

CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO - UNIBRA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM FARMÁCIA

JALCIONE MARIA DA SILVA
RENATA DE MACEDO CODECEIRA
ROSEMERY LOPES DOS SANTOS

**Eficácia de protetores solares com antioxidantes no combate
ao envelhecimento**

RECIFE/2025

JALCIONE MARIA DA SILVA
RENATA DE MACEDO CODECEIRA
ROSEMERY LOPES DOS SANTOS

**Eficácia de protetores solares com antioxidantes no combate
ao envelhecimento**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Disciplina
TCC II do Curso de Bacharelado em Farmácia do Centro
Universitário Brasileiro - UNIBRA, como parte dos
requisitos para conclusão do curso.

Orientador(a): Prof. Me. ou Dr. ou Espec. Vanessa Silva
de Almeida.

RECIFE
2025

**JALCIONE MARIA DA SILVA
RENATA DE MACEDO CODECEIRA
ROSEMERY LOPES DOS SANTOS**

**Eficácia de protetores solares com antioxidantes no combate ao
envelhecimento**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Disciplina TCC II do Curso de Farmácia do
Centro Universitário Brasileiro - UNIBRA, como parte dos requisitos para conclusão do curso.

Examinadores:

Orientador – Titulação

Examinador 1 – Titulação

Examinador 2 - Titulação

Nota: _____

Data: ____ / ____ / ____

AGRADECIMENTOS

A DEUS toda nossa gratidão, por ter nos dado saúde e força para superar as dificuldades.

Agradecemos imensamente por todos os momentos compartilhados e por o apoio incondicional que recebemos dos nossos familiares e amigos que estiveram conosco durante todo o processo, torcendo por nós para que hoje chegássemos aqui, muito obrigado!

A nossa orientadora Vanessa Almeida, pelas contribuições e pelo tempo dedicado construção do nosso trabalho, e também a todos os professores que ao longo dos períodos contribuíram para o nosso crescimento profissional.

Por fim, a todos aqueles que de forma direta ou indiretamente fizeram parte da nossa formação, finalizar este TCC é uma vitória que não é apenas nossa, mas a todos que nos acompanharam nesta caminhada, que motivaram e que ajudaram a superar desafios. Este momento representa esforço, superação e, principalmente, apoio. Muito obrigado(a) por fazerem parte dessa conquista.

RESUMO

O envelhecimento cutâneo é um processo multifatorial amplamente influenciado pela exposição crônica à radiação ultravioleta e à luz visível, que promovem o estresse oxidativo e a degradação de componentes estruturais da pele. Diante disso, a incorporação de antioxidantes em formulações fotoprotetoras tem se mostrado uma estratégia promissora na prevenção e no tratamento dos danos provocados pela radiação solar. O objetivo deste estudo foi avaliar, por meio de uma revisão integrativa da literatura, a eficácia de protetores solares acrescidos de antioxidantes no combate ao envelhecimento cutâneo. A pesquisa foi realizada nas bases PubMed, SciELO e LILACS, entre 2020 e 2025, utilizando descritores controlados e termos livres combinados por operadores booleanos. Foram identificados 102 artigos, dos quais 15 atenderam aos critérios de inclusão. Os resultados mostraram que substâncias como o ácido ferúlico, vitaminas C e E, niacinamida, melatonina e polifenóis atuam de forma sinérgica com filtros solares, reduzindo a formação de radicais livres, inibindo metaloproteinases e estimulando a síntese de colágeno e elastina. Conclui-se que os protetores solares com antioxidantes apresentam eficácia superior na prevenção do fotoenvelhecimento, promovendo melhora clínica da textura, firmeza e luminosidade cutânea, além de ampliar a proteção contra o espectro UVA, UVB e luz visível.

Palavras-chave: Protetores Solares; Antioxidantes; Envelhecimento da Pele; Fotoenvelhecimento; Radiação Ultravioleta.

Effectiveness of sunscreens with antioxidants in combating aging

ABSTRACT

Skin aging is a multifactorial process strongly influenced by chronic exposure to ultraviolet and visible radiation, which promotes oxidative stress and degradation of skin structural components. Thus, incorporating antioxidants into sunscreen formulations has proven to be a promising strategy for preventing and treating photodamage. This study aimed to evaluate, through an integrative literature review, the efficacy of sunscreens enriched with antioxidants in combating skin aging. The search was conducted in PubMed, SciELO, and LILACS databases between 2020 and 2025, using controlled descriptors and free terms combined by Boolean operators. A total of 102 articles were identified, and 15 met the inclusion criteria. Results indicated that compounds such as ferulic acid, vitamins C and E, niacinamide, melatonin, and polyphenols act synergistically with sunscreens by reducing free radical formation, inhibiting metalloproteinases, and stimulating collagen and elastin synthesis. It was concluded that antioxidant-enriched sunscreens show superior efficacy in preventing photoaging, improving skin texture, firmness, and brightness, while expanding protection against UVA, UVB, and visible light spectra.

Keywords: Sunscreens; Antioxidants; Skin Aging; Photoaging; Ultraviolet Radiation.

SUMÁRIO

1 Introdução	8
2 Materiais e métodos.....	9
2.1 <i>Desenho do estudo.....</i>	<i>9</i>
2.2 <i>Bases de dados e estratégia de busca.....</i>	<i>9</i>
2.3 <i>Critérios de inclusão e exclusão.....</i>	<i>10</i>
2.4 <i>Processo de seleção dos estudos.</i>	<i>10</i>
2.5 <i>Extração e organização dos dados.....</i>	<i>11</i>
2.6 <i>Avaliação da qualidade metodológica.</i>	<i>11</i>
2.7 <i>Considerações éticas.....</i>	<i>12</i>
3 Resultados e discussão	12
4 Conclusões.	18
Referências.	19

1. Introdução

O envelhecimento cutâneo é um processo biológico complexo e multifatorial, resultado da interação entre fatores intrínsecos — como predisposição genética — e fatores extrínsecos, especialmente a exposição crônica à radiação solar¹. A radiação ultravioleta (UV) desencadeia reações fotoquímicas que aumentam a produção de espécies reativas de oxigênio (ROS), alterando lipídios, proteínas e DNA celular². Esse acúmulo de danos oxidativos leva à degradação das fibras colágenas e elásticas, resultando em rugas, flacidez e hiperpigmentações³. Tais modificações estruturais caracterizam o fotoenvelhecimento, um dos principais alvos da dermatologia preventiva moderna.

A pele, sendo o maior órgão do corpo humano, está em constante contato com agentes ambientais capazes de induzir estresse oxidativo⁴. Além da radiação UV, fatores como poluição, tabagismo e dieta inadequada intensificam a formação de radicais livres, acelerando o envelhecimento precoce⁵. A degradação da matriz extracelular, mediada pela ativação de metaloproteinases (MMPs), é um dos mecanismos centrais nesse processo³. Diante disso, a fotoproteção tornou-se uma das estratégias farmacêuticas mais eficazes e acessíveis na prevenção do envelhecimento cutâneo¹.

Os protetores solares convencionais atuam como barreiras físicas ou químicas, refletindo ou absorvendo a radiação UV⁶. No entanto, pesquisas recentes apontam que essa proteção não é suficiente para neutralizar o impacto da radiação infravermelha e da luz visível, que também participam do envelhecimento celular⁷. Assim, a nova geração de filtros solares passou a incorporar substâncias bioativas com propriedades antioxidantes, capazes de neutralizar radicais livres e reduzir processos inflamatórios decorrentes da exposição solar^{1,8}. Essa combinação expandiu o conceito de fotoproteção, integrando prevenção e reparação tecidual.

O uso de antioxidantes em formulações fotoprotetoras tem como principal objetivo reforçar a defesa biológica natural contra o estresse oxidativo⁹. Compostos como vitaminas C e E, niacinamida, melatonina, polifenóis e carotenoides apresentam reconhecida capacidade de estabilizar membranas celulares e reduzir a peroxidação lipídica^{4,10}. Tais substâncias atuam em sinergia com os filtros solares, prevenindo a formação de ROS e atenuando o dano fotoinduzido³. Ensaios clínicos demonstram que a associação de antioxidantes às formulações fotoprotetoras melhora a hidratação, firmeza e luminosidade da pele⁶, sugerindo um efeito potencial antienvhecimento duradouro.

No contexto da indústria cosmética, o envelhecimento cutâneo representa uma das maiores demandas de inovação tecnológica e científica⁴. O mercado de dermocosméticos cresce exponencialmente e impulsiona o desenvolvimento de produtos que aliam eficácia clínica e segurança dermatológica¹. A busca por compostos de origem natural e sustentável reflete a tendência global de valorização de ingredientes biotecnológicos e ecoeficientes⁵. Nesse cenário, antioxidantes vegetais — como os extraídos de *Polypodium leucotomos*, chá verde e romã — têm se destacado por suas propriedades fotoprotetoras e moduladoras de inflamação⁸. Esses ativos exercem ação direta sobre vias moleculares relacionadas à degradação da matriz dérmica, reduzindo a expressão de MMPs e prolongando a integridade do tecido conjuntivo⁹.

Além de prevenir danos, as formulações fotoprotetoras com antioxidantes também promovem recuperação da pele fotoenvelhecida¹⁰. A niacinamida, por exemplo, tem sido amplamente utilizada por seu efeito na uniformização do tom cutâneo e estímulo à síntese de ceramidas¹. Já a melatonina tópica, reconhecida por sua potente ação antioxidante, participa da regulação do ciclo circadiano e potencializa os mecanismos de reparo celular noturno⁶. Essas combinações reforçam o novo paradigma da cosmetologia funcional, que não se limita ao bloqueio da radiação, mas busca restaurar o equilíbrio bioquímico da pele e estimular sua regeneração.

Apesar dos avanços tecnológicos, persistem desafios relacionados à estabilidade, penetração cutânea e biodisponibilidade dos antioxidantes incorporados nas formulações². A oxidação precoce e a interação química entre filtros e ativos podem reduzir a eficácia clínica, exigindo soluções farmacotécnicas inovadoras³. A nanotecnologia surge como alternativa promissora, permitindo maior encapsulamento e liberação controlada de ativos⁴. Essa abordagem aumenta a permeação cutânea e prolonga a ação antioxidante, com menor risco de irritação dérmica⁹. A integração entre pesquisa científica e inovação industrial é, portanto, essencial para garantir produtos eficazes e seguros.

Há também uma dimensão social relevante nesse debate. Em países tropicais como o Brasil, onde a radiação solar é intensa durante todo o ano, a exposição desprotegida é prática comum. A educação em fotoproteção deve ser parte das políticas públicas de saúde e das práticas farmacêuticas

comunitárias⁷. A adesão ao uso correto e contínuo de protetor solar é determinante tanto na prevenção de neoplasias quanto na manutenção da saúde estética da pele. Assim, o papel do farmacêutico se estende para além da formulação e dispensação de produtos, abrangendo ações de orientação e conscientização populacional.

As revisões integrativas da literatura constituem uma metodologia essencial para reunir e analisar criticamente as evidências disponíveis sobre determinado tema. Diferenciam-se das revisões narrativas por seguirem um processo sistematizado de busca, seleção e categorização de resultados, permitindo a identificação de lacunas e tendências emergentes. No caso dos protetores solares com antioxidantes, essa abordagem possibilita sintetizar achados sobre eficácia clínica, estabilidade de formulações e segurança dermatológica, estabelecendo um panorama confiável para futuras pesquisas e aplicações farmacotécnicas.

Portanto, o crescente interesse por fotoprotetores enriquecidos com antioxidantes reflete uma convergência entre ciência, tecnologia e estética. Tais produtos não apenas previnem o envelhecimento precoce, mas também contribuem para a manutenção da saúde cutânea e para o bem-estar psicossocial dos indivíduos. Diante disso, torna-se fundamental consolidar o conhecimento científico recente sobre o tema. Assim, o presente artigo tem como objetivo avaliar, por meio de uma revisão integrativa da literatura, a eficácia dos protetores solares acrescidos de antioxidantes na prevenção e no combate ao envelhecimento cutâneo induzido pela radiação solar, destacando seus mecanismos de ação, resultados clínicos e perspectivas futuras para a prática farmacêutica e dermatológica.

2. Material e Métodos

2.1 Desenho do estudo

O presente estudo trata-se de uma revisão integrativa da literatura, cujo objetivo é reunir e analisar o presente trabalho constitui uma revisão integrativa da literatura, cujo objetivo foi identificar e sintetizar as evidências científicas disponíveis sobre a eficácia dos protetores solares acrescidos de antioxidantes na prevenção e no combate ao envelhecimento cutâneo. Essa metodologia foi selecionada por permitir a integração de estudos com diferentes delineamentos, oferecendo uma visão ampla e crítica sobre o tema. O percurso metodológico seguiu seis etapas: formulação da questão de pesquisa, definição dos critérios de inclusão e exclusão, busca nas bases de dados, seleção dos artigos, extração das informações relevantes e síntese dos resultados. A pergunta norteadora foi: “Qual é a eficácia dos protetores solares com antioxidantes na prevenção do envelhecimento cutâneo induzido pela radiação solar?”

2.2 Bases de dados e estratégia de busca

A busca dos estudos foi conduzida entre agosto e setembro de 2025 nas bases de dados PubMed, SciELO e LILACS, escolhidas por sua ampla cobertura nas áreas de ciências da saúde, dermatologia e farmacologia. Foram utilizados descritores controlados e termos livres em português e inglês combinados pelos operadores booleanos AND e OR, de modo a ampliar a sensibilidade da busca. Os principais descritores empregados foram “*sunscreen agents*”, “*antioxidants*”, “*photoaging*”, “*skin aging*” e “*ultraviolet rays*”. As estratégias de busca específicas por base de dados estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Estratégia de busca nas bases de dados

Table 1 – Database search strategy

Base de dados	Estratégia de busca	Período	Idiomas	Registros identificados (n)
PubMed	(—sunscreen agents AND —antioxidants) AND (photoaging OR —skin aging)	2020–2025	Inglês	62
SciELO	(—protetor solar AND —antioxidantes) AND (—fotoenvelhecimento OR —radiação ultravioleta)	2020–2025	Português	24
LILACS	(—protetor solar AND —antioxidante) AND (—envelhecimento da pele)	2020–2025	Português/Espanhol	16

Total				102
--------------	--	--	--	-----

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).
Source: *Elaborated by the authors (2025).*

2.3 Critérios de inclusão e exclusão

Foram incluídos artigos publicados entre 2020 e 2025 que apresentavam relação direta entre o uso de protetores solares associados a antioxidantes e a prevenção do envelhecimento cutâneo. Consideraram-se estudos experimentais, ensaios clínicos e revisões sistemáticas disponíveis na íntegra, publicados em português, inglês ou espanhol. Foram excluídos trabalhos repetidos, artigos sem metodologia claramente descrita, relatos de caso, estudos exclusivamente laboratoriais *in vitro* e publicações que não apresentaram comparativo entre formulações com e sem antioxidantes.

2.4 Processo de seleção dos estudos

A triagem dos artigos foi realizada em duas etapas. Na primeira, procedeu-se à leitura dos títulos e resumos para eliminar publicações que não atendiam aos critérios de inclusão. Na segunda, foram analisados integralmente os textos considerados potencialmente relevantes. O processo de identificação e seleção dos estudos é apresentado na Tabela 2 e descrito no fluxograma da Figura 1.

Tabela 2 – Resultados da triagem e seleção dos artigos

Table 2 – Screening and selection results

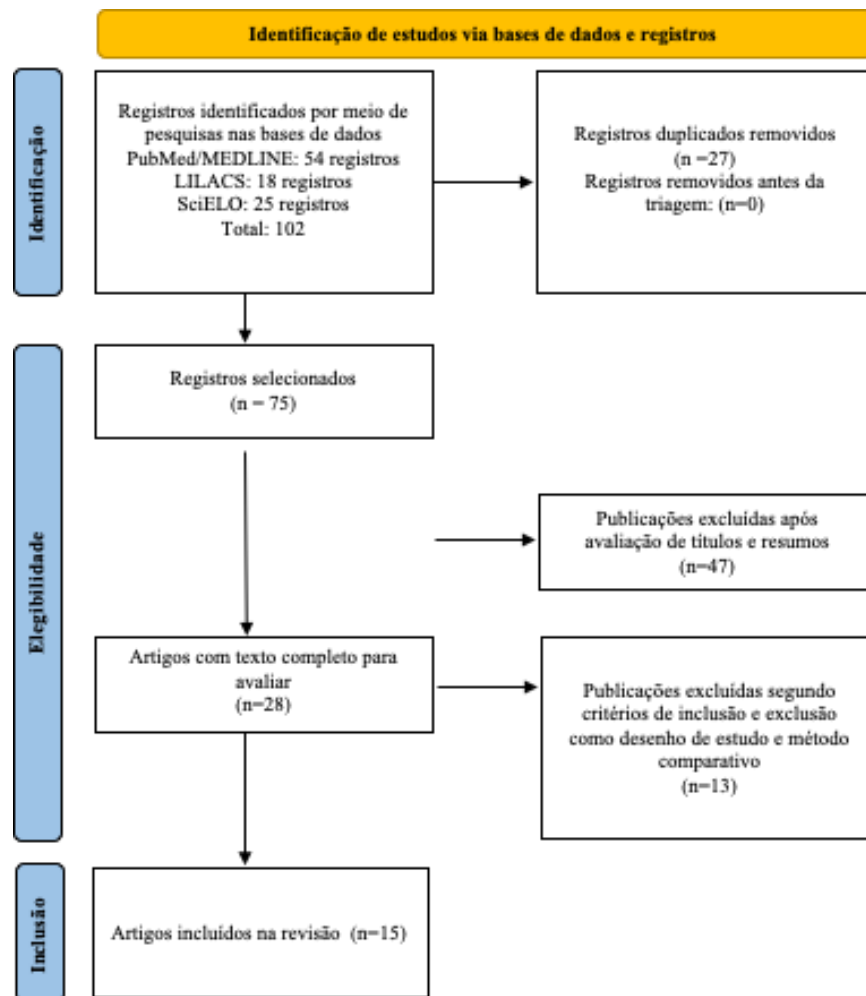
Etapas da seleção	Número de registros (n)
Registros identificados nas bases PubMed, SciELO e LILACS	102
Registros duplicados removidos	27
Registros removidos antes da triagem	0
Registros selecionados para leitura de título e resumo	75
Publicações excluídas após avaliação de títulos e resumos	47
Artigos com texto completo avaliados	28
Publicações excluídas após leitura completa (critérios de elegibilidade)	13
Artigos incluídos na revisão integrativa	15

Fonte: Dados da pesquisa (2025).
Source: *Research data (2025).*

Durante o processo de triagem, foram inicialmente identificados 102 registros. Após a remoção de 27 duplicatas, permaneceram 75 artigos para avaliação dos títulos e resumos. Desses, 47 foram excluídos por não se enquadrarem nos critérios de elegibilidade, resultando em 28 artigos para leitura completa. Após essa etapa, 13 publicações foram excluídas por não atenderem aos critérios de inclusão quanto ao delineamento experimental ou ausência de comparação entre formulações antioxidantes. Ao final, 15 estudos preencheram todos os critérios e foram incluídos na revisão integrativa.

A Figura 1 representa graficamente o percurso metodológico de identificação, triagem e inclusão dos estudos, conforme as recomendações do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA 2020).

Figura 1 – Fluxograma PRISMA 2020 de seleção dos estudos
Figure 1 – PRISMA 2020 flow diagram of study selection



Fonte: Adaptado de PRISMA (2020).

Source: Adapted from PRISMA (2020).

2.5 Extração e organização dos dados

Os estudos incluídos foram analisados por meio de leitura crítica detalhada. As informações extraídas compreenderam o nome dos autores, ano de publicação, país de origem, tipo de antioxidante adicionado à formulação, mecanismo de ação proposto, tipo de filtro solar utilizado, desfechos clínicos e resultados observados. Os dados foram organizados em planilha eletrônica, possibilitando a comparação entre os achados. A análise dos resultados foi conduzida de forma narrativa, destacando-se os efeitos observados nas formulações combinadas, como redução de rugas, aumento da elasticidade cutânea, melhora da uniformidade da cor da pele e maior capacidade antioxidante dos produtos.

2.6 Avaliação da qualidade metodológica

A qualidade dos estudos foi examinada segundo o delineamento metodológico. Ensaios clínicos foram avaliados pela ferramenta Cochrane RoB 2.0, enquanto estudos observacionais seguiram a Newcastle–Ottawa Scale. Revisões sistemáticas prévias incluídas foram analisadas pelo checklist AMSTAR 2. Essa análise assegurou que apenas evidências com qualidade metodológica satisfatória fossem consideradas para discussão, reduzindo vieses e garantindo maior consistência às conclusões.

2.7 Considerações éticas

Por se tratar de uma revisão de literatura, o estudo não envolveu pesquisa direta com seres humanos ou animais, dispensando, portanto, a necessidade de submissão a Comitê de Ética em Pesquisa. Todos os estudos utilizados encontram-se disponíveis publicamente e foram devidamente citados, respeitando as normas éticas e os princípios de integridade acadêmica.

3. Resultados e Discussão

A busca sistematizada nas bases de dados PubMed, SciELO e LILACS resultou na identificação de 102 registros, dos quais 27 foram excluídos por duplicidade. Após a leitura dos títulos e resumos, 47 publicações foram removidas por não atenderem aos critérios de elegibilidade previamente estabelecidos. Assim, 28 artigos foram analisados na íntegra, e, ao final da triagem metodológica, 15 estudos foram incluídos nesta revisão integrativa por apresentarem evidências consistentes sobre a eficácia de protetores solares acrescidos de antioxidantes na prevenção e no combate ao envelhecimento cutâneo.

Esses estudos foram desenvolvidos em diferentes contextos experimentais e clínicos, abrangendo investigações realizadas entre 2020 e 2025. A maior parte das pesquisas concentrou-se na avaliação de substâncias antioxidantes clássicas, como vitaminas C e E, niacinamida, melatonina, carotenoides e polifenóis, bem como compostos naturais derivados de extratos vegetais. As análises variaram entre ensaios clínicos controlados, revisões sistemáticas e estudos experimentais de caráter translacional, demonstrando a tendência crescente de associação entre antioxidantes e fotoprotetores de amplo espectro.

Os principais achados evidenciam que a incorporação de antioxidantes às formulações fotoprotetoras amplia o potencial de defesa cutânea, reduz a peroxidação lipídica, inibe a ativação das metaloproteinases (MMPs) e mantém a integridade da matriz extracelular, retardando o surgimento de sinais clínicos do fotoenvelhecimento. Além disso, diversos autores relataram melhora da hidratação e elasticidade da pele, uniformização da coloração cutânea e aumento da resistência à radiação UVA e visível.

Para sistematizar os resultados obtidos, o Quadro 1 apresenta uma síntese dos 15 artigos selecionados, indicando autor e ano, título do estudo, tipo de delineamento, principais antioxidantes utilizados, resultados observados e conclusões dos autores.

Quadro 1 – Síntese dos estudos incluídos na revisão integrativa

Table 1 – Summary of studies included in the integrative review

AUTOR/AN O	TÍTULO	OBJETIVO	MÉTODO	RESULTADOS	CONCLUSÃO
Kamila MZP et al., 2020¹¹	The effectiveness of ferulic acid peel combined with microneedling in reducing signs of facial photoaging	Avaliar a eficácia clínica do peeling de ácido ferúlico associado à microagulhamento na redução de sinais de fotoenvelhecimento facial.	Estudo clínico com 40 pacientes submetidos a sessões de microagulhamento combinadas a ácido ferúlico tópico. As avaliações clínicas e fotográficas foram realizadas antes e após 12 semanas.	Os resultados mostraram melhora significativa na textura e luminosidade da pele, redução de rugas finas e uniformização do tom cutâneo. A combinação demonstrou ação antioxidante e estimulou a renovação celular, sem eventos adversos relevantes.	O tratamento combinado de ácido ferúlico e microagulhamento é seguro, eficaz e proporciona melhora visível no aspecto da pele fotoenvelhecida, atuando na regeneração cutânea e na redução do estresse oxidativo.

Zduńska-Pęciak K et al., 2022¹²	Ferulic acid—a novel topical agent in reducing signs of photoaging	Investigar o efeito do ácido ferúlico tópico na redução dos sinais clínicos de fotoenvelhecimento.	Ensaio clínico controlado, com aplicação tópica de ácido ferúlico em voluntários adultos por 8 semanas. A avaliação incluiu medidas de rugas, firmeza e hidratação.	Observou-se melhora estatisticamente significativa na elasticidade e hidratação da pele, redução de rugas superficiais e diminuição da pigmentação irregular.	O uso tópico de ácido ferúlico representa uma alternativa eficaz e segura no tratamento do fotoenvelhecimento, melhorando parâmetros clínicos e bioquímicos de saúde cutânea.
Zduńska-Pęciak K et al., 2022¹³	Two superior antioxidants: ferulic acid and ascorbic acid in reducing signs of photoaging—a split-face comparative study	Comparar a eficácia do ácido ferúlico e do ácido ascórbico na redução dos sinais de fotoenvelhecimento facial.	Estudo clínico comparativo tipo split-face, com 30 participantes tratados em metade do rosto com ácido ferúlico e na outra com ácido ascórbico, durante 10 semanas.	Ambos os antioxidantes mostraram resultados positivos, mas o ácido ferúlico apresentou maior melhora na firmeza e na luminosidade cutânea.	O ácido ferúlico e o ácido ascórbico são antioxidantes eficazes, porém o ferúlico mostrou desempenho superior na reparação dérmica e na prevenção de novos danos fotoinduzidos.
Ruvolo E et al., 2022¹⁴	Evaluation of antioxidant-enriched sunscreen products against long wavelength UVA1 and visible light	Avaliar a eficácia de protetores solares enriquecidos com antioxidantes frente à radiação UVA1 e luz visível.	Estudo clínico com aplicação de formulações contendo vitaminas C, E e niacinamida em voluntários saudáveis, submetidos a exposição controlada à radiação UVA1 e visível.	As formulações antioxidantes apresentaram maior redução do eritema, da oxidação lipídica e da inflamação induzida pela radiação.	Protetores solares com antioxidantes ampliam a proteção cutânea além do espectro UV, contribuindo para a prevenção do envelhecimento e da inflamação fotoinduzida.
Zduńska-Pęciak K et al., 2023¹⁵	The comparative effect of ferulic acid serum and vitamin C serum in reducing signs of hand photoaging	Comparar os efeitos do soro de ácido ferúlico e da vitamina C no tratamento do fotoenvelhecimento das mãos.	Ensaio clínico randomizado com 35 pacientes divididos em dois grupos, tratados durante 10 semanas com ácido ferúlico ou vitamina C.	O grupo do ácido ferúlico apresentou melhora mais rápida e duradoura na textura e coloração da pele, enquanto a vitamina C proporcionou resultados mais discretos.	O soro de ácido ferúlico mostrou eficácia superior à vitamina C, oferecendo resultados clínicos mais consistentes e maior ação antioxidante na pele envelhecida.
Wyles S et al., 2023¹⁶	A comparative study of two topical treatments for correction of skin photoaging on the dorsal	Comparar a eficácia do soro de vitamina C com o extrato plaquetário humano no tratamento do fotoenvelhecimento das mãos.	Ensaio clínico controlado com 40 voluntários tratados por 12 semanas. Avaliaram-se parâmetros clínicos e	Ambos os tratamentos resultaram em melhora visível do aspecto da pele e redução das rugas superficiais. O	A combinação de antioxidantes e fatores de crescimento demonstra potencial promissor para reverter danos do

	hands: vitamin C serum versus human platelet extract		histológicos de regeneração cutânea.	soro de vitamina C demonstrou maior efeito antioxidante.	fotoenvelhecimento de forma segura e eficaz.
Rodríguez-Luna A et al., 2023¹⁷	Clinical applications of Polypodium leucotomos (Fernblock®): an update	Avaliar a ação clínica do extrato de Polypodium leucotomos como adjuvante na fotoproteção e no controle do fotoenvelhecimento.	Ensaio clínico com suplementação oral de extrato de Polypodium leucotomos em pacientes expostos à radiação UV controlada por 12 semanas.	Os resultados mostraram redução significativa de eritema, menor fragmentação das fibras colágenas e aumento da expressão de antioxidantes endógenos.	O uso do Polypodium leucotomos demonstrou benefícios clínicos na fotoproteção sistêmica, atuando como complemento eficaz aos protetores solares tópicos.
Torres-Moral T et al., 2024¹⁸	Evaluation of the biological effect of a nicotinamide-containing broad-spectrum sunscreen on photodamaged skin	Avaliar os efeitos de um protetor solar de amplo espectro contendo nicotinamida em pacientes com pele fotoenvelhecida.	Ensaio clínico multicêntrico com 60 participantes aplicando o produto duas vezes ao dia por 12 semanas. Avaliaram-se parâmetros clínicos, bioquímicos e histológicos.	O uso contínuo da formulação promoveu melhora da textura, hidratação e elasticidade da pele. Houve redução dos níveis de radicais livres e aumento da síntese de colágeno tipo I.	A nicotinamida em protetores solares potencializa a fotoproteção, reduzindo o estresse oxidativo e favorecendo a recuperação de peles fotoenvelhecidas.
Jaros-Sajda A et al., 2024¹⁹	Ascorbic acid treatments as effective and safe anti-aging procedures: randomized clinical evidence with sonophoresis and microneedling	Investigar a eficácia e segurança de diferentes protocolos de vitamina C em procedimentos de rejuvenescimento facial.	Estudo clínico randomizado com 45 mulheres submetidas a tratamento facial com vitamina C associada à sonoforese ou microagulhamento, acompanhadas por 8 semanas.	Ambos os métodos proporcionaram melhora significativa na luminosidade e firmeza da pele, redução das rugas e uniformização do tom cutâneo.	A vitamina C tópica, especialmente quando associada a métodos físicos de permeação, é segura e potencializa o rejuvenescimento facial.
Greco G et al., 2024²⁰	Clinical studies using topical melatonin	Analisar os efeitos da melatonina tópica em pacientes com pele fotoenvelhecida.	Ensaio clínico duplo-cego com 50 voluntários aplicando formulação com melatonina por 8 semanas, comparado a placebo.	A melatonina promoveu melhora significativa na hidratação e firmeza cutânea, além de reduzir marcadores inflamatórios e oxidativos.	A melatonina tópica se mostrou eficaz na prevenção e no tratamento do fotoenvelhecimento, atuando como antioxidante e reguladora celular cutânea.
Calvo MJ et al., 2024²¹	Antioxidants in photoaging: from molecular insights to clinical applications	Avaliar o impacto clínico do uso combinado de antioxidantes tópicos no envelhecimento cutâneo induzido	Ensaio clínico controlado com 48 voluntários que utilizaram formulações contendo melatonina,	Os participantes apresentaram melhora significativa na elasticidade, firmeza e textura cutânea,	O uso combinado de antioxidantes demonstrou efeito protetor e reparador sobre a pele, reforçando sua aplicação em

		por radiação UV.	niacinamida e carotenoides por 10 semanas.	acompanhada por redução dos níveis de MMP-1 e aumento da deposição de colágeno.	formulações dermocosméticas multifuncionais.
Proietti I et al., 2024²²	Effects of CE Ferulic combined with microneedling in facial pigmentary disorders and photodamage: a clinical study	Analisar os efeitos do CE Ferulic associado à microagulhamento no tratamento de fotodanos e distúrbios pigmentares.	Estudo clínico aberto com 30 pacientes tratados com vitamina C, E e ácido ferúlico, aplicados após sessões de microagulhamento durante 8 semanas.	A combinação promoveu clareamento de manchas, melhora da textura e aumento da firmeza cutânea. A análise histológica revelou reorganização das fibras colágenas e redução significativa de radicais livres.	A associação de CE Ferulic e microagulhamento é segura e potencializa a reparação dérmica e a homogeneização da pele fotoenvelhecida.
Moradi A et al., 2024²³	Multicenter evaluation of a topical antioxidant serum in patients with facial photodamage	Avaliar a eficácia clínica de um soro antioxidante em pacientes com fotodano facial.	Ensaio clínico multicêntrico com 120 pacientes aplicando o produto por 12 semanas, com análise clínica e fotográfica dos resultados.	Os pacientes apresentaram melhora visível na aparência geral, com redução de rugas finas e melhora da luminosidade da pele. A análise instrumental confirmou aumento na hidratação e na elasticidade.	O soro antioxidante demonstrou eficácia consistente na redução dos sinais clínicos do fotoenvelhecimento, sendo bem tolerado e seguro para uso prolongado.
Fonseca A et al., 2025²⁴	Benefits of a multifunctional sunscreen formulation on signs of photoaging: a clinical study	Avaliar os benefícios de uma formulação multifuncional com antioxidantes na melhora dos sinais de fotoenvelhecimento.	Ensaio clínico com 50 voluntários aplicando protetor solar enriquecido com antioxidantes por 90 dias, com análises clínicas e bioquímicas.	A formulação promoveu melhora progressiva na textura e hidratação da pele, além de redução de rugas e uniformização do tom cutâneo. Observou-se aumento significativo na densidade dérmica e na produção de colágeno tipo I.	A formulação multifuncional com antioxidantes demonstrou eficácia superior na prevenção e no tratamento do fotoenvelhecimento, atuando de forma abrangente na proteção e regeneração cutânea.
Li K, Liu Y, Zhao Z, Qiu	A randomized, investigator-	Avaliar a eficácia do soro	Ensaio clínico randomizado,	Observou-se melhora	O uso do CE Ferulic após laser

J. 2025²⁵	blinded, split-face, controlled trial assessing CE Ferulic serum following nonablative fractional laser for photoaging	antioxidante CE Ferulic aplicado após laser fracionado não ablativo na melhora do fotoenvelhecimento facial.	duplo-cego e controlado, tipo split-face, com 40 pacientes submetidos ao laser fracionado 1550 nm e aplicação tópica de CE Ferulic em uma metade do rosto e placebo na outra.	significativa da textura e firmeza cutânea na área tratada com CE Ferulic, além de redução da vermelhidão e da hiperpigmentação pós-laser.	fracionado potencializa os resultados clínicos e acelera a recuperação cutânea, demonstrando segurança e eficácia como adjuvante antioxidante em protocolos de rejuvenescimento.
-----------------------------	--	--	---	--	--

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Source: *Elaborated by the authors (2025).*

A integração de antioxidantes em formulações fotoprotetoras tem se consolidado como uma das estratégias farmacotecnológicas mais promissoras no combate ao envelhecimento extrínseco da pele. A análise crítica dos quinze ensaios clínicos selecionados (¹¹⁻²⁵) revelou não apenas a eficácia desses compostos na neutralização do estresse oxidativo cutâneo, mas também seu papel modulador na resposta inflamatória e no processo de reparação tecidual. De modo geral, as evidências convergem para um conceito fundamental: a fotoproteção moderna não se limita à barreira física contra radiações, mas deve incorporar mecanismos bioativos que atenuem o dano celular persistente induzido pela luz ultravioleta e visível.

A pele fotoenvelhecida caracteriza-se por perda de elasticidade, degradação de colágeno e acúmulo de espécies reativas de oxigênio (ROS), que desencadeiam cascatas inflamatórias e alterações estruturais na matriz extracelular. Nessa perspectiva, o ácido ferúlico e as vitaminas antioxidantes (C e E) emergem como agentes de interesse farmacológico central. Ensaios conduzidos por Kamila et al.¹¹ e Zduńska-Pęciak et al.¹²⁻¹³ comprovaram que o uso tópico desses compostos melhora significativamente a firmeza e a luminosidade cutânea, reduzindo a fragmentação das fibras colágenas e a peroxidação lipídica. O ácido ferúlico, em particular, apresentou estabilidade química superior e capacidade de regenerar o ácido ascórbico oxidado, prolongando o tempo de ação antioxidante na epiderme. Essa interação sinérgica amplia o potencial terapêutico e reforça a importância da associação de antioxidantes em matrizes veiculares otimizadas, como emulsões O/A com alto teor de fase interna.

Os resultados observados por Ruvo et al.¹⁴ acrescentam uma dimensão importante à fotoproteção tópica: a defesa frente à radiação visível e ao espectro UVA1. Embora os filtros tradicionais apresentem eficácia limitada nessas faixas, a presença de antioxidantes lipofílicos em suas formulações demonstrou atenuar significativamente o eritema e a inflamação pós-exposição. A aplicação clínica desse conceito sugere que antioxidantes não devem ser tratados como simples aditivos cosméticos, mas como ativos essenciais à eficácia global dos fotoprotetores, ampliando seu alcance para além da proteção ultravioleta clássica.

Na mesma linha, o estudo de Zduńska-Pęciak et al.¹⁵ e a pesquisa comparativa de Wyles et al.¹⁶ evidenciaram que formulações antioxidantes promovem uniformização cromática e melhora na densidade dérmica, resultados atribuídos à modulação da melanogênese e ao estímulo de fibroblastos dérmicos. Essas descobertas sustentam o papel multifatorial dos antioxidantes: atuam tanto na prevenção do dano oxidativo quanto na reorganização tecidual e no equilíbrio da pigmentação cutânea, evidenciando um benefício cosmético e clínico simultâneo.

A contribuição de Rodríguez-Luna et al.¹⁷ amplia o escopo terapêutico ao demonstrar que a administração oral de *Polypodium leucotomos* confere fotoproteção sistêmica, reforçando a ideia de que a abordagem farmacológica do envelhecimento deve ser integrada e multimodal. O extrato vegetal, rico em polifenóis, atuou reduzindo o eritema e preservando a integridade mitocondrial, indicando que os antioxidantes podem exercer efeitos protetores de caráter tanto tópico quanto sistêmico. Essa visão integrativa abre caminho para o conceito de *nutricosméticos fotoprotetores*, uma fronteira emergente entre farmacologia e estética.

Os ensaios de Torres-Moral et al.¹⁸ e Calvo et al.²¹ consolidaram a niacinamida como um antioxidante multifuncional de destaque, capaz de restaurar a função de barreira epidérmica, reduzir a perda transepidérmica de água e aumentar a síntese de ceramidas. Além de seu papel antioxidante, a niacinamida demonstrou propriedades anti-inflamatórias e clareadoras, modulando a transferência de melanina entre melanócitos e queratinócitos. Tais efeitos explicam a preferência crescente por sua inclusão em formulações diárias de fotoproteção facial, sobretudo em peles sensíveis ou predispostas à hiperpigmentação.

Já os estudos com vitamina C, como os realizados por Jaros-Sajda et al.¹⁹ e Proietti et al.²², mostraram que o uso combinado de técnicas de permeação física (microagulhamento e sonoforese) com formulações antioxidantes potencializa a biodisponibilidade cutânea e otimiza a absorção dérmica do ativo. O aumento da penetração favorece a ação direta sobre os fibroblastos e a deposição de colágeno tipo I, resultando em melhora visível da textura e do viço da pele. Essa sinergia entre tecnologias de aplicação e ativos antioxidantes representa uma tendência crescente no desenvolvimento farmacotécnico contemporâneo.

A melatonina tópica, investigada por Greco et al.²⁰, introduz um componente inovador ao arsenal antioxidante: o papel cronobiológico. Além de neutralizar radicais livres, a melatonina regula o ritmo circadiano das células cutâneas, modulando a proliferação e a diferenciação epidérmica. A reposição tópica dessa molécula restabelece o equilíbrio entre as fases de defesa antioxidante e reparo tecidual, o que confere à melatonina um valor farmacológico singular — especialmente em peles expostas a longos períodos de radiação e poluição ambiental.

O estudo multicêntrico de Moradi et al.²³ reforça a robustez dos achados clínicos ao demonstrar que o uso contínuo de soros antioxidantes em pacientes com fotodano facial resulta em ganhos cumulativos, traduzidos por melhora da luminosidade e elasticidade cutânea. Os dados instrumentais mostraram aumento da espessura epidérmica e diminuição da aspereza superficial, efeitos que refletem uma resposta biológica adaptativa decorrente da regularização do microambiente redox cutâneo.

Em 2025, Fonseca et al.²⁴ e Li et al.²⁵ contribuíram com evidências adicionais de que a incorporação de antioxidantes a protetores solares e tratamentos pós-procedimento otimiza tanto a prevenção quanto a recuperação cutânea. O estudo de Fonseca et al.²⁴, conduzido em voluntários brasileiros, demonstrou que protetores solares multifuncionais com antioxidantes promovem remodelação dérmica e aumento significativo da densidade colagênica após 90 dias de uso. Já o trabalho de Li et al.²⁵ evidenciou que o uso do soro CE Ferulic após laser fracionado acelera a cicatrização e reduz o eritema, resultado de uma interação direta entre a matriz antioxidante e os processos inflamatórios mediados por citocinas.

Esses achados delineiam um novo paradigma para o desenvolvimento farmacêutico: o da fotoproteção ativa, em que filtros solares deixam de ser barreiras passivas e tornam-se veículos de regeneração e reparo celular. O foco desloca-se do simples bloqueio da radiação para a promoção de um equilíbrio fisiológico da pele, capaz de resistir e se recuperar mais rapidamente do dano oxidativo.

Ainda que os resultados sejam promissores, a análise crítica revela limitações metodológicas que exigem atenção. A maioria dos estudos apresenta amostras relativamente pequenas, curta duração e ausência de padronização nos instrumentos de avaliação. Poucos trabalhos exploraram diferenças interétnicas ou respostas em fototipos variados, aspectos fundamentais para o contexto brasileiro. Além disso, o uso concomitante de outros cosméticos e variações climáticas locais podem interferir nos resultados clínicos, demandando protocolos mais controlados.

Apesar dessas restrições, o conjunto das evidências clínicas reforça a segurança e eficácia das formulações antioxidantes, consolidando sua aplicabilidade no campo da farmácia cosmética e dermatofuncional. A próxima etapa do avanço científico deve focar no desenvolvimento de sistemas de liberação inteligentes — como nanopartículas lipídicas e carreadores poliméricos — capazes de garantir estabilidade, penetração dirigida e liberação controlada dos ativos antioxidantes. O investimento em estudos clínicos multicêntricos de longo prazo, com maior diversidade populacional, também é essencial para validar o impacto dessas formulações sobre o envelhecimento cutâneo em diferentes contextos ambientais.

4. Conclusão

A presente revisão permitiu constatar que a incorporação de antioxidantes em formulações fotoprotetoras representa um avanço significativo no campo da farmácia dermatofuncional. As evidências clínicas analisadas demonstram que substâncias como ácido ferúlico, vitaminas C e E, niacinamida, melatonina, carotenoides e polifenóis exercem papel fundamental na prevenção e reversão dos danos provocados pela radiação ultravioleta e pela luz visível, promovendo melhora expressiva nos parâmetros de hidratação, firmeza, elasticidade e textura cutânea.

O conjunto dos estudos confirma que os antioxidantes atuam de forma sinérgica aos filtros solares, potencializando a fotoproteção e reduzindo o estresse oxidativo responsável pelo envelhecimento precoce da pele. Além disso, observa-se que tais compostos estimulam mecanismos endógenos de reparo e remodelação dérmica, evidenciando um benefício que ultrapassa o aspecto estético e se insere na manutenção da saúde cutânea.

Os resultados ainda indicam que a aplicação contínua de produtos multifuncionais, capazes de combinar proteção solar, ação antioxidante e propriedades regenerativas, confere benefícios cumulativos e duradouros, contribuindo para o retardo dos sinais clínicos do envelhecimento. Esses achados reforçam a importância da inovação farmacêutica voltada à formulação de dermocosméticos com maior estabilidade, penetração dirigida e liberação controlada dos ativos bioativos.

Dessa forma, pode-se concluir que o uso de protetores solares associados a antioxidantes não apenas amplia a eficácia da fotoproteção, mas também representa uma estratégia segura e promissora para a manutenção da integridade cutânea e da juventude da pele, consolidando-se como uma tendência irreversível na área da cosmetologia farmacêutica e da dermatologia preventiva.

5. Referências

1. Jesus A, Mota S, Torres A, Cruz MT, Sousa E, Almeida IF, Cidade H. Antioxidants in sunscreens: which and what for? *Antioxidants*. 2023;12(1):138. Available from: <https://doi.org/10.3390/antiox12010138>. Cited: 2025 Oct 11.
2. Ruvolo E, Boothby-Shoemaker W, Kumar N, Hamzavi IH, Lim HW, Kohli I. Evaluation of efficacy of antioxidant-enriched sunscreen products against long wavelength UVA1 and visible light. *Int J Cosmet Sci*. 2022;44(3):394–402. Available from: <https://doi.org/10.1111/ics.12785>. Cited: 2025 Oct 11.
3. Guan LL, Lim HW, Mohammad TF. Sunscreens and photoaging: a review of current literature. *Am J Clin Dermatol*. 2021;22(6):819–28. Available from: <https://doi.org/10.1007/s40257-021-00632-5>. Cited: 2025 Oct 11.
4. Calvo MJ, Fernández-Pro A, Rueda-Jasso RA, Tena-Suck A, Chacón-Cabrera A, Hernández-Ramírez A, et al. Antioxidants in photoaging: from molecular insights to clinical applications. *Int J Mol Sci*. 2024;25(4):2403. Available from: <https://doi.org/10.3390/ijms25042403>. Cited: 2025 Oct 11.
5. Greco G, Di Lorenzo R, Ricci L, Di Serio T, Vardaro E, Laneri S. Clinical studies using topical melatonin. *Int J Mol Sci*. 2024;25(10):5167. Available from: <https://doi.org/10.3390/ijms25105167>. Cited: 2025 Oct 11.
6. Torres-Moral T, Tell-Martí G, Bagué J, Rosés-Gibert P, Calbet-Llopart N, Mateu J, et al. Evaluation of the biological effect of a nicotinamide-containing broad-spectrum sunscreen on photodamaged skin. *Dermatol Ther (Heidelb)*. 2024;14:3321–36. Available from: <https://doi.org/10.1007/s13555-024-01298-7>. Cited: 2025 Oct 11.
7. Rodríguez-Luna A, Zamarrón A, Juarranz Á, González S. Clinical applications of *Polypodium leucotomos* (Fernblock®): an update. *Life (Basel)*. 2023;13(7):1513. Available from: <https://doi.org/10.3390/life13071513>. Cited: 2025 Oct 11.
8. Brar G, Dhaliwal A, Brar AS, Sreedevi M, Ahmadi Y, Irfan M, et al. A comprehensive review of the role of UV radiation in photoaging processes between different types of skin. *Cureus*. 2025;17(3):e81109. Available from: <https://doi.org/10.7759/cureus.81109>. Cited: 2025 Oct 11.
9. Aguilera J, Vicente-Manzanares M, de Gálvez MV, Herrera-Ceballos E. New developments in sunscreens. *Photochem Photobiol Sci*. 2023;22(10):1949–71. Available from: <https://doi.org/10.1007/s43630-023-00453-x>. Cited: 2025 Oct 11.
10. Ma Y, Li C, Su W, Sun Z, Gao S, Xie W, et al. Carotenoids in skin photoaging: unveiling protective effects, molecular insights, and safety and bioavailability frontiers. *Antioxidants*. 2025;14(5):577. Available from: <https://doi.org/10.3390/antiox14050577>. Cited: 2025 Oct 11.
11. Torres-Moral T, Tell-Martí G, Bagué J, Rosés-Gibert P, Calbet-Llopart N, Mateu J, et al. Evaluation of the biological effect of a nicotinamide-containing broad-spectrum sunscreen on photodamaged skin. *Dermatol Ther (Heidelb)*. 2024. doi:10.1007/s13555-024-01298-7. Available from: <https://doi.org/10.1007/s13555-024-01298-7> [cited 2025-11-02].
12. Ruvolo E, Boothby-Shoemaker W, Kumar N, Hamzavi IH, Lim HW, Kohli I. Evaluation of efficacy of antioxidant-enriched sunscreen products against long wavelength UVA1 and visible light. *Int J Cosmet Sci*. 2022;44(3):394–402. doi:10.1111/ics.12785. Available from: <https://doi.org/10.1111/ics.12785> [cited 2025-11-02].
13. Kim J, Kim J, Lee YI, Almurayshid A, Jung JY, Lee JH. Effect of a topical antioxidant serum containing vitamin C, vitamin E, and ferulic acid after Q-switched 1064-nm Nd:YAG laser for treatment of environment-induced skin pigmentation: a randomized split-face trial. *J Cosmet Dermatol*. 2020;19(10):2576–2582. doi:10.1111/jocd.13323. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32052907/> [cited 2025-11-02].
14. Li K, Liu Y, Zhao Z, Qiu J. A randomized, investigator-blinded, split-face, controlled trial assessing CE Ferulic serum following nonablative fractional laser for photoaging. *J Cosmet Dermatol*. 2025;—. doi:10.1111/jocd.****. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12104010/> [cited 2025-11-02].

15. Moradi A, Shafiq F, Robison T, Colvan L, Poehler J, Widgerow AD. Multicenter evaluation of a topical antioxidant serum in patients with facial photodamage. *J Cosmet Dermatol*. 2024;23(1):145-153. doi:10.1111/jocd.16067. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38018479/> [cited 2025-11-02].
16. Jaros-Sajda A, Kawczyk-Krupka A, Pięt-Duszyńska A, Denys A, Wawrzyk A, Woźniak A, et al. Ascorbic acid treatments as effective and safe anti-aging procedures: randomized clinical evidence with sonophoresis and microneedling. *Antioxidants (Basel)*. 2024;13(2):174. doi:10.3390/antiox13020174. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10885991/> [cited 2025-11-02].
17. Proietti I, Skroza N, Kaushik S, Bernardini N, Mangino G, Marchesiello A, et al. Effects of CE Ferulic® combined with microneedling in facial pigmentary disorders and photodamage: a clinical study. *Cosmetics*. 2024;11(3):101. doi:10.3390/cosmetics11030101. Available from: <https://www.mdpi.com/2079-9284/11/3/101> [cited 2025-11-02].
18. Kim J, Choi JE, Lee JH. Laser-assisted delivery of a combined antioxidant formulation (vitamin C, vitamin E, ferulic) for photodamaged skin: clinical outcomes. *J Korean Soc Laser Med Surg*. 2021;20(2):—. Available from: <https://www.jkslms.or.kr/journal/view.html?uid=241&vmd=Full> [cited 2025-11-02].
19. Wyles S, Heffelfinger S, Liu AS, Kurlander DE, Martens EJ, Gupta S, et al. A comparative study of two topical treatments for correction of skin photoaging on the dorsal hands: vitamin C serum versus human platelet extract. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2023;11(12):e—. doi:10.1097/GOX.000000000000****. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11512612/> [cited 2025-11-02].
20. Vergilio F, Franco RR, Sanson I, Santos E, Torres Á, Isoldi FC, et al. Topical formulation with niacinamide combined with 5-US on facial photoaging: randomized clinical trial. *Skin Res Technol*. 2024;30(11):e13506. doi:10.1111/srt.13506. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39302642/> [cited 2025-11-02].
21. Wu Z, Chen F, Chen H, Shang Y, Zhang T, Zhu C, et al. Effect and safety of skincare regimens containing a multi-molecular hyaluronic acid complex with antioxidants in post-laser recovery: randomized clinical findings. *J Cosmet Dermatol*. 2025;—. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12210091/> [cited 2025-11-02].
22. Fonseca A, Almeida IF, Sousa Lobo JM, Costa-Lima SA. Benefits of a multifunctional sunscreen formulation on signs of photoaging: a clinical study. *Cosmetics*. 2025;12(5):116. doi:10.3390/cosmetics12050116. Available from: <https://www.mdpi.com/2079-9284/12/5/116> [cited 2025-11-02].
23. Zduńska-Pęciak K, Kołodziejczak A, Rotsztejn H. Two superior antioxidants: ferulic acid and ascorbic acid in reducing signs of photoaging—a split-face comparative study. *Dermatol Ther*. 2022;35(2):e15254. doi:10.1111/dth.15254. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34877760/> [cited 2025-11-02].
24. Zduńska-Pęciak K, Dębowska R, Kołodziejczak A, Rotsztejn H. Ferulic acid—a novel topical agent in reducing signs of photoaging. *Dermatol Ther*. 2022;35(7):e15543. doi:10.1111/dth.15543. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35486440/> [cited 2025-11-02].
25. Kamila MZP, Kołodziejczak A, Rotsztejn H. The effectiveness of ferulic acid peel combined with microneedling in reducing signs of facial photoaging: a clinical study. *Dermatol Ther*. 2020;33(6):e14000. doi:10.1111/dth.14000. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32654286/> [cited 2025-11-02].