

GARANTIAS DA ENTREGA LEGAL PARA ADOÇÃO COMO FORMA DE EVITAR AS ADOÇÕES IRREGULARES

Nathaly Cristina Costa de Castro ¹

Tereza Cristina Ribeiro Lima ²

Resumo: O presente artigo visa, por meio de uma revisão bibliográfica, propor alternativas para a substituição de ativos, como as avobenzonas, partir do uso do extrato de algas marinhas vermelhas na formulação de cosméticos fotoprotetores. As publicações incluídas no estudo foram buscadas em base de dados acadêmicos como Google Acadêmico, SciELO e PubMed. Foram escolhidos artigos científicos que abordavam assuntos específicos como "Algas Marinhas Vermelhas", "Filtros Orgânicos e Inorgânicos", "Micosporinas" e "Radiação Ultravioleta". A segurança dos filtros solares está sendo amplamente estudada, pois há evidências de que filtros orgânicos sintéticos estão associados a reações alérgicas ou fototoxicidade, desregulação endócrina, penetração na pele, baixa fotoestabilidade e biodegradabilidade e falta de eficácia na proteção da pele. Aminoácidos tipo micosporinas (MAAs) são compostos responsáveis pela fotoproteção no ultravioleta de diversos organismos aquáticos. A função fotoprotetora dos MAAs em organismos marinhos pode ser inferida a partir de sua eficiência na absorção da radiação ultravioleta A (320-400 nm) e ultravioleta B (280-320 nm). No ambiente marinho, as algas sofrem com adversidades do ambiente, principalmente relacionadas à exposição solar, que conseqüentemente faz as algas aumentarem suas defesas naturais contra os raios UV, por meio da produção de metabólitos secundários que podem refletir ou absorver raios UV. Uma resposta subsequente das algas contra situações de estresse, é uma produção excessiva de ERO (Espécies reativas de oxigênio), que leva a mutações no DNA, desnaturalização de proteínas ou peroxidação lipídica, que afeta sistemas biológicos importantes como a fotossíntese.

Palavras-chave: Filtros solares. Radiação ultravioleta. Algas marinhas. Aminoácidos tipo micosporina.

INNOVATION IN SUNSCREENS: THE POTENTIAL OF RED ALGAE

Abstract: The present study aims, through a literature review, to propose alternatives for replacing active ingredients, such as avobenzone, based on the use of red seaweed extract in the formulation of photoprotective cosmetics. The publications included in the study were searched in academic databases such as Google Scholar, SciELO and PubMed. Scientific articles were chosen that addressed specific subjects such as "Red Sea Algae", "Organic and Inorganic Filters", "Mycosporins" and "Ultraviolet Radiation". The safety of sunscreens is being widely studied, as there is evidence that synthetic organic filters are associated with allergic reactions or phototoxicity, endocrine disruption, skin penetration, low photostability and biodegradability, and lack of efficacy in protecting the skin. Mycosporine-type amino acids (MAAs) are compounds responsible for ultraviolet photoprotection of several aquatic organisms. The photoprotective function of MAAs in marine organisms can be inferred from their efficiency in absorbing ultraviolet A (320-400 nm) and ultraviolet B (280-320 nm) radiation. In the marine environment, algae suffer from environmental adversities, mainly related to sun exposure, which consequently causes the algae to increase their natural defenses against UV rays, through the production of secondary metabolites that can reflect or absorb UV rays. A subsequent response of algae against stress situations is an excessive production of ROS (Reactive Oxygen Species), which leads to mutations in DNA, denaturalization of proteins or lipid peroxidation, which affects important biological systems such as photosynthesis.

KEYWORDS: Solar filters. Ultraviolet radiation. Seaweed. Mycosporine-like amino acids.

¹ Acadêmica do 9º período do curso de Direito no Centro Universitário de Goiás – UNIGOIÁS. E-mail: 202010848@souunigoias.com.br

² Mestre em Direito, Relações Internacionais e Desenvolvimento pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás PUC-GO; Especialista em Direito Civil pela Faculdade Anhanguera de Ciências Humanas -FACH. E-mail: tereza.lima@unigoias.com.br Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4097810129089718>

INTRODUÇÃO

A exposição excessiva à luz solar é considerada um problema de saúde pública. A expectativa estimada, em 2021, era de 8.450 novos casos de câncer de pele no Brasil. O número de mortes por câncer no Brasil conforme relatado pelo Atlas de Mortalidade por Câncer (2019), é de 1.978, sendo 1.159 homens e 819 mulheres (INCA, 2020). A incidência anual mundial de câncer de pele tipo melanoma é de 132.000 casos, enquanto aproximadamente 2 a 3 milhões de casos de câncer de pele não melanoma são relatados pela Organização Mundial da Saúde (INCA, 2020).

Na última década (2011-2021), o número de novos casos de melanoma invasivo a cada ano aumentou 44%. A população mais suscetível aos efeitos da exposição excessiva à luz solar são as crianças e jovens que vivem nas proximidades da linha do Equador (*Skin Cancer Foundation*, 2021). A exposição aos raios ultravioleta não afeta somente a sociedade, mas sim o ecossistema de uma forma geral. Tal preocupação é tão longa, que na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento realizada no Rio de Janeiro em 1992, conhecida como Eco92, já discutia sobre as consequências da exposição à radiação UV (WHO, 1994).

A aplicação do protetor solar é o método preventivo do envelhecimento, a qual protege a pele dos efeitos negativos da radiação ultravioleta, este método retarda o aparecimento do envelhecimento extrínseco, melhora o aspecto da pele, diminui o número de rugas, imperfeições e flacidez. Além da estética, a utilização desse tipo de produto é uma forma de preservar a pele e prevenir o desenvolvimento do câncer, assim, impactando na saúde (Freire, 2022).

Entre os filtros solares mais populares, destaca-se a avobenzona (AVO), este filtro oferece proteção UVA, cobrindo a faixa de 310-440nm (Balogh *et al.*, 2011). Porém, ao ser exposto à luz solar, sofre uma perda significativa de sua eficácia, o que torna necessária a associação de outros filtros solares para manter sua estabilidade, como o octocrileno (LhiaubetVallet *et al.*, 2010; Shaath, 2010) e metoxicinamato de etilexila (MTX), associação com antioxidantes, como ubiquinona (Afonso *et al.*, 2014) e trans resveratrol (Freitas *et al.*, 2015), incorporação em micropartículas lipídicas (Scalia; Mezzena, 2009), dentre outras.

Uma alternativa que vem sendo explorada são os compostos retirados das algas, que podem ser usados para diversas finalidades, como: aditivos, agentes estabilizadores ou conservantes, ou até mesmo como bioativos, sendo o princípio ativo de uma formulação (Cascarejo, 2018). Nas algas podemos encontrar um filo chamado Rhodophyta, que são as algas

vermelhas, em sua composição podemos encontrar metabólitos de aminoácidos do tipo micosporinas (MAAs) que possuem características que confirmam sua propriedade fotoprotetora (Groniger; Hader, 2000).

Nesse contexto, o presente estudo visa, por meio de uma revisão bibliográfica, apresentar propostas alternativas para a substituição de ativos como as avobenzonas, partir do uso do extrato de algas marinhas vermelhas na formulação de cosméticos fotoprotetores.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente artigo se trata de uma revisão bibliográfica. De acordo com Garcia (2016, p. 291): "A revisão bibliográfica, confundida muitas vezes com a pesquisa bibliográfica, é uma parte muito importante de toda e qualquer pesquisa, pois é a fundamentação teórica, o estado da arte do assunto que está sendo pesquisado".

As publicações incluídas no estudo foram buscadas em base de dados acadêmicos como Google Acadêmico, SciELO e PubMed. Foram escolhidos artigos científicos que abordavam assuntos específicos como, "Algas Marinhas Vermelhas", "Filtros Orgânicos e Inorgânicos", "Micosporinas" e "Radiação Ultravioleta", com intuito de acessar conteúdos recentes pertinentes à pesquisa.

Os critérios de inclusão foram: pertencer a temática apresentada, ter sido publicados nos últimos cinco anos; estar no formato de artigo, livro, tese ou dissertação. Os critérios de exclusão foram: tratar de assuntos diversos ao tema; publicações anteriores ao ano de 1990; estar no formato de resenha, monografia e, afins.

1 FILTROS SOLARES

Substâncias filtrantes ultravioleta (UV) impedem que a luz ultravioleta passe pela pele (Abid *et al.*, 2017). Existem dois tipos de filtros UV usados para fotoproteção. Os dermatologistas classificaram os filtros UV como agentes inorgânicos e orgânicos (Souto *et al.*, 2022).

Os filtros orgânicos absorvem uma faixa estreita de radiação ultravioleta (UVR), enquanto para os filtros inorgânicos, a interação de absorção e espalhamento resulta em proteção de "amplo espectro" (UVA e UVB). Esses filtros solares são usados para proteger a pele contra a radiação prejudicial da pele e o eritema, refletindo ou absorvendo os raios UV. Esses agentes também são empregados para proteção contra a fotodegradação em cosméticos, como maquiagem, e outras indústrias, como plásticos e tintas (González *et al.*, 2022).

Para medir a quantidade de fotoproteção proporcionada por esses agentes, utiliza-se o fator de proteção solar (FPS). Este FPS mostra a eficácia do filtro solar que está principalmente relacionada à quantidade de proteção facilitada por um determinado filtro UV (Sabzevari; Qiblawi; Norton, 2021).

O fator de proteção solar (FPS) é a quantidade de radiação ultravioleta (UV) que o protetor solar pode absorver ou refletir. O número FPS refere-se a uma relação inversa em relação à quantidade de radiação UV a que a pessoa que aplica o produto estará exposta durante e imediatamente após a aplicação do protetor solar. Por exemplo, o uso de protetor solar FPS 50 na pele funcionará efetivamente contra a radiação UVB por 50 vezes a quantidade de exposição à radiação em comparação com a pele desprotegida. Quanto maior o FPS, maior será a duração da proteção (Latha *et al.*, 2013).

Além disso, segundo Brown e Diffey (1986, *apud* Schalka; Reis, 2011, p. 512), a quantidade de 2 mg/cm² de aplicação de produto, apresentada pelo FDA em 1978 e posteriormente mantida pelas revisões do FDA, COLIPA e do Método Internacional, baseia-se na observação de que quantidades inferiores reduzem a homogeneidade do filme protetor na pele devido à superfície cutânea. Então após a aplicação do protetor solar. Por exemplo, o uso de protetor solar FPS 50 na pele funcionará efetivamente contra a radiação UVB por 50 vezes a quantidade de exposição à radiação em comparação com a pele desprotegida. Quanto maior o FPS, maior será a duração da proteção, conforme Latha *et al.* (2013).

Por outro lado, a maioria dos produtos químicos de proteção solar disponíveis comercialmente exibem fotorreações que resultam na formação de produtos nocivos. Verificou-se que os protetores solares avobenzona e Ecamsule (ECAM) eram instáveis. Os protetores solares protegem a pele dos impactos prejudiciais da radiação UV, como danos ao DNA, fotoenvelhecimento e queimaduras solares (de Oliveira *et al.*, 2015).

2 ALGAS COMO OPÇÃO EM PROTEÇÃO SOLAR

A segurança dos filtros solares está sendo amplamente estudada, pois há evidências de que filtros orgânicos sintéticos estão associados a reações alérgicas ou fototoxicidade (Gaspar; Campos, 2006; Gaspar *et al.*, 2008; Kawakami; Gaspar, 2015), desregulação endócrina (Krause *et al.*, 2012), penetração na pele (Sarveiya; Risk; Benson, 2004), baixa fotoestabilidade e biodegradabilidade e falta de eficácia na proteção da pele (Kockler *et al.*, 2012; Morabito *et al.*, 2011). Dibenzoilmetano, benzofenona, ácido para-aminobenzóico (PABA) e seus derivados

têm sido implicados como causa da dermatite fotoalérgica e da geração de radicais de oxigênio após exposição solar (Schauder; Ippen, 1997; Greenspoon *et al.*, 2013).

Filtros inorgânicos como TiO₂ e ZnO oferecem proteção de amplo espectro, mas a exposição a micro e nanopartículas desses filtros pode produzir efeitos tóxicos (Pan *et al.*, 2009). Além disso, filtros UV de partículas comerciais, tanto inorgânicos quanto orgânicos, estão se acumulando nas águas costeiras e continentais (Zenker; Schmutz; Fent, 2008; Fent; Zenker; Rapp, 2010), induzindo um branqueamento rápido e completo de corais duros, mesmo em concentrações extremamente baixas (Danovaro *et al.*, 2008).

Há uma tendência mundial em direção à cosmética natural e ao desenvolvimento de filtros solares de alta proteção UV, utilizando baixas concentrações de filtros químicos. A utilização de compostos naturais em combinação com agentes sintéticos pode fornecer uma estratégia eficaz para prevenir os efeitos nocivos da radiação UV. Entre as moléculas naturais absorvedoras de UV propostas em diversos estudos como alternativa aos filtros sintéticos, estão os flavonóides como a quercetina e a rutina (compostos polifenólicos) presentes em morangos, uvas, maçãs, vegetais, chá e vinho tinto com múltiplas funções na fotoproteção por suprimindo o dano induzido por UV nos queratinócitos (Park *et al.*, 2012). Além disso, algumas isoflavonas, como genisteína e daidzeína, também bloqueiam queimaduras cutâneas induzidas por UVB em humanos e apresentam efeitos antifotocarcinogênicos e antifotoenvelhecimento (Wei *et al.*, 2003). Os aminoácidos semelhantes à micosporina ocupam uma boa posição, pois são filtros obtidos de recursos naturais sem toxicidade relatada, alta fotoestabilidade e propriedades antioxidantes (Conde; Churio; Previtali, 2000; Conde *et al.*, 2004; Fernandes *et al.*, 2015; De La Coba *et al.*, 2009; Dunlap; Yamamoto, 1995). Muitos estudos sugerem o uso de MAAs como tela UV (De la Coba, 2007; Torres *et al.*, 2006; Cardozo *et al.*, 2007; Chrapusta *et al.*, 2017) e alguns extratos e formulações contendo esses compostos foram patenteados para o tratamento de eritema actínico (De la Coba-Luque *et al.*, 2009a; 2009b), bem como para evitar a oxidação de cosméticos e produtos farmacêuticos (De la Coba-Luque *et al.* 2009c; 2009d; 2009e; López-Figueroa *et al.*, 2009).

Aminoácidos tipo micosporinas (MAAs) são compostos responsáveis pela fotoproteção no ultravioleta de diversos organismos aquáticos. São sintetizados pela via do ácido chiquímico por algas, bactérias e fungos, de maneira similar à síntese de flavonóides em plantas superiores.

Os MAAs são compostos solúveis em água presentes intracelularmente em muitos organismos marinhos e de água doce (Dunlap; Shick, 1998; Gröniger *et al.*, 2000, Sinha *et*

al., 2007). São caracterizados por um cromóforo ciclohexenona ou ciclohexenimina conjugado com um substituinte nitrogênio de um aminoácido, aminoálcool ou grupo amina, possuindo máximos de absorção variando de 310 a 360 nm (Nakamura; Kobayashi, 1982). Mais de 25 micospirinas e MAAs foram caracterizadas em fungos e organismos aquáticos e este número está aumentando com a aplicação de metodologias mais sensíveis, como a espectrometria de massa (Volkman *et al.*, 2006; Carignan *et al.*, 2009).

A função fotoprotetora dos MAAs em organismos marinhos pode ser inferida a partir de sua eficiência na absorção da radiação ultravioleta A (320-400 nm) e ultravioleta B (280-320 nm) devido aos seus altos coeficientes de absorção molar e observações frequentes correlacionando concentrações mais altas de MAAs com maiores níveis de RUV (Klisch; Häder, 2000; Sinha *et al.*, 2000; Arróniz-Crespo *et al.*, 2005). Além de sua função como compostos fotoprotetores, tem sido sugerido que os MAAs também possuem atividade antioxidante (Dunlap; Yamamoto, 1995), funções osmóticas (Oren, 1997) e papel regulador na reprodução (Bandaranayake; Des Rocher, 1999).

Suas propriedades fotoprotetoras já foram exploradas em formulações comerciais. Por exemplo, Helioguard 365[®] é uma mistura de MAAs usados em produtos para a pele. Eles também têm sido considerados fotoestabilizadores para plásticos e corantes e são objeto de diversas patentes devido à sua relevância comercial (Miyamoto *et al.*, 2009; Aguilera *et al.*, 2009; Schmid *et al.*, 2004). Apesar da sua importância econômica, não estão disponíveis rotas sintéticas para preparar MAAs; portanto, são obtidos exclusivamente de fontes naturais.

2.1 ALGAS

Cerca de mais de 70% da superfície mundial é coberta por oceanos, existe uma enorme diversidade de organismos marinhos que oferecem uma rica fonte de produtos naturais e a descoberta de novas substâncias bioativas advindas desses grupos marinhos está crescendo rapidamente (Kim; Wijesekara, 2011). Dentre os organismos marinhos podemos citar as algas marinhas, que possuem diversas atividades biológicas, incluindo atividade antioxidante, antihipertensiva, neuroprotetora, hepatoprotetora, anticâncer e fotoprotetora. As algas marinhas já são utilizadas de várias formas, tanto em alimentos, suplementos, produtos farmacêuticos e cosméticos (Pangestuti; Amelia; Kim, 2018).

O crescente uso de fotoprotetores, causou uma preocupação com a poluição ambiental, causada pelo despejo dos mesmos nos oceanos, que trazem risco ao meio ambiente. Com isso, se tornou relevante a realização de estudos de ecotoxicidade dos protetores solares

(Santos, ve2023). Nas últimas décadas, as algas marinhas, incluindo várias espécies fitoplanctônicas, foram reconhecidas como uma vasta fonte de moléculas bioativas que possuem valores nutricionais e medicinais significativos (Heo *et al.*, 2005).

O termo microalgas não tem valor taxonômico, engloba microrganismos algais com clorofila a e outros pigmentos fotossintéticos, que são capazes de realizar a fotossíntese oxigênica, e sua caracterização (sistemática) implica a consideração de vários de critérios (Hoek *et al.*, 1995; Taylor; Fletcher; Raven, 2001). Os mesmos microrganismos têm sido tradicionalmente classificados quanto aos tipos de pigmentos, a natureza química dos produtos de reserva, pelos constituintes da parede celular, pelos aspectos citológicos e morfológicos (Tomaselli, 2004).

Análogo ao que ocorre em outros organismos, cada classe de microalgas apresenta sua própria combinação de pigmentos e, conseqüentemente, coloração distinta. Os três principais grupos de pigmentos encontrados na biomassa microalgal são as clorofilas, os carotenóides e as ficobilinas (Abalde *et al.*, 1995).

As macroalgas (algas marinhas) podem ser encontradas em áreas costeiras e, sem os órgãos comuns nas plantas terrestres, apresentam estruturas bastante simples (Figura 1). As macroalgas podem ser divididas em três grupos com base em seus pigmentos dominantes: Chlorophyceae (algas verdes), Phaeophyceae (algas marrons) e Rhodophyceae (algas vermelhas) (Wang *et al.*, 2015).

Figura 1. Principais aplicações das macroalgas

Fonte: Dorhoi *et al.* (2020)

A utilização de diferentes macroalgas marinhas (algas marinhas) como fontes de compostos bioativos teve a vantagem de explorar um recurso natural renovável subutilizado. Foi mostrado que esta biomassa produziu um amplo espectro de nutrientes e metabólitos secundários bioativos. A composição química das macroalgas varia consideravelmente devido às condições ambientais (intensidade de luz, local de crescimento, salinidade da água do mar, temperatura) e desconformidades genéticas entre as espécies (Skrovankova, 2011).

2.2 ALGAS VERMELHAS

O filo Rhodophyta, também conhecido como algas vermelhas compartilham as seguintes atribuições: células eucarióticas, ausência de flagelos, amido floridiano, pigmentos ficobiliproteicos (azul e vermelho), tilacóides não empilhados e cloroplastos sem retículo endoplasmático externo. Sua divisão se dá em ambientes marinhos, sendo menos de 3% das mais de 6.500 espécies que ocorrem em habitats verdadeiramente de água doce (Sheath; Vis, 2015).

Os cloroplastos das algas vermelhas contêm ficobilinas, que mascaram a cor da clorofila a e dão a estas algas sua cor característica, estes pigmentos são bem adaptados à

absorção da luz verde e azul-esverdeada que penetra nas águas profundas, onde este filo está inserido. Pela percepção da bioquímica, estruturalmente os cloroplastos das algas vermelhas se assemelham aos das cianobactérias das quais elas descendem, diretamente, após uma endossimbiose (Raven; Evert; Eichhorn, 2007).

As macroalgas sofrem com vários tipos de estresses, sejam eles ecológicos (epifitismo, herbivoria e parasitismo) ou pela variação das marés, lugar em que as macroalgas vivem, na zona intertidal ficam muito expostas a variações de radiação (visível e ultravioleta), disponibilidade de nutrientes, temperatura, hidratação e também o estresse mecânico causado por ventos e ondas (Graham; Graham; Wilcox, 2009).

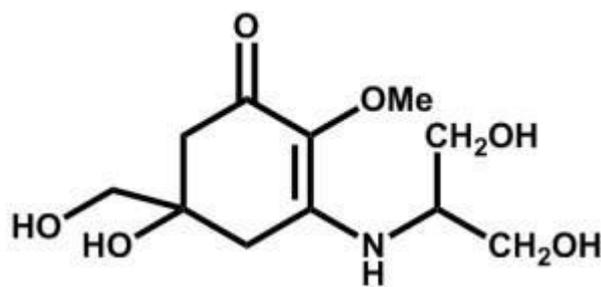
No ambiente marinho, as algas sofrem com adversidades do ambiente, principalmente relacionadas à exposição solar, que conseqüentemente faz as algas aumentarem suas defesas naturais contra os raios UV, por meio da produção de metabólitos secundários que podem refletir ou absorver raios UV (Tavares, 2016).

Uma resposta subsequente das algas contra situações de estresse, é uma produção excessiva de ERO (Espécies reativas de oxigênio), que leva a mutações no DNA, desnaturalização de proteínas ou peroxidação lipídica, que afeta sistemas biológicos importantes como a fotossíntese. Deste modo, as algas desenvolveram técnicas de proteção contra este estresse oxidativo e a exposição a radiações UV de alta intensidade (Vega *et al.*, 2021).

2.3 MICOSPORINAS (MAAS)

Os aminoácidos análogos à micosporina (MAAs), um grupo de pequenos metabólitos secundários encontrados em algas, cianobactérias, líquens e fungos, tornaram-se farmacologicamente e ecologicamente relevantes devido ao seu potencial de absorção de UV e fotoproteção (Figura 2). Sua caracterização analítica é conseguida por meio de HPLC (Cromatografia Líquida de Alta Eficiência) de fase reversa, e seu potencial fotoprotetor pode ser explicado através de coeficientes de extinção molar extremamente altos (Hartmann *et al.*, 2015).

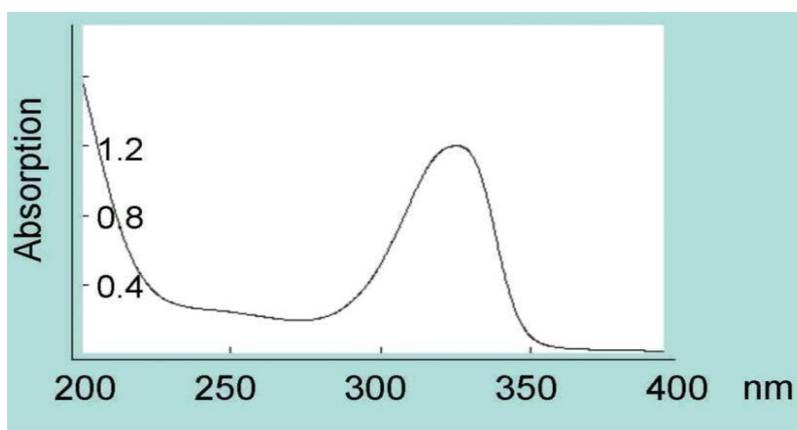
As primeiras micosporinas foram isoladas em fungos, por isso, recebem este nome. A primeira isolada, denominada P-310, foi obtida a partir do fungo *Stereum hirsutum*, e sua estrutura é apresentada hoje como 2-metóxi-3-bis (hidroximetil) metilamino-5-hidróxi-5hidroximetil-2ciclohexeno (Bonvin; Arpin, 1976)

Figura 2. Micosporina-serinol

Fonte: Andreguetti (2010)

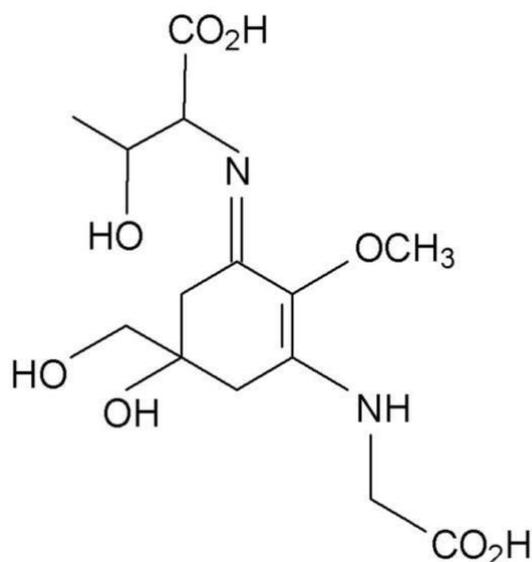
Entre as macroalgas, as espécies que produzem maior quantidade e diversidade de MAAs são as algas vermelhas, já em relação a distribuição de micosporinas pelo globo terrestre, são encontradas em maiores concentrações em seres de regiões tropicais, que pode-se atrelar ao fato destes estarem mais expostos a radiações UV, devido ao menor ângulo de elevação solar, à menor espessura da camada de ozônio e a alta transparência das águas oligotróficas provenientes dessa região (Grecco, 2015).

Diversos análogos sintéticos das micosporinas estão sendo desenvolvidos para fins comerciais (Figura 3), um exemplo claro é o Helioguard 365®, um produto feito a partir da micosporina Porphyrina-334 isolada da macroalga *Porphyra umbilicalis* (Figura 4), uma alga que possui formato irregular com células justapostas formando uma lâmina de uma ou duas camadas, seu coeficiente de absorção molar (ϵ) em 334 nm são 42.300 e 44.700 respectivamente, para o seguinte espectro abaixo, portanto sua capacidade de filtragem é semelhante à dos filtros solares UVA sintéticos (Cardozo, 2007).

Figura 3. Espectro de absorção de 1% de MAA encapsulados em lipossomas

Fonte: Schmid *et al.* (2006)

Figura 4. Estrutura química do aminoácido semelhante a micospolina Porphyra-334



Fonte: Kageyama (2018)

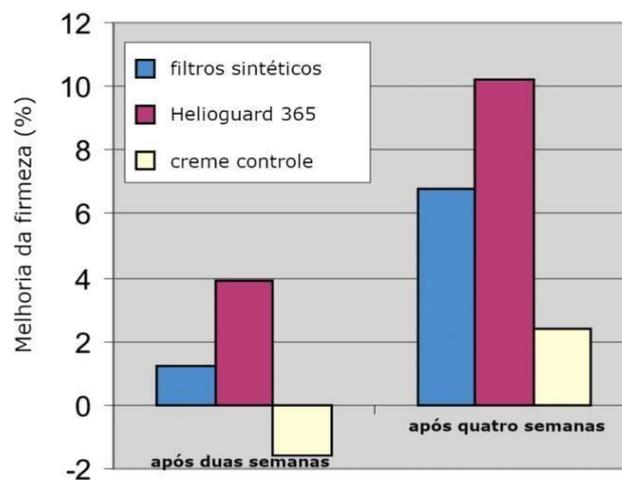
Sabemos que a luz solar afeta nossa pele todos os dias, isso leva a o envelhecimento prematuro da pele, também chamado de fotoenvelhecimento, causado principalmente pela radiação UVA que é capaz de atingir a derme, nossa camada da pele. Em vista disso, o estudo realizado na França teve como objetivo a criação de um creme que tivesse um ativo que agisse como fotoproteção, a partir de uma preparação de aminoácidos semelhantes à micospolinas em lipossomas, induzidos por UVA (Schmid; Schurch; Zulli, 2006).

Estudos feitos por Schmid *et al.* (2006), mostraram que a capacidade de filtragem da Porphyra334, foi semelhante a filtros solares de UVA como o Butilmetoxidibenzoilmetano, que possui coeficiente de absorção molar (ϵ) de 40.000, e ao Ácido tereftalilideno dicanfor sulfônico, que possui (ϵ) 45.000. O estudo foi feito em 2 vias: uma em humanos, e outra *in vitro*.

Tal estudo, realizado em humanos, teve participação de 20 mulheres com idade de 36-54 anos, com objetivo de analisar a elasticidade e profundidade das rugas na pele. Em um período de 28 dias foi medida a formação de peróxido lipídico, comparando a área do antebraço e rosto que recebiam aplicação do produto 2 vezes ao dia, e que receberam irradiação UVA duas vezes por semana. O produto aplicado na pele continha 5% de Helioguard 365®, contendo 0,005% de MAAs encapsulados em lipossomas, e a mesma base com 4% de protetor UV-B sintético e 1% de protetor solar UV-A sintético (Schmid *et al.*, 2006).

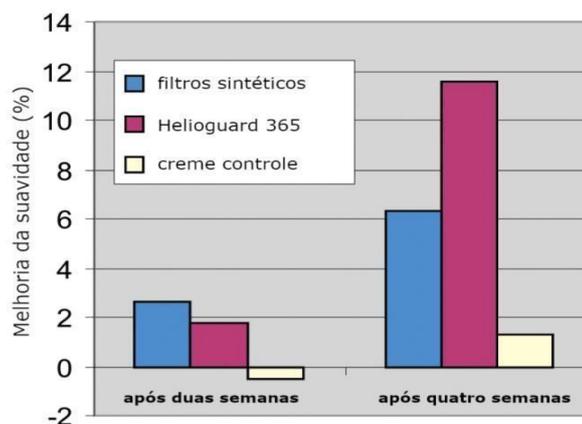
Com os resultados, foi possível ver uma redução de peroxidação lipídica de 37% na parte do corpo em que o creme foi utilizado, e também após a utilização dos produtos de teste por 2 semanas, houve uma redução significativa dos efeitos da exposição a radiação UVA, e também obteve melhor no que se refere a firmeza e suavidade da pele. Após aumentar o tempo de aplicação em 4 semanas, os resultados obtidos melhoraram significativamente em mais de 10% nas áreas tratadas com o creme de teste Helioguard 365, e em cerca de 6% nas áreas tratadas com os filtros sintéticos (Schmid *et al.*, 2006), como revelam as Figuras 5 e 6.

Figura 5: Melhoria da firmeza da pele após testes com Helioguard®365, filtros sintéticos e creme controle



Fonte: Schmid *et al.* (2006)

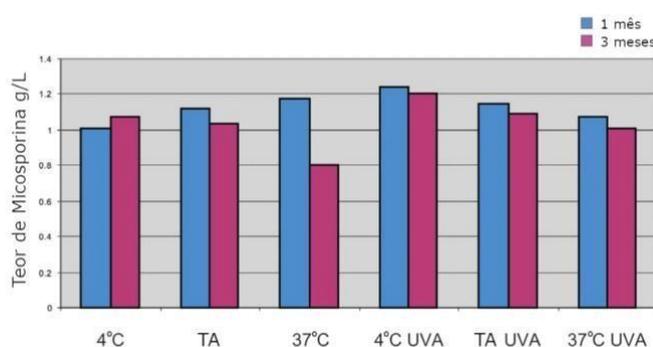
Figura 6: Melhoria da suavidade da pele após testes em Helioguard®365, filtros sintéticos e cremes controladores comuns



Fonte: Schmid *et al.* (2006)

Já o teste realizado *in vitro*, procurou analisar os efeitos de proteção ao DNA provocado pela Micosporina da alga *Porphyra-334*. Houve a extração da micosporina a 3,3% suspensa em etanol a 15% extraído após incubação a 45°C por 2 horas em agitação constante. A preparação da amostra foi realizada a partir da mistura entre o extrato, que passou pela remoção de algas e foi clarificado através da ultrafiltração de uma membrana de corte de 10 kDa, com 3,3% de lecitina na forma lipossomal e 0,4% de fenoxietanol. Com isso, houve ajuste da concentração de MAA em tal substância de teste para 0,1% (Figura 7) (Schmid *et al.*, 2006).

Figura 7: Estabilidade dos MAAs após 1 e 3 meses nas temperaturas de 4 °C, temperatura ambiente (TA) e 37 °C, com e sem aplicação de radiação UV-A



Fonte: Schmid *et al.* (2006)

Os resultados revelaram que o teor de micosporina no extrato não reduziu após um mês expostos nas temperaturas de 4°C, temperatura ambiente e 37°C. Só após 3 meses, que pode se observar a diminuição do teor de micosporina em 20% sob a temperatura de 37°C, os testes foram repetidos com aplicação de UVA, porém, os resultados não mostraram perda do teor de MAA, no período de 3 meses (Schmid *et al.*, 2006).

3 CONCLUSÃO

As algas são organismos promissores no fornecimento de compostos bioativos, tornando-as atrativas do ponto de vista comercial. Devido a esse grande potencial, pesquisas sobre esse tema têm chamado a atenção nos últimos anos. A investigação relacionada com as algas vermelhas, em particular, mostrou que são fontes ricas em compostos (aminoácidos do tipo micosporina) que absorvem a radiação UV quando expostas à luz solar.

Novas opções fotoprotetoras mais sustentáveis vem sendo desenvolvidas como os Aminoácidos tipo micosporinas (MAAs). A alta estabilidade dos MAAs em uma ampla faixa de temperatura e pH, juntamente com suas propriedades antioxidantes em soluções aquosas e lipídicas e capacidades fotoprotetoras contra efeitos adversos efeitos da radiação solar UVB e UVA, tornam-nos excelentes compostos cosmeceuticos, que cresceram exponencialmente ao longo dos anos e se tornaram substitutos viáveis de produtos ativos usado em proteção solar.

A importância desta descoberta é óbvia dada a procura dos consumidores por produtos mais naturais e sustentáveis. No entanto, ainda são necessárias mais pesquisas e desenvolvimento antes que aminoácidos semelhantes à micosporina possam ser efetivamente usados como filtros UV.

REFERÊNCIAS

- ABALDE, J. et al. **Microalgas: cultivo e aplicaciones**. España: Universidade da Coruña, 1995. 210p
- ABID, Abdul Rahman et al. Photo-stability and photo-sensitizing characterization of selected sunscreens' ingredients. **Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry**, v. 332, p. 241-250, 2017.
- AFONSO, S. et al. Photodegradation of avobenzene: Stabilization effect of antioxidants. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 140, p. 36-40, 2014.
- AGUILERA, A. J., et al. Composition for preparing sunscreen, comprises antioxidants such as mycosporine-like amino acids, porphyra isolated from red algae and mycosporineglycine isolated from marine lichen. ES2317741-A1; ES2317741-B1, 2009.
- ARRÓNIZ-CRESPO, María et al. Ultraviolet radiation-induced changes in mycosporine-like amino acids and physiological variables in the red alga *Lemanea fluviatilis*. **Journal of Freshwater Ecology**, v. 20, n. 4, p. 677-687, 2005.
- BALOGH, Tatiana Santana et al. Proteção à radiação ultravioleta: recursos disponíveis na atualidade em fotoproteção. **Anais brasileiros de Dermatologia**, v. 86, p. 732-742, 2011.
- BANDARANAYAKE, W. M.; ROCHER, A. Des. Role of secondary metabolites and pigments in the epidermal tissues, ripe ovaries, viscera, gut contents and diet of the sea cucumber *Holothuria atra*. **Marine Biology**, v. 133, p. 163-169, 1999.
- CARDOZO, Karina HM et al. Metabolites from algae with economical impact. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 146, n. 1-2, p. 60-78, 2007.

CARDOZO, Karina HM et al. Metabolites from algae with economical impact. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 146, n. 1-2, p. 60-78, 2007.

CARIGNAN, Mario O. et al. Palythine–threonine, a major novel mycosporine-like amino acid (MAA) isolated from the hermatypic coral *Pocillopora capitata*. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 94, n. 3, p. 191-200, 2009.

CASCAREJO, Margarida Marinheira Dias Fontes et al. **Uso de Algas em Dermocosmética**. 2018. Dissertação de Mestrado.

CHRAPUSTA, Ewelina et al. Mycosporine-like amino acids: Potential health and beauty ingredients. **Marine drugs**, v. 15, n. 10, p. 326, 2017.

CONDE, F. R.; CHURIO, M. S.; PREVITALI, C. M. The photoprotector mechanism of mycosporine-like amino acids. Excited-state properties and photostability of porphyra-334 in aqueous solution. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 56, n. 2-3, p. 139-144, 2000.

CONDE, Federico R.; CHURIO, M. Sandra; PREVITALI, Carlos M. The deactivation pathways of the excited-states of the mycosporine-like amino acids shinorine and porphyra-334 in aqueous solution. **Photochemical & Photobiological Sciences**, v. 3, p. 960-967, 2004.

DANOVARO, Roberto et al. Sunscreens cause coral bleaching by promoting viral infections. **Environmental health perspectives**, v. 116, n. 4, p. 441-447, 2008.

DE LA COBA, F. et al. Antioxidant activity of mycosporine-like amino acids isolated from three red macroalgae and one marine lichen. **Journal of Applied Phycology**, v. 21, p. 161-169, 2009.

DE LA COBA, F. **Evaluacion de la capacidad fotoprotectora y antioxidante de aminoacidos tipo micospolina. Aplicaciones biotecnológicas**. 2007. Tese de Doutorado. Tesis doctoral]. Espa} 401a. Facultad de Ciencias Universidad de Malaga.

DE LA COBA, F.; AGUILERA ARJONA, J.; LÓPEZ FIGUEROA, F. de Aminoácido Tipo Micosporina (Shinorine) en la Prevención de la Oxidación de Productos Cosméticos y Farmacéuticos 2009. 2,301,428 B1. **Oficina española de patentes y marcas. ES**, 2009.

DE LA COBA, F.; AGUILERA ARJONA, J.; LÓPEZ FIGUEROA, F. e Uso de aminoácido tipo micospolina (porfira 334) en productos para prevención y tratamiento de eritema actínico, fotocarcinogénesis y fotoenvejecimiento. **Oficina española de patentes y marcas. ES**, v. 2, p. 301-435, 2009.

DE LA COBA, F.; AGUILERA ARJONA, J.; LÓPEZ FIGUEROA, F. e Uso de aminoácido tipo micospolina (porfira 334) en productos para prevención y tratamiento de eritema actínico, fotocarcinogénesis y fotoenvejecimiento. **Oficina española de patentes y marcas. ES**, v. 2, p. 301-435, 2009.

DE LA COBA, F.; AGUILERA ARJONA, J.; LÓPEZ FIGUEROA, F. f Uso de una mezcla purificada de aminoácidos tipo micospolina (asterina 330+ palitina) en productos para

prevención y tratamiento de eritema actínico, fotocarcinogénesis y fotoenvejecimiento. **Oficina española de patentes y marcas. ES**, v. 2, n. 303, p. 487, 2009.

DE LA COBA, F.; AGUILERA ARJONA, J.; LÓPEZ FIGUEROA, F. Uso de una Mezcla Purificada de Aminoácidos Tipo Micosporina (Asterina 330 + Palitina) en Productos para Prevención y Tratamiento de Eritema actínico, Fotocarcinogénesis y Fotoenvejecimiento. 2,303,487 B1. **Oficina española de patentes y marcas. ES**, 2009.

DE OLIVEIRA, Camila Areias et al. Functional photostability and cutaneous compatibility of bioactive UVA sun care products. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 148, p. 154-159, 2015.

DUNLAP, Walter C.; SHICK, J. Malcolm. Ultraviolet radiation-absorbing mycosporine-like amino acids in coral reef organisms: a biochemical and environmental perspective. **Journal of phycology**, v. 34, n. 3, p. 418-430, 1998.

DUNLAP, Walter C.; YAMAMOTO, Yorihiro. Small-molecule antioxidants in marine organisms: antioxidant activity of mycosporine-glycine. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v. 112, n. 1, p. 105-114, 1995.

FAVRE-BONVIN, Jean; ARPIN, Noël; BREVARD, Christian. Structure de la mycosporine (P 310). **Canadian Journal of Chemistry**, v. 54, n. 7, p. 1105-1113, 1976.

FENT, Karl; ZENKER, Armin; RAPP, Maja. Widespread occurrence of estrogenic UV-filters in aquatic ecosystems in Switzerland. **Environmental Pollution**, v. 158, n. 5, p. 1817-1824, 2010.

FERNANDES, Susana CM et al. Exploiting mycosporines as natural molecular sunscreens for the fabrication of UV-absorbing green materials. **ACS Applied Materials & Interfaces**, v. 7, n. 30, p. 16558-16564, 2015.

FREIRE, Thamires Batello. **Influência de antioxidantes na fotoestabilização da avobenzona (filtro UVA) e do p-metoxicinamato de octila (filtro UVB) em fotoprotetores**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2022.

FREITAS, J. V. et al. Trans-resveratrol and beta-carotene from sunscreens penetrate viable skin layers and reduce cutaneous penetration of UV-filters. **International journal of pharmaceuticals**, v. 484, n. 1-2, p. 131-137, 2015.

GARCIA, Elias. Pesquisa bibliográfica versus revisão bibliográfica-uma discussão necessária. **Línguas & Letras**, v. 17, n. 35, 2016.

GASPAR, L. R. et al. Evaluation of dermatological effects of cosmetic formulations containing *Saccharomyces cerevisiae* extract and vitamins. **Food and chemical toxicology**, v. 46, n. 11, p. 3493-3500, 2008.

GASPAR, L. R.; CAMPOS, P. M. B. G. M. Evaluation of the photostability of different UV filter combinations in a sunscreen. **International Journal of pharmaceuticals**, v. 307, n. 2, p. 123-128, 2006.

GONZÁLEZ, Salvador et al. Expert recommendations on the evaluation of sunscreen efficacy and the beneficial role of non-filtering ingredients. **Frontiers in Medicine**, v. 9, p. 790207, 2022.

GRAHAM, L. E.; GRAHAM, J. M. WILCOX, L. W. **Algae**. 2º ed. San Francisco, CA: Pearson Benjamin Cummings, 2009.

GRECCO, Luiza et al. **Aminoácidos tipo micosporina: novas metodologias e distribuição em macroalgas da costa brasileira**. 2015.

GREENSPOON, Jill et al. Allergic and photoallergic contact dermatitis: a 10-year experience. **Dermatitis**, v. 24, n. 1, p. 29-32, 2013.

GRÖNIGER, A. et al. Photoprotective compounds in cyanobacteria, phytoplankton and macroalgae—a database. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 58, n. 2-3, p. 115-122, 2000.

GRÖNIGER, Almut; HÄDER, Donat-P. Stability of mycosporine-like amino acids. **Recent research developments in photochemistry and photobiology**, p. 247-252, 2000.

HARTMANN, Anja et al. Analysis of mycosporine-like amino acids in selected algae and cyanobacteria by hydrophilic interaction liquid chromatography and a novel MAA from the red alga *Catenella repens*. **Marine drugs**, v. 13, n. 10, p. 6291-6305, 2015.

HEO, Soo-Jin et al. Antioxidant activities of enzymatic extracts from brown seaweeds. **Bioresource Technology**, v. 96, n. 14, p. 1613-1623, 2005.

HOEK, Christiaan; MANN, David G.; JAHNS, Hans Martin. **Algae: an introduction to phycology**. Cambridge university press, 1995.

INCA. Instituto Nacional de Câncer. **Atlas de Mortalidade por Câncer**. 2019. Disponível em: <https://mortalidade.inca.gov.br/MortalidadeWeb/>. Acesso em: 08 abr. 2024.

INCA. Instituto Nacional de Câncer. **Câncer de pele melanoma 2020**. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/tipos-de-cancer/cancer-de-pele-melanoma>. Acesso em: 08 abr. 2024.

KAWAKAMI, Camila Martins; GASPAR, Lorena Rigo. Mangiferin and naringenin affect the photostability and phototoxicity of sunscreens containing avobenzone. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 151, p. 239-247, 2015.

KIM, Se-Kwon; WIJESEKARA, Isuru. Anticoagulant effect of marine algae. In: **Advances in food and nutrition research**. Academic Press, 2011. p. 235-244.

KLISCH, Manfred; HÄDER, Donat-P. Mycosporine-like amino acids in the marine dinoflagellate *Gyrodinium dorsum*: induction by ultraviolet irradiation. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 55, n. 2-3, p. 178-182, 2000.

Kockler *et al.*, 2012; KOCKLER, Jutta et al. Photostability of sunscreens. **Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews**, v. 13, n. 1, p. 91-110, 2012.

LATHA, M. S. et al. Sunscreening agents: a review. **The Journal of clinical and aesthetic dermatology**, v. 6, n. 1, p. 16, 2013.

LHIAUBET-VALLET, Virginie et al. Filter–filter interactions. Photostabilization, triplet quenching and reactivity with singlet oxygen. **Photochemical & photobiological sciences**, v. 9, n. 4, p. 552-558, 2010.

LHIAUBET-VALLET, Virginie et al. Filter–filter interactions. Photostabilization, triplet quenching and reactivity with singlet oxygen. **Photochemical & photobiological sciences**, v. 9, n. 4, p. 552-558, 2010.

MIYAMOTO, Emi et al. Characterization of vitamin B12 compounds from Korean purple laver (*Porphyra* sp.) products. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 57, n. 7, p. 2793-2796, 2009.

MORABITO, K. et al. Review of sunscreen and the emergence of non-conventional absorbers and their applications in ultraviolet protection. **International journal of cosmetic science**, v. 33, n. 5, p. 385-390, 2011.

NAKAMURA, Hideshi; KOBAYASHI, Jun'ichi; HIRATA, Yoshimasa. Separation of mycosporine-like amino acids in marine organisms using reversed-phase high-performance liquid chromatography. **Journal of Chromatography A**, v. 250, p. 113-118, 1982.

OREN, Aharon. Mycosporine-like amino acids as osmotic solutes in a community of halophilic cyanobacteria. **Geomicrobiology Journal**, v. 14, n. 3, p. 231-240, 1997.

PAN, Zhi et al. Adverse effects of titanium dioxide nanoparticles on human dermal fibroblasts and how to protect cells. **Small**, v. 5, n. 4, p. 511-520, 2009.

PANGESTUTI, Ratih; SIAHAAN, Evi Amelia; KIM, Se-Kwon. Photoprotective substances derived from marine algae. **Marine drugs**, v. 16, n. 11, p. 399, 2018.

PARK, Ji Min et al. Protective effect of astragaloside and quercetin on ultraviolet (UV)-irradiated damage in HaCaT cells and Balb/c mice. **Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry**, v. 55, p. 443-446, 2012.

RAVEN, Peter H.; EVERT, Ray F.; EICHHORN, Susan E. Biologia vegetal. In: **Biologia vegetal**. 2007. p. 830-830.

SABZEVARI, Nina et al. Sunscreens: UV filters to protect us: Part 1: Changing regulations and choices for optimal sun protection. **International Journal of Women's Dermatology**, v. 7, n. 1, p. 28-44, 2021.

SANTOS, Jacinthia Beatriz Xavier dos. Eficácia não-clínica do gel contendo o extrato vegetal de *Ipomoea pes-caprae* na inibição da toxicidade local produzida pela peçonha da serpente *Bothrops erythromelas*. 2023.

SARVEIYA, Vikram; RISK, Stacey; BENSON, Heather AE. Liquid chromatographic assay for common sunscreen agents: application to in vivo assessment of skin penetration and

systemic absorption in human volunteers. **Journal of Chromatography B**, v. 803, n. 2, p. 225-231, 2004

SCALIA, Santo; MEZZENA, Matteo. Photostabilization effect of quercetin on the UV filter combination, butyl methoxydibenzoylmethane–octyl methoxycinnamate. **Photochemistry and photobiology**, v. 86, n. 2, p. 273-278, 2010.

SCHAUDER, Silvia; IPPEN, Hellmut. Contact and photocontact sensitivity to sunscreens: Review of a 15-year experience and of the literature. **Contact dermatitis**, v. 37, n. 5, p. 221-232, 1997.

SCHMID, D.; SCHUERCH, C.; ZUELLI, F. Harmless, natural cosmetic skin treatment compositions, for protecting against UV-A induced lipid oxidation and premature aging, containing mycosporine-like amino acids. **Patent number EPI 1473028-AL**, 2004.

SCHMID, Daniel; SCHÜRCH, Cornelia; ZÜLLI, Fred. Mycosporine-like amino acids from red algae protect against premature skin-aging. **Euro Cosmet**, v. 9, p. 1-4, 2006.

SCHMIDT, Alexander R. et al. A microworld in Triassic amber. **Nature**, v. 444, n. 7121, p. 835-835, 2006.

SHAATH, Nadim A. Ultraviolet filters. **Photochemical & Photobiological Sciences**, v. 9, p. 464-469, 2010.

SHEATH, Robert G.; VIS, Morgan L. Red algae. In: **Freshwater Algae of North America**. Academic Press, 2015. p. 237-264.

SINHA, Rajeshwar P. et al. Mycosporine-like amino acids in the marine red alga *Gracilaria cornea*—effects of UV and heat. **Environmental and Experimental Botany**, v. 43, n. 1, p. 33-43, 2000.

SINHA, Rajeshwar P.; SINGH, Shailendra P.; HÄDER, Donat-P. Database on mycosporines and mycosporine-like amino acids (MAAs) in fungi, cyanobacteria, macroalgae, phytoplankton and animals. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 89, n. 1, p. 29-35, 2007.

ŠKROVÁNKOVÁ, Soňa. Seaweed vitamins as nutraceuticals. **Advances in food and nutrition research**, v. 64, p. 357-369, 2011.

SOUTO, Eliana B. et al. Lipid nanomaterials for targeted delivery of dermocosmetic ingredients: advances in photoprotection and skin anti-aging. **Nanomaterials**, v. 12, n. 3, p. 377, 2022.

TAVARES, Renata Spagolla Napoleão. **Potencial fotoprotetor de extratos e substâncias isoladas de fungos endofíticos da alga marinha vermelha *Bostrychia radicans* e de algas originárias da Antártica**. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

TAYLOR, R.; FLETCHER, R. L.; RAVEN, J. A. Preliminary studies on the growth of selected ‘green tide’algae in laboratory culture: effects of irradiance, temperature, salinity and nutrients on growth rate. 2001.

TOMASELLI, Luisa et al. The microalgal cell. **Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology**, v. 1, p. 3-19, 2004.

TORRES, Avital et al. Porphyra-334, a potential natural source for UVA protective sunscreens. **Photochemical & Photobiological Sciences**, v. 5, n. 4, p. 432-435, 2006.

VEGA, Julia et al. Mycosporine-like amino acids from red macroalgae: UV-photoprotectors with potential cosmeceutical applications. **Applied Sciences**, v. 11, n. 11, p. 5112, 2021.

VOLKMANN, Marc et al. Structure of euhalothec-362, a novel red-shifted mycosporine-like amino acid, from a halophilic cyanobacterium (Euhalothec sp.). **FEMS microbiology letters**, v. 258, n. 1, p. 50-54, 2006.

WANG, Dongqin et al. Combined enzymatic and mechanical cell disruption and lipid extraction of green alga *Neochloris oleoabundans*. **International journal of molecular sciences**, v. 16, n. 4, p. 7707-7722, 2015.

WEI, Huachen et al. Isoflavone genistein: photoprotection and clinical implications in dermatology. **The Journal of nutrition**, v. 133, n. 11, p. 3811S-3819S, 2003.

WHO. World Healthy Organization. **Radiation: Ultraviolet (UV) radiation and skin cancer**. Available in: [https://www.who.int/news-room/q-a-detail/radiation-ultraviolet-\(uv\)-radiation-and-skin-cancer](https://www.who.int/news-room/q-a-detail/radiation-ultraviolet-(uv)-radiation-and-skin-cancer). Acesso em: 08 abr. 2024.

ZENKER, Armin; SCHMUTZ, Hansruedi; FENT, Karl. Simultaneous trace determination of nine organic UV-absorbing compounds (UV filters) in environmental samples. **Journal of Chromatography A**, v. 1202, n. 1, p. 64-74, 2008.

Recebido em: 30 de dezembro de 2024.

Aceito em: 19 de janeiro de 2025.