, 2021).

Chá verde, preto e oolong provém das mesmas duas espécies vegetais *Camellia sinensis* e *C. assamica* e são alguns dos chás mais consumidos anualmente,

sendo assim, a geração de resíduos também se percebe considerável. A diferença entre os chás é devido ao seu processo de obtenção. Seus polifenóis (galato de epigallocatequina, catequina, epicatequina, glicosídeo-3-O-quercetina e campferol, entre outros) possuem propriedades anti-inflamatórias e antioxidantes. Estes também possuem pigmentos (YEAS MAN; ORSAT, 2021).

Amêndoas (*Prunus dulcis* Mill.) são as nozes mais consumidas no mundo atualmente. Estas são tratadas industrialmente para servirem como alimento altamente nutritivo, porém, sua pele, casca, folhas e galhos não são utilizadas, ou seja, geram resíduos (apenas as cascas das amêndoas geram 0,8 a 1,7 toneladas de descarte/ano). Esses resíduos conservam parte dos compostos bioativos da planta entre eles polifenóis (como catequinas e campferol) e ácidos graxos insaturados, também chamados de PUFA's que podem agir como antioxidantes e como fonte de lipídeos (BARRAL-MARTINEZ et al., 2021).

Montante de 4,84 milhões de toneladas do cacau americano (*Theobroma cacao* L.) é produzido anualmente, sendo um mercado de mais de 24 bilhões de dólares (dados de 2019). Porém, apenas 20% do cacau é utilizado e os outros 80% são descartados ou utilizados como biodiesel. Nestes resíduos existem diversos polifenóis com ação antioxidante (procianidinas e catequinas), anti-inflamatória (epicatequinas), protetora contra a degradação dos dentes (teobromina), protetora solar (epicatequinas e catequinas) e promotora da síntese de colágeno (catequinas) (AGUDELO et al., 2021).

Lignocelulose é um composto amplamente encontrado em biomassa de vegetais por fazer parte das suas paredes celulares. Sua estrutura complexa é formada por celulose, hemicelulose e lignina. Uma das mais comuns hemiceluloses, é a chamada xilana. Esta possui ações, como antioxidante, emulsificante, estabilizante, hidratante, além de agir como prebiótico e sua hidrólise pode formar uma série de arabino oligossacarídeos com alto potencial antioxidante (CAPETTI et al., 2021).

Cogumelos (*Agaricus blazei* Murill) são bastante utilizados na indústria, porém geram grande quantidade de resíduos, pois aqueles com formatos indesejados são descartados. Extratos etanólicos destes resíduos possuem segurança para uso cosmético. *A. blazei* Murill é utilizado medicinalmente por conter polissacarídeos. Para a indústria cosmética, a presença de ergosterol e ácidos fenólicos pode ter função antioxidante e anti-idade; auxiliar na normalizar da síntese de colágeno; suprimir respostas inflamatórias; e normalizar a quantidade de lipídeos na pele. Outro fator

interessante deste fungo é a alta concentração de manitol, composto usado como conservante e umectante (TAOFIQ et al., 2019). *Cordyceps militaris* têm aplicação na indústria cosmética por suas propriedades hidratantes para pele e cabelo. Estes normalmente sofrem fermentação em estado sólido e seus meios de cultura são descartados após uso. Porém, estudos sugerem que há a possibilidade de reutilizar componentes presentes nos meios, como, por exemplo, polifenóis, rutina e quercetina com ação antioxidante, inibidores da tirosinase e fotoprotetores (PINTATHONG et al., 2021). *Tremella fuciformis* possui potencial como fonte de compostos bioativos sustentáveis. Esse cogumelo pode ser cultivado em biomassa sustentável (madeira em decomposição ou serragem) e possui um polissacarídeo chamado glucuronoxilomanano com ação anti-idade e anti-inflamatória. Outra característica deste composto é sua ação como espessante e hidratante (XU et al., 2020).

A indústria de peixes enlatados gera quantidade significativa de resíduos líquidos. Normalmente antes do descarte, faz-se tratamento para diminuir a quantidade da matéria orgânica. Processos de extração por solvente (recuperado), extração mecânica ou enzimática poderiam transformar os resíduos aquosos em ácidos graxos poli-insaturados (PUFAs) (MONTEIRO et al., 2018). PUFAs são importantes para a homeostase da pele e sua deficiência no organismo tende danificar a função de barreira da pele. Em formulações, PUFAs podem ter ação contra o fotoenvelhecimento por diminuir a produção de compostos pró-inflamatórios, além de desativar mecanismos de produção de prostaglandinas. Ademais, estudos sugeriram que óleos de peixe podem melhorar sintomas de diversos quadros de dermatite (condição inflamatória) por hidratar a pele (HUANG et al., 2018).

Mexilhões (*Mytilus galloprovincialis*) são fonte de proteínas de baixo impacto ambiental. Os mexilhões danificados são rejeitados pelo consumidores, gerando resíduos (aproximadamente, 27% dos mexilhões são descartados por tais critérios). Sendo assim, o uso de suas proteínas e peptídeos como fonte de antioxidantes pode ser ecologicamente viável para a indústria cosmética, por exemplo, visando à produção de cremes anti-idade (CUNHA et al., 2021).

Os fosfatos de cálcio são biodegradáveis e biocompatíveis. Estes podem ser obtidos de fontes naturais, como casca de ovos, escamas de peixes, conchas e leite dentre outros. Podem, também, ser sintetizados. Na área cosmética, estes podem ser utilizados em dentifrícios. Estes também podem ser utilizados como protetores solares inorgânicos. Fosfatos de cálcio podem ser utilizados em formulações para diminuir o brilho da pele, absorver suor e sebo e criar efeito opaco com o sensorial

suave. Quanto em desodorantes, podem absorver compostos voláteis mal-cheirosos (CARELLA et al., 2021).

Presunto ibérico é um alimento tradicional na Espanha. Sua gordura normalmente é descartada. Estudos recentes sugeriram que esta pode ser de interesse para a indústria cosmética pela presença de ácidos graxos monoinsaturados, como ácido elágico, oleico e gálico. Estes têm potencial antioxidantes e podem agir como protetores contra os efeitos nocivos da radiação UV. O método de extração é independente de solventes orgânicos (BRUNA-GARCÍA; ISABEL REDONDO; MIGUEL CASTRO, 2022).

Os resíduos de milho (*Zea mays* L.) de biorrefinarias também possuem compostos de interessantes, principalmente após a fermentação. Já se obteve esqualeno, carotenoides, ômega 3 e outros esteróides com potencial antioxidante (CAIRONE et al., 2022).

Madeira de pinhal (*Pinus* sp.) possui terebintina de sulfato bruto, um terpeno com odor agradável com potencial para ser utilizado como fragrância. A polpa formada na indústria de papel apresenta tal composto, e é considerada resíduo. Novos estudos permitiram que este seja usado para isolar alfa e beta-pineno, que possuem aroma agradável (SAGORIN et al., 2021).

Conclusões

Além do uso de compostos provindos de animais, vegetais, algas e de processos fermentativos, o uso de culturas celulares também deve ser estudado, pois, além de ser uma cultura renovável, esta metodologia permite extração de compostos de espécies ameaçadas de extinção, diminui o consumo de água, energia e combustível. Métodos de cultura celular também podem ser uma alternativa quando substâncias de interesse necessitam ser geradas em larga escala (como a camomila) ou quando o vegetal possui alguma outra impossibilidade de plantio. Ademais, resíduos vegetais e animais também podem ser reaproveitados para obter compostos de interesse e, também, valor agregado. É importante ressaltar que, com as novas metodologias de alteração do genoma de bactérias, é possível produzir compostos de interesse de difícil acesso. Em suma, há ainda limitações para utilizar tais métodos para total substituição dos derivados de petróleo, porém, estes podem reduzir significativamente destes compostos nocivos ao meio ambiente.

Referências

1. AGARWAL, N.; RAI, A. K.; SINGH, S. P. Biotransformation of hydroquinone into α -arbutin by transglucosylation activity of a metagenomic amylosucrase. **Biotech**, v. 11, n. 8, 3 jul. 2021.
2. AGUDELO, C. et al. Chemical and Skincare Property Characterization of the Main Cocoa Byproducts: Extraction Optimization by RSM Approach for Development of Sustainable Ingredients. **Molecules**, v. 26, n. 24, p. 7429, 7 dez. 2021.
3. DE AGUIAR SALDANHA PINHEIRO, A. C. et al. Innovative Non-Thermal Technologies for Recovery and Valorization of Value-Added Products from Crustacean Processing By-Products—An Opportunity for a Circular Economy Approach. **Foods**, v. 10, n. 9, p. 2030, 29 ago. 2021.
4. AHMAD, A. et al. The effects of genotypes and media composition on callogenesis, regeneration and cell suspension culture of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). **Peerj**, [S.L.], v. 9, p. 11464, 24 maio 2021. PeerJ.
5. AHMED, I. et al. . Natural anti-aging skincare: role and potential. **Biogerontology**, [S.L.], v. 21, n. 3, p. 293-310, 11 mar. 2020. Springer Science and Business Media LLC.
6. AHMED, I. et al. Natural anti-aging skincare: role and potential. **Biogerontology**, [S.L.], v. 21, n. 3, p. 293-310, 11 mar. 2020. Springer Science and Business Media LLC.
7. ALFALAH, M.; LORANGER, C.; SASSEVILLE, D. Alkyl Glucosides. **Dermatitis**, v. 28, n. 1, p. 3–4, jan. 2017.
8. ALMEIDA, C.; RIJO, P.; ROSADO, C. . Bioactive Compounds from *Hermetia Illucens* Larvae as Natural Ingredients for Cosmetic Application. **Biomolecules**, [S.L.], v. 10, n. 7, p. 976, 29 jun. 2020.
9. ALVES, A. et al. Marine-Derived Compounds with Potential Use as Cosmeceuticals and Nutricosmetics. **Molecules**, v. 25, n. 11, p. 2536, 29 maio 2020.
10. ANTONIOTTI, S. Tuning of Essential Oil Properties by Enzymatic Treatment: Towards Sustainable Processes for the Generation of New Fragrance Ingredients. **Molecules**, v. 19, n. 7, p. 9203–9214, 1 jul. 2014.
11. ALMEIDA, T. et al. Bacterial Nanocellulose toward Green Cosmetics: Recent Progresses and Challenges. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 6, p. 2836, 11 mar. 2021.

- 12.ASLAM, A. et al. Algae as an attractive source for cosmetics to counter environmental stress. **Elsevier**, [s. l], v. 772, n. 144905, p. 1-20, 29 jan. 2021.
- 13.BALDISSEROTTO, A. et al. Moringa oleifera Leaf Extracts as Multifunctional Ingredients for “Natural and Organic” Sunscreens and Photoprotective Preparations. **Molecules**, v. 23, n. 3, p. 664, 15 mar. 2018.
- 14.BARRAL-MARTINEZ, M. et al. Almond By-Products: Valorization for Sustainability and Competitiveness of the Industry. **Foods**, v. 10, n. 8, p. 1793, 1 ago. 2021.
- 15.BOGGIA, R. et al. Extraction from Pomegranate Marcs for the Production of Functional Foods and Cosmetics. **Pharmaceuticals**, [S.L.], v. 9, n. 4, p. 63, 18 out. 2016.
- 16.BRUNA-GARCÍA, E.; ISABEL REDONDO, B.; MIGUEL CASTRO, M. New Method for Obtaining a Bioactive Essence Extracted from Iberian Ham Fat Rich in MUFA and Antioxidants. **Molecules**, v. 27, n. 2, p. 428, 10 jan. 2022.
- 17.BURNS, E. E.; DAVIES, I. A. Coral Ecotoxicological Data Evaluation for the Environmental Safety Assessment of Ultraviolet Filters. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 40, n. 12, p. 3441–3464, 10 nov. 2021.
- 18.CAIRONE, F. et al. Valorization of By-Products from Biofuel Biorefineries: Extraction and Purification of Bioactive Molecules from Post-Fermentation Corn Oil. **Foods**, v. 11, n. 2, p. 153, 7 jan. 2022.
- 19.CAMPOS, D. et al. Integral Valorization of Pineapple (Ananas comosus L.) By-Products through a Green Chemistry Approach towards Added Value Ingredients. **Foods**, [S.L.], v. 9, n. 1, p. 60, 7 jan. 2020.
- 20.CAPETTI, C. C. DE M. et al. Recent advances in the enzymatic production and applications of xylooligosaccharides. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 37, n. 10, 6 set. 2021.
- 21.CARELLA, F. et al. The Use of Calcium Phosphates in Cosmetics, State of the Art and Future Perspectives. **Materials**, v. 14, n. 21, p. 6398, 25 out. 2021.
- 22.CASADIDIO, C. et al. Chitin and Chitosans: Characteristics, Eco-Friendly Processes, and Applications in Cosmetic Science. **Marine Drugs**, v. 17, n. 6, p. 369, 21 jun. 2019.
- 23.CHAUTON, M. et al. Sustainable resource production for manufacturing bioactives from micro- and macroalgae: examples from harvesting and cultivation in the nordic region. **Physiologia Plantarum**, [S.L.], v. 173, n. 2, p. 495-506, 25 mar. 2021.

24. CHAMORRO, F. et al. Valorization of kiwi agricultural waste and industry by-products by recovering bioactive compounds and applications as food additives: A circular economy model. **Food Chemistry**, v. 370, p. 131315, fev. 2022.
25. CHOKSI, J.; VORA, J.; SHRIVASTAVA, N. Bioactive Pigments from Isolated Bacteria and Its Antibacterial, Antioxidant and Sun Protective Application Useful for Cosmetic Products. **Indian Journal of Microbiology**, v. 60, n. 3, p. 379–382, 15 abr. 2020.
26. CLODOVEO, M. L. et al. Innovative Extraction Technologies for Development of Functional Ingredients Based on Polyphenols from Olive Leaves. **Foods**, v. 11, n. 1, p. 103, 31 dez. 2021.
27. CORREDDU; MALDINI; ADDIS; PETRETTO; PALOMBA; BATTACONE; PULINA; NUDDA; PINTORE. Myrtus communis Liquor Byproduct as a Source of Bioactive Compounds. **Foods**, [S.L.], v. 8, n. 7, p. 237, 30 jun. 2019.
28. CUNHA, S. A. et al. Hydrolysate from Mussel *Mytilus galloprovincialis* Meat: Enzymatic Hydrolysis, Optimization and Bioactive Properties. **Molecules**, v. 26, n. 17, p. 5228, 28 ago. 2021.
29. CZAJKA, J. J. et al. Engineering the oleaginous yeast *Yarrowia lipolytica* to produce the aroma compound β -ionone. **Microbial Cell Factories**, v. 17, n. 1, p. 136, 1 set. 2018.
30. DINI, I.; LANERI, S. The New Challenge of Green Cosmetics: Natural Food Ingredients for Cosmetic Formulations. **Molecules**, v. 26, n. 13, p. 3921, 26 jun. 2021.
31. EIBL, R. et al. Plant cell culture technology in the cosmetics and food industries: current state and future trends. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 102, n. 20, p. 8661–8675, 2018.
32. ELLOUMI, W. et al. Pistacia lentiscus L. Distilled Leaves as a Potential Cosmeceutical Ingredient: Phytochemical Characterization, Transdermal Diffusion, and Anti-Elastase and Anti-Tyrosinase Activities. **Molecules**, v. 27, n. 3, p. 855, 27 jan. 2022.
33. FARIAS, J. M. et al. Mouthwash containing a biosurfactant and chitosan: An eco-sustainable option for the control of cariogenic microorganisms. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 129, p. 853–860, maio 2019.

34. FERRI, M. et al. White grape pomace extracts, obtained by a sequential enzymatic plus ethanol-based extraction, exert antioxidant, anti-tyrosinase and anti-inflammatory activities. **New Biotechnology**, v. 39, p. 51–58, out. 2017.
35. FOTI, P. et al. Olive Pomace and Pâté Olive Cake as Suitable Ingredients for Food and Feed. **Microorganisms**, v. 10, n. 2, p. 237, 21 jan. 2022.
36. GRAJALES-HERNÁNDEZ, D. A. et al. Approaches for the enzymatic synthesis of alkyl hydroxycinnamates and applications thereof. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 105, n. 10, p. 3901–3917, 29 abr. 2021.
37. GORDOBIL, O. et al. . Lignins from Agroindustrial by-Products as Natural Ingredients for Cosmetics: chemical structure and in vitro sunscreen and cytotoxic activities. **Molecules**, [S.L.], v. 25, n. 5, p. 1131, 3 mar. 2020. MDPI AG.
38. HANIGAN, D. et al. Trade-offs in ecosystem impacts from nanomaterial versus organic chemical ultraviolet filters in sunscreens. **Water Research**, v. 139, p. 281–290, ago. 2018.
39. HANIGAN, D. et al.; WESTERHOFF, Paul. Trade-offs in ecosystem impacts from nanomaterial versus organic chemical ultraviolet filters in sunscreens. **Water Research**, [S.L.], v. 139, p. 281-290, ago. 2018.
40. HARADA, R. et al. Genetic Engineering Strategies for *Euglena gracilis* and Its Industrial Contribution to Sustainable Development Goals: A Review. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v. 8, 14 jul. 2020.
41. HEATH, R. S.; RUSCOE, R. E.; TURNER, N. J. The beauty of biocatalysis: sustainable synthesis of ingredients in cosmetics. **Natural Product Reports**, 2022.
42. HENTATI, F. et al. Bioactive Polysaccharides from Seaweeds. **Molecules**, v. 25, n. 14, p. 3152, 9 jul. 2020.
43. HUANG, T.-H. et al. Cosmetic and Therapeutic Applications of Fish Oil's Fatty Acids on the Skin. **Marine Drugs**, v. 16, n. 8, p. 256, 30 jul. 2018.
44. HUSSAIN, M. H. et al. Multiscale engineering of microbial cell factories: A step forward towards sustainable natural products industry. **Synthetic and Systems Biotechnology**, v. 7, n. 1, p. 586–601, mar. 2022.
45. HUYNH, A. et al. . Evaluation of alkenones, a renewably sourced, plant-derived wax as a structuring agent for lipsticks. **International Journal Of Cosmetic Science**, [S.L.], v. 42, n. 2, p. 146-155, abr. 2020.

46. IRIONDO-DEHOND, A.; IRIONDO-DEHOND, M.; CASTILLO, María D. . Applications of Compounds from Coffee Processing By-Products. **Biomolecules**, [S.L.], v. 10, n. 9, p. 1219, 21 ago. 2020.
47. JIANG, L. et al. Butyric acid: Applications and recent advances in its bioproduction. **Biotechnology Advances**, v. 36, n. 8, p. 2101–2117, dez. 2018.
48. KALASARIYA, H. S. et al. Seaweed-Based Molecules and Their Potential Biological Activities: An Eco-Sustainable Cosmetics. **Molecules**, v. 26, n. 17, p. 5313, 1 set. 2021.
49. KALIYADAN, F.; AL DHAFIRI, M.; AATIF, M. Attitudes toward organic cosmetics: A cross-sectional population-based survey from the Middle East. **Journal of Cosmetic Dermatology**, v. 20, n. 8, p. 2552–2555, 23 dez. 2020.
50. KIM, T. Y. et al. Production of (–)- α -bisabolol in metabolically engineered *Saccharomyces cerevisiae*. **Journal of Biotechnology**, v. 340, p. 13–21, nov. 2021.
51. KRASTEVA, G.; GEORGIEV, V.; PAVLOV, A. . Recent applications of plant cell culture technology in cosmetics and foods. **Engineering In Life Sciences**, [S.L.], v. 21, n. 3-4, p. 68-76, 18 dez. 2020.
52. LIM, H. S. et al. (–)- α -Bisabolol Production in Engineered *Escherichia coli* Expressing a Novel (–)- α -Bisabolol Synthase from the Globe Artichoke *Cynara cardunculus* var. *Scolymus*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 69, n. 30, p. 8492–8503, 20 jul. 2021.
53. LIU, Y. et al. Monoterpenoid biosynthesis by engineered microbes. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, 2 out. 2021.
54. LÓPEZ-HORTAS, L. et al. Applying Seaweed Compounds in Cosmetics, Cosmeceuticals and Nutricosmetics. **Marine Drugs**, v. 19, n. 10, p. 552, 29 set. 2021.
55. LUENGO, G. S. et al. Surface science of cosmetic substrates, cleansing actives and formulations. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 290, p. 102383, abr. 2021.
56. LORANGER, C. et al. Alkyl Glucosides in Contact Dermatitis. **Dermatitis**, v. 28, n. 1, p. 5–13, jan. 2017.
57. MADUREIRA, J. et al. Applications of bioactive compounds extracted from olive industry wastes: A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, 13 nov. 2021.

58. MAKTABI, B.; LIBERATORE, M. W.; BAKI, G. Meadowfoam seed oil as a natural dispersing agent for colorants in lipstick. **International Journal of Cosmetic Science**, v. 43, n. 4, p. 484–493, ago. 2021.
59. MARCHEV, A. S.; GEORGIEV, M. I. Plant In Vitro Systems as a Sustainable Source of Active Ingredients for Cosmeceutical Application. **Molecules**, v. 25, n. 9, p. 2006, 25 abr. 2020.
60. MATOS, M. S. et al. Polyphenol-Rich Extracts Obtained from Winemaking Waste Streams as Natural Ingredients with Cosmeceutical Potential. **Antioxidants**, v. 8, n. 9, p. 355, 1 set. 2019.
61. MAXWELL, R. et al. Optimizing interactions between soluble silk fibroin and capryl glucoside for design of a natural and high-performance co-surfactant system. **International Journal of Cosmetic Science**, v. 43, n. 1, p. 68–77, 30 dez. 2020.
62. MCCLEMENTS, D. J.; GUMUS, C. E. Natural emulsifiers — Biosurfactants, phospholipids, biopolymers, and colloidal particles: Molecular and physicochemical basis of functional performance. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 234, p. 3–26, ago. 2016.
63. MILLIPORE, Merck (org.). **Meios para cultura vegetal**. Disponível em: <https://www.sigmaaldrich.com/BR/pt/products/cell-culture-and-analysis/cell-culture-media-and-buffers/plant-culture-media>. Acesso em: 05 abr. 2022.
64. MIRANDA, M. et al. Nanostructuring lipid carriers using *Ridolfia segetum* (L.) Moris essential oil. **Materials Science and Engineering: C**, v. 103, p. 109804, out. 2019.
65. MELLOU, F.; VARVARESOU, A.; PAPAGEORGIOU, S.. Renewable sources: applications in personal care formulations. **International Journal Of Cosmetic Science**, [S.L.], v. 41, n. 6, p. 517-525, 20 nov. 2019. Wiley.
66. MONTEIRO, A. et al. . Liquid by-products from fish canning industry as sustainable sources of ω 3 lipids. **Journal Of Environmental Management**, [S.L.], v. 219, p. 9-17, ago. 2018.
67. MORITA, T. et al. Production of mannosylerythritol lipids and their application in cosmetics. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 97, n. 11, p. 4691–4700, 14 abr. 2013.
68. MORONE, J. et al. Exploitation of Filamentous and Picoplanktonic Cyanobacteria for Cosmetic Applications: potential to improve skin structure

- and preserve dermal matrix components. **Marine Drugs**, [S.L.], v. 18, n. 9, p. 486, 22 set. 2020.
69. OHTAKE, S.; WANG, Y. J. Trehalose: Current Use and Future Applications. **Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 100, n. 6, p. 2020–2053, jun. 2011.
 70. OLIVEIRA, E. C. V. DE et al. Deodorants and antiperspirants: identification of new strategies and perspectives to prevent and control malodor and sweat of the body. **International Journal of Dermatology**, v. 60, n. 5, p. 613–619, mar. 2021.
 71. PINTATHONG, P. et al. The Feasibility of Utilizing Cultured Cordyceps militaris Residues in Cosmetics: Biological Activity Assessment of Their Crude Extracts. **Journal of Fungi**, v. 7, n. 11, p. 973, 16 nov. 2021.
 72. PUNZO, A. et al. Grape Pomace for Topical Application: Green NaDES Sustainable Extraction, Skin Permeation Studies, Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities Characterization in 3D Human Keratinocytes. **Biomolecules**, v. 11, n. 8, p. 1181, 10 ago. 2021.
 73. RAWAT, G.; TRIPATHI, P.; SAXENA, R. K.. Expanding horizons of shikimic acid. **Applied Microbiology And Biotechnology**, [S.L.], v. 97, n. 10, p. 4277–4287, 5 abr. 2013. Springer Science and Business Media LLC.
 74. RODRIGUES, F. et al.. Application of Coffee Silverskin in cosmetic formulations: physical/antioxidant stability studies and cytotoxicity effects. **Drug Development And Industrial Pharmacy**, [S.L.], v. 42, n. 1, p. 99–106, 21 maio 2015.
 75. SAGORIN, G. et al. From Pine to Perfume. **CHIMIA International Journal for Chemistry**, v. 75, n. 9, p. 780–787, 15 set. 2021.
 76. ŞAHİN, S.; BILGIN, M. Olive tree (*Olea europaea* L.) leaf as a waste by-product of table olive and olive oil industry: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 4, p. 1271–1279, 21 set. 2017.
 77. SCHALK, M. et al. Toward a Biosynthetic Route to Sclareol and Amber Odorants. **Journal of the American Chemical Society**, v. 134, n. 46, p. 18900–18903, 7 nov. 2012.
 78. SHI, F. et al. . Profiling of tyrosinase inhibitors in mango leaves for a sustainable agro-industry. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 312, p. 126042, maio 2020.
 79. SILVA, M. A. et al. Opuntia ficus-indica (L.) Mill.: A Multi-Benefit Potential to Be Exploited. **Molecules**, v. 26, n. 4, p. 951, 11 fev. 2021

80. TAKAHASHI, M. et al. Glycolipid Biosurfactants, Mannosylerythritol Lipids, Show Antioxidant and Protective Effects against H₂O₂-Induced Oxidative Stress in Cultured Human Skin Fibroblasts. **Journal of Oleo Science**, v. 61, n. 8, p. 457–464, 2012.
81. TAOFIQ, O. et al. Agaricus blazei Murrill from Brazil: an ingredient for nutraceutical and cosmeceutical applications. **Food & Function**, v. 10, n. 2, p. 565–572, 2019.
82. TAOFIQ, O. et al. Hydroxycinnamic Acids and Their Derivatives: Cosmeceutical Significance, Challenges and Future Perspectives, a Review. **Molecules**, v. 22, n. 2, p. 281, 13 fev. 2017.
83. TAOFIQ, O. et al. Hydroxycinnamic Acids and Their Derivatives: cosmeceutical significance, challenges and future perspectives, a review. **Molecules**, [S.L.], v. 22, n. 2, p. 281, 13 fev. 2017.
84. TSUI, M. M. P. et al. Organic ultraviolet (UV) filters in the South China sea coastal region: Environmental occurrence, toxicological effects and risk assessment. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 181, p. 26–33, out. 2019.
85. Universidade Federal de Santa Catarina (org.). **UFSC integra rede de estudos de microalgas para produção de biodiesel**. Disponível em: <https://ufscsustentavel.ufsc.br/2018/05/08/ufsc-integra-rede-de-estudos-de-microalgas-para-producao-de-biodiesel/>. Acesso em: 05 abr. 2022.
86. VELLA, F.; CAUTELA, D.; LARATTA, B.. Characterization of Polyphenolic Compounds in Cantaloupe Melon By-Products. **Foods**, [S.L.], v. 8, n. 6, p. 196, 6 jun. 2019.
87. VERTUANI, S. et al. Activity and Stability Studies of Verbascoside, a Novel Antioxidant, in Dermo-Cosmetic and Pharmaceutical Topical Formulations. **Molecules**, v. 16, n. 8, p. 7068–7080, 18 ago. 2011.
88. XU, X. et al. Chain conformation and physicochemical properties of polysaccharide (glucuronoxylomannan) from Fruit Bodies of Tremella fuciformis. **Carbohydrate Polymers**, v. 245, p. 116354, out. 2020.
89. XIN, X.; HUANG, G.; ZHANG, B. Review of aquatic toxicity of pharmaceuticals and personal care products to algae. **Journal of Hazardous Materials**, p. 124619, nov. 2020.

90. XU, M.; WAN, Z.; YANG, X. Recent Advances and Applications of Plant-Based Bioactive Saponins in Colloidal Multiphase Food Systems. **Molecules**, v. 26, n. 19, p. 6075, 8 out. 2021.
91. WANG, S.; ZHU, F. Chemical composition and biological activity of staghorn sumac (*Rhus typhina*). **Food Chemistry**, v. 237, p. 431–443, dez. 2017.



Assinatura do aluno



Assinatura do Orientador