




**A EFICÁCIA DO ÁCIDO FERÚLICO NA PREVENÇÃO DO FOTOENVELHECIMENTO INDUZIDO PELA RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA**

**THE EFFICACY OF FERULIC ACID IN PREVENTING UV-INDUCED PHOTOAGING: A INTEGRATIVE REVIEW OF THE LITERATURE**

**LA EFICACIA DEL ÁCIDO FERÚLICO EN LA PREVENCIÓN DEL FOTOENVEJECIMIENTO INDUCIDO POR LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA: UNA REVISIÓN INTEGRADORA DE LA LITERATURA**

 <https://doi.org/10.56238/levv17n61-005>

Data de submissão: 02/05/2026

Data de publicação: 02/06/2026

**Dheyne Tayse Da Silva Sousa Santos**

Graduanda em Tecnólogo em Cosmetologia

Instituição: Faculdade Cosmopolita

E-mail: taysedheyne@gmail.com

**Maria Eduarda Lopes De Almeida**

Graduanda em Tecnólogo em Cosmetologia

Instituição: Faculdade Cosmopolita

E-mail: dm898722@gmail.com

**Douglas Junio Fernandes Assumpção**

Doutor em Comunicação e Linguagens

Instituição: Faculdade Cosmopolita

E-mail: douglas.assumpcao@faculdadecosmopolita.edu.br

---

## RESUMO

O fotoenvelhecimento cutâneo decorre do estresse oxidativo induzido pela radiação ultravioleta, que acelera a degradação do colágeno e da elastina. O ácido ferúlico, composto fenólico de origem vegetal, destaca-se pela potente ação antioxidante e capacidade de neutralizar radicais livres, protegendo a matriz extracelular. O objetivo foi analisar as evidências científicas acerca da eficácia do ácido ferúlico na prevenção do fotoenvelhecimento cutâneo induzido pela radiação ultravioleta. Realizou-se revisão integrativa da literatura nas bases PubMed, BVS e Google Acadêmico, utilizando os descritores "ferulic acid", "photoaging" e "ultraviolet radiation", combinados por operadores booleanos. Oito artigos compuseram a amostra final após triagem por critérios de elegibilidade. Os resultados demonstraram que o ácido ferúlico inibe significativamente a produção de espécies reativas de oxigênio e a expressão de metaloproteinases da matriz, além de estimular a síntese de procolágeno tipo I em fibroblastos dérmicos. Formulações nanoencapsuladas e emulsões múltiplas potencializaram sua estabilidade e permeação cutânea, enquanto peelings a 14% reduziram hiperpigmentação e eritema em ensaios clínicos, com efeitos persistentes por até um mês. Evidenciou-se, ainda, sinergismo com vitaminas C e E e estabilização de filtros solares químicos. Conclui-se que o ácido ferúlico constitui agente preventivo eficaz contra o fotoenvelhecimento, atuando em múltiplos alvos moleculares, desde que veiculado em sistemas de liberação apropriados e com segurança avaliada.



**Palavras-chave:** Ácido Ferúlico. Antioxidantes. Fotoenvelhecimento Cutâneo. Radiação Ultravioleta.

## **ABSTRACT**

Skin photoaging results from oxidative stress induced by ultraviolet radiation, which accelerates the degradation of collagen and elastin. Ferulic acid, a plant-derived phenolic compound, is notable for its potent antioxidant action and ability to neutralize free radicals, thereby protecting the extracellular matrix. The objective was to analyze the scientific evidence regarding the efficacy of ferulic acid in preventing skin photoaging induced by ultraviolet radiation. A systematic literature review was conducted in the PubMed, BVS, and Google Scholar databases, using the search terms “ferulic acid,” “photoaging,” and “ultraviolet radiation,” combined with Boolean operators. Eight articles comprised the final sample after screening based on eligibility criteria. The results demonstrated that ferulic acid significantly inhibits the production of reactive oxygen species and the expression of matrix metalloproteinases, in addition to stimulating the synthesis of type I procollagen in dermal fibroblasts. Nanoencapsulated formulations and multiple emulsions enhanced its stability and skin penetration, while 14% peels reduced hyperpigmentation and erythema in clinical trials, with effects persisting for up to one month. Synergy with vitamins C and E and stabilization of chemical sunscreens were also demonstrated. It is concluded that ferulic acid constitutes an effective preventive agent against photoaging, acting on multiple molecular targets, provided it is delivered via appropriate delivery systems with established safety profiles.

**Keywords:** Ferulic Acid. Antioxidants. Cutaneous Photoaging. Ultraviolet Radiation.

## **RESUMEN**

El fotoenvejecimiento cutáneo se debe al estrés oxidativo inducido por la radiación ultravioleta, que acelera la degradación del colágeno y la elastina. El ácido ferúlico, un compuesto fenólico de origen vegetal, destaca por su potente acción antioxidante y su capacidad para neutralizar los radicales libres, protegiendo así la matriz extracelular. El objetivo fue analizar la evidencia científica sobre la eficacia del ácido ferúlico en la prevención del fotoenvejecimiento cutáneo inducido por la radiación ultravioleta. Se llevó a cabo una revisión integrativa de la literatura en las bases de datos PubMed, BVS y Google Académico, utilizando los descriptores: ferulic acid, photoaging y ultraviolet radiation, combinados mediante operadores booleanos. Ocho artículos conformaron la muestra final tras la selección según criterios de elegibilidad. Los resultados demostraron que el ácido ferúlico inhibe significativamente la producción de especies reactivas de oxígeno y la expresión de metaloproteinasas de la matriz, además de estimular la síntesis de procolágeno tipo I en los fibroblastos dérmicos. Las formulaciones nanoencapsuladas y las emulsiones múltiples potenciaron su estabilidad y permeabilidad cutánea, mientras que los peelings al 14 % redujeron la hiperpigmentación y el eritema en ensayos clínicos, con efectos persistentes hasta un mes. Se evidenció, además, sinergia con las vitaminas C y E y estabilización de los filtros solares químicos. Se concluye que el ácido ferúlico constituye un agente preventivo eficaz contra el fotoenvejecimiento, actuando en múltiples dianas moleculares, siempre que se administre en sistemas de liberación adecuados y con seguridad evaluada.

**Palabras clave:** Ácido Ferúlico. Antioxidantes. Fotoenvejecimiento Cutáneo. Radiación Ultravioleta.

## 1 INTRODUÇÃO

O envelhecimento cutâneo é um processo multifatorial que envolve fatores intrínsecos e extrínsecos, sendo a radiação ultravioleta (UV) um dos principais agentes responsáveis pelo envelhecimento precoce da pele (Pacheco; Lobo, 2021). Esse fenômeno, conhecido como fotoenvelhecimento, manifesta-se por alterações estruturais e funcionais, como rugas, perda de elasticidade, manchas e textura irregular (Diniz *et al.*, 2024). Nesse contexto, a busca por substâncias com potencial antioxidante tem ganhado destaque na cosmetologia e estética. Entre essas substâncias, o ácido ferúlico surge como um composto promissor na proteção cutânea.

A radiação ultravioleta é subdividida em UVA (320–400 nm) e UVB (280–320 nm), ambas com impactos distintos e complementares na pele (Aguiar; Novelli, 2020). A radiação UVA penetra profundamente na derme, promovendo dano indireto por meio da geração de espécies reativas de oxigênio (EROs), enquanto a radiação UVB atua predominantemente na epiderme, causando danos direto ao DNA, incluindo a formação de dímeros de pirimidina (Santos *et al.*, 2022). A exposição a essas radiações desencadeia uma resposta celular caracterizada por estresse oxidativo, inflamação e ativação de vias de sinalização associadas à degradação tecidual (Petrilli *et al.*, 2026).

O ácido ferúlico é um composto fenólico amplamente encontrado em plantas, especialmente em sementes, folhas e cascas de cereais. Possui potente atividade antioxidante, sendo capaz de neutralizar radicais livres e proteger estruturas celulares contra danos oxidativos (Janus *et al.*, 2022). Além disso, apresenta propriedades anti-inflamatórias e fotoprotetoras, o que o torna um ingrediente relevante em formulações cosméticas. Sua capacidade de potencializar a ação de outros antioxidantes, como as vitaminas C e E, também contribui para sua eficácia, o que tem sido amplamente investigado na prevenção do envelhecimento cutâneo (Zduńska-Pęciak *et al.*, 2022).

Ademais, além da atividade antioxidante direta, o ácido ferúlico apresenta efeito sinérgico quando associado a outros antioxidantes, como ácido ascórbico (vitamina C) e  $\alpha$ -tocoferol (vitamina E), aumentando a estabilidade dessas moléculas e potencializando sua eficácia na proteção contra danos induzidos pela radiação UV (Hong; Yoon, 2022). Estudos demonstram que essa associação reduz significativamente a formação de EROs, a oxidação lipídica e os danos ao DNA em modelos cutâneos experimentais (Deon; Silva, 2023; Neopane; Ansari; Singh, 2023).

Por sua vez, a nível molecular, o estresse oxidativo induzido pela radiação UV ativa fatores de transcrição, como AP-1 (Activator Protein-1) e NF- $\kappa$ B, que regulam a expressão de metaloproteinases da matriz (MMPs), especialmente MMP-1, MMP-3 e MMP-9 (Shu *et al.*, 2024). Essas enzimas são responsáveis pela degradação de colágeno tipo I e elastina, componentes essenciais para a integridade estrutural da pele. Simultaneamente, ocorre redução na síntese de colágeno devido à inibição da via do TGF- $\beta$  (Fator de crescimento transformante beta). Esse desequilíbrio entre degradação e síntese de

matriz extracelular é um dos principais mecanismos envolvidos no fotoenvelhecimento (Tsay *et al.*, 2021).

Adicionalmente, a radiação UV promove um estado inflamatório crônico de baixo grau, caracterizado pela liberação de citocinas pró-inflamatórias, como IL-1, IL-6 e TNF- $\alpha$ , que amplificam o dano tecidual (Janus *et al.*, 2022). Esse processo está intimamente associado ao dano ao DNA, incluindo mutações e instabilidade genômica, que contribuem não apenas para o envelhecimento cutâneo, mas também para a carcinogênese (Shu *et al.*, 2024). Nesse cenário, a ação antioxidante e anti-inflamatória do ácido ferúlico pode interferir diretamente nessas vias, reduzindo a expressão de mediadores inflamatórios e protegendo estruturas celulares (Luo *et al.*, 2025).

Apesar das evidências experimentais sobre os efeitos biológicos do ácido ferúlico, ainda existem lacunas quanto à consistência e à robustez dos dados disponíveis, especialmente no que se refere à sua eficácia clínica na prevenção do fotoenvelhecimento (Freire, 2025). Dessa forma, se estabeleceu a seguinte questão norteadora: Quais evidências científicas recentes demonstram a eficácia do ácido ferúlico na prevenção do fotoenvelhecimento cutâneo induzido pela radiação ultravioleta?

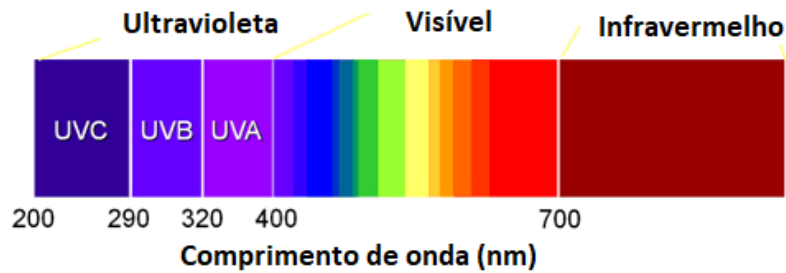
A relevância deste tema na área da estética e cosmetologia está diretamente relacionada à crescente demanda por intervenções preventivas baseadas em evidências científicas. A incorporação de ativos com mecanismos de ação bem estabelecidos contribui para o desenvolvimento de formulações mais eficazes e seguras. Nesse sentido, compreender o papel do ácido ferúlico na modulação dos processos envolvidos no fotoenvelhecimento pode subsidiar práticas clínicas mais assertivas e inovadoras (Medeiros, 2025). Portanto, o presente estudo tem como objetivo analisar as evidências científicas acerca da eficácia do ácido ferúlico na prevenção do fotoenvelhecimento cutâneo induzido pela radiação ultravioleta.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA, ESTRESSE OXIDATIVO E PAPEL DOS ANTIOXIDANTES

O espectro ultravioleta que alcança a superfície cutânea é convencionalmente dividido em radiação UV (320–400 nm) e UVB (290–320 nm), com perfis de penetração tecidual, mecanismos de dano e consequências biológicas substancialmente distintos e complementares na patogênese do fotoenvelhecimento (Figura 1)(Diniz *et al.*, 2024).

Figura 1. Espectro visível, da radiação infravermelha e ultravioleta.



Fonte: Instituto Newton Braga (2026).

A radiação UVB, de maior energia fotônica por quantum, é absorvida predominantemente na epiderme, onde induz danos diretos ao DNA pela formação de fotoprodutos específicos dímeros de ciclobutilpirimidina (CPDs) e fotoprodutos pirimidina-pirimidona (6-4PPs) que codificam mutações características em genes supressores de tumor como TP53, responsáveis pelas mutações induzidas por UV no câncer cutâneo (Fu *et al.*, 2019).

A radiação UVA, por penetrar mais profundamente até a derme reticular, age predominantemente por mecanismos indiretos mediados pela geração de ROS a partir da fotoexcitação de cromóforos endógenos dérmicos, amplificando o estresse oxidativo em compartimentos celulares mais profundos, incluindo os fibroblastos dérmicos, alvos centrais do fotoenvelhecimento (Battie *et al.*, 2014; Kciuk *et al.*, 2020).

A geração de espécies reativas de oxigênio na pele exposta à radiação UV ocorre por múltiplas vias bioquímicas interconectadas que amplificam o dano oxidativo além das células diretamente fotoexcitadas (Montagner; Costa, 2009). A fotoexcitação de cromóforos como porfirinas, riboflavina, melanina, NADH e ácido urocânico produz estados excitados de tripleto que transferem energia ao oxigênio molecular ( $^3\text{O}_2$ ), gerando oxigênio singleto ( $^1\text{O}_2$ ), espécie reativa altamente deletéria que reage preferencialmente com guaninas do DNA e com ácidos graxos poli-insaturados das membranas celulares (Lan *et al.*, 2019).

O papel do estresse oxidativo no fotoenvelhecimento é central ROS persistentes provocam modificações irreversíveis no DNA nuclear e mitocondrial, incluindo mutações potencialmente oncogênicas e diminuição da capacidade de reparo, além de ativar vias de senescência celular (Kciuk *et al.*, 2020). A pele dispõe de sistemas antioxidantes endógenos (enzimas SOD, catalase, glutathione peroxidase) e moléculas como  $\alpha$ -TOC (vitamina E), glutathione e melanina para conter o dano oxidativo. Porém, defesas naturais se esgotam sob exposição crônica ao sol, permitindo que o dano se acumule (Diniz *et al.*, 2024).

O estresse oxidativo induzido pela radiação UV ativa de maneira convergente as vias NF- $\kappa$ B e AP-1, que representam os principais eixos de transdução do sinal inflamatório na pele fotoexposta, conectando o dano oxidativo molecular à remodelação patológica da MEC (Shin *et al.*, 2019). A ativação do NF- $\kappa$ B, desencadeada pela oxidação de resíduos de cisteína no inibidor I $\kappa$ B e pela

fosforilação dependente de ROS da quinase IKK, induz a transcrição de citocinas pró-inflamatórias incluindo IL-1 $\beta$ , IL-6, IL-8 e TNF- $\alpha$ , que por sua vez estimulam fibroblastos e queratinócitos a expressarem MMPs em um ciclo de retroalimentação positiva que sustenta a inflamação crônica de baixo grau mesmo após a cessação da irradiação aguda (Chaudhary; Khan; Gupta, 2020).

O AP-1, ativado pela fosforilação das MAP quinases JNK e p38 em resposta a ROS, induz preferencialmente MMP-1, MMP-3 e MMP-9, além de suprimir a expressão de procolágeno tipo I pela formação de complexos inibitórios com Smads ativados pelo TGF- $\beta$ , desacoplando os sinais de síntese e degradação da MEC (Fisher *et al.*, 2009; Salminen; Kaarniranta; Kauppinen, 2022).

A supressão simultânea da biossíntese de colágeno e a ativação das vias de sua degradação, ambas mediadas por estresse oxidativo, configura a base molecular da perda progressiva e acelerada de colágeno dérmico que caracteriza o fotoenvelhecimento clinicamente estabelecido. O bloqueio dessas vias de sinalização por compostos antioxidantes representa, portanto, um mecanismo de ação fotoprotetor com repercussões sobre múltiplos pontos do processo degradativo (Souza; Soares, 2025).

O estresse oxidativo crônico induzido pela exposição repetida à radiação UV contribui para a progressão do fotoenvelhecimento não apenas por danos moleculares agudos, mas por sua capacidade de induzir e consolidar a senescência celular em populações de queratinócitos e fibroblastos dérmicos de forma irreversível (Kciuk *et al.*, 2020).

Ademais, células senescentes adquirem o fenótipo secretório associado à senescência (SASP), caracterizado pela produção sustentada de citocinas pró-inflamatórias (IL-6, IL-8), proteases incluindo MMPs, fatores de crescimento e espécies reativas, que exercem efeitos parácrinos deletérios sobre células vizinhas não senescentes, amplificando o microambiente degradativo na derme mesmo na ausência de nova irradiação (Souza; Soares, 2025).

A pele possui um sistema antioxidante endógeno hierarquicamente organizado que inclui enzimas especializadas, moléculas de baixo peso molecular e proteínas quelantes de metais, distribuídas nos compartimentos extracelular, citoplasmático e mitocondrial em gradientes funcionalmente relevantes (Rinnerthaler *et al.*, 2015).

As enzimas superóxido dismutase (SOD1 citosólica e SOD2 mitocondrial), catalase (CAT) e glutationa peroxidase (GPx) formam a primeira linha de defesa enzimática, neutralizando O $_2^-$ , H $_2$ O $_2$  e hidroperóxidos orgânicos de forma sequencial e interdependente, com a eficiência do sistema dependente da expressão coordenada e da disponibilidade de cofatores metálicos como Cu, Zn, Mn e Se (Hajam *et al.*, 2022).

Ademais, antioxidantes não enzimáticos como vitamina C (ácido ascórbico), vitamina E ( $\alpha$ -tocoferol), coenzima Q10 (ubiquinol) e glutationa reduzida (GSH) atuam como varredores diretos de radicais livres ou como cofatores da regeneração de antioxidantes oxidados, compondo uma rede de

proteção redox integrada em que a oxidação de um componente é revertida pelo próximo na cadeia antioxidante (Grillo *et al.*, 2025).

As defesas antioxidantes endógenas, embora eficientes em condições de exposição UV moderada e intermitente, revelam-se insuficientes frente à exposição solar crônica e às doses recebidas em regiões de alta irradiância, como as zonas tropicais e equatoriais, onde a incidência de radiação UV é substancialmente maior (Papaccio; Caputo; Bellei, 2022). A capacidade tampão do sistema GSH/GSSG é progressivamente esgotada pela exposição repetida, e a síntese de novo de glutathione dependente de cisteína, glicina e ácido glutâmico via ação da gama-glutamylcisteína sintetase pode ser limitante em situações de estresse oxidativo sustentado, especialmente em indivíduos com ingestão inadequada dos precursores (Shu *et al.*, 2024).

Em suma, a eficácia dessa abordagem é amplificada pelo uso sinérgico de múltiplos antioxidantes com diferentes mecanismos, substratos preferenciais e localizações de ação lipofílicas e hidrofílicas, enzimáticas e não enzimáticas como demonstrado por formulações que combinam vitamina C, vitamina E e compostos fenólicos (Freire, 2025).

## 2.2 ÁCIDO FERÚLICO: PROPRIEDADES, MECANISMOS DE AÇÃO E APLICAÇÕES COSMÉTICAS

O ácido ferúlico (4-hidroxi-3-metoxicinâmico) é um fenilpropenoide presente em paredes celulares de plantas, classificado como polifenol. Sua estrutura química (anel aromático com grupo hidroxila e dupla ligação conjugada) confere alta capacidade antioxidante, permitindo-lhe estabilizar radicais livres e decompor espécies reativas como peróxido de hidrogênio (Hong; Yoon, 2022).

Conforme Tsay *et al.*, (2021), o ferúlico demonstrou neutralizar eficazmente radicais hidroxila e superóxido, interrompendo cadeias de peroxidação lipídica nas membranas celulares. Essa ação antioxidante torna-o protetor contra danos induzidos por radiação UV: aplicações tópicas de ácido ferúlico reduzem a formação de produtos finais de oxidação (como malondialdeído) e protegem os componentes dérmicos contra estresse oxidativo.

Nesse contexto, o ácido ferúlico é encontrado na parede celular de gramíneas e cereais, onde se observa sua maior concentração, apresenta-se esterificado a arabinosilanas e ligninas, contribuindo para a rigidez e resistência ao ataque oxidativo das estruturas vegetais, o que evidencia sua função biológica primária como antioxidante de parede celular vegetal (Taofiq *et al.*, 2017).

Estruturalmente, caracteriza-se por um anel benzênico substituído por grupos hidroxila (posição para) e metoxila (posição meta), conjugado a uma cadeia acrílica com configuração predominante trans (E) que define suas propriedades eletrônicas e cromofóricas em particular a absorção máxima próxima a 320 nm, coincidindo com a faixa espectral de transição entre UVA e

UVB, o que confere à molécula relevância como filtro UV endógeno em aplicações tópicas (Lang *et al.*, 2024).

Além disso, o ácido ferúlico inibe a ativação de MMPs induzidas pelo UV. Estudos mostram que ele suprime a expressão de MMP-1 (colagenase) em fibroblastos expostos à UVB, preservando as fibras colágenas do tipo I/III na matriz dérmica (Zheng *et al.*, 2024). Além de proteger também contra danos ao DNA, embora não absorva UV como filtro solar, ele estabiliza radicais e reduz mutações indiretas no DNA induzidas por ROS (Liu *et al.*, 2025). O ferúlico age ainda como estabilizante de outras moléculas antioxidantes, em combinações tópicas com vitaminas C e E aumenta a fotoproteção global, prolongando a eficácia dessas vitaminas e potencializando a neutralização de ROS em pele exposta ao sol (Milutinov *et al.*, 2024).

Na pele, a biodisponibilidade do ácido ferúlico depende de sua formulação por ser moderadamente lipofílico, penetra nas camadas cutâneas quando em veículos adequados (géis, emulsões oleosas ou lipossomas). Sua estabilidade química é um desafio em cosméticos: pode degradar-se por oxidantes e calor, exigindo fórmulas estabilizadas (Das; Wong, 2020).

Por isso, desenvolvem-se sistemas encapsulados como: nanocápsulas, veiculização em ciclodextrinas que protegem o ativo e permitem liberação sustentada (Zheng *et al.*, 2024). Nesse contexto, estudos demonstram que preparações contendo ácido ferúlico isolado ou em associação especialmente com vitaminas antioxidantes, têm evidenciado eficácia na redução de sinais de fotoenvelhecimento, há relatos de melhora na elasticidade, uniformidade de tonalidade e diminuição de rugas finas após uso contínuo (Murray *et al.*, 2008; Wu *et al.*, 2013; Cavalcanti *et al.*, 2021).

Contudo, há escassez de evidências clínicas robustas e desafios permanecem, como irritação em concentrações elevadas e necessidade de estudos prolongados de segurança. Portanto embora o ácido ferúlico seja promissor para fotoproteção devido às suas múltiplas ações (antioxidante, antienvelhecimento, fotoprotetora), sua aplicabilidade clínica requer formulações otimizadas e comprovação em ensaios controlados (Roux *et al.*, 2025).

### 3 METODOLOGIA

Trata-se de um estudo descritivo, com abordagem qualitativa, do tipo Revisão Integrativa da Literatura (RIL). Esse método permite reunir, analisar e sintetizar resultados de pesquisas sobre um determinado tema, contribuindo para a compreensão abrangente do conhecimento científico disponível (Lakatos; Marconi, 2021).

Conforme descrito por Gonçalves (2019) realização da RIL seguiu seis etapas fundamentais: (1) identificação do tema e formulação da questão norteadora; (2) definição dos critérios de inclusão e exclusão; (3) busca nas bases de dados; (4) seleção dos estudos e extração dos dados; (5) análise crítica

e categorização das evidências encontradas; e (6) interpretação e apresentação dos resultados, conforme proposto na literatura metodológica.

A busca dos estudos foi realizada em bases de dados eletrônicas reconhecidas na área da saúde, sendo elas: Google Scholar, Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e PubMed. A seleção considerou publicações disponíveis no período de janeiro de 2020 a fevereiro de 2025. Os critérios de filtragem incluíram título, autores, idioma, ano de publicação e base de dados/revista científica.

Foram incluídos artigos científicos disponíveis na íntegra, de acesso gratuito, publicados entre 2020 e 2025, nos idiomas português, inglês ou espanhol. Foram excluídos estudos duplicados, trabalhos que não apresentaram relação direta com o tema após leitura de título e resumo, bem como teses, dissertações, revisões de literatura, resumos de eventos, editoriais e cartas ao leitor. A seleção final considerou apenas estudos primários que abordassem o ácido ferúlico e sua relação com o fotoenvelhecimento cutâneo.

Inicialmente, foi realizada a leitura exploratória dos títulos e resumos para triagem dos estudos potencialmente elegíveis. Em seguida, os artigos selecionados foram analisados na íntegra, conforme os critérios previamente estabelecidos. Os dados foram organizados em tabelas, contemplando informações como autores, ano de publicação, objetivo do estudo, tipo de estudo e principais resultados.

Para a busca dos artigos, foram utilizados Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e Medical Subject Headings (MeSH), combinados por meio dos operadores booleanos AND e OR, com o objetivo de ampliar e refinar os resultados.

Quadro 1. Base de dados e Descritores e estratégia de busca.

Base de dados	Estratégias de Busca
PubMed	Ferulic Acid AND Photoaging and Skin Aging AND Ultraviolet Radiation OR UV
BVS	Ácido Ferúlico AND Fotoenvelhecimento AND Radiação Ultravioleta
Google Scholar	ferulic acid AND (photoaging OR UV-induced damage) AND ("ultraviolet radiation") AND ("topical" OR "formulation") AND (skin)

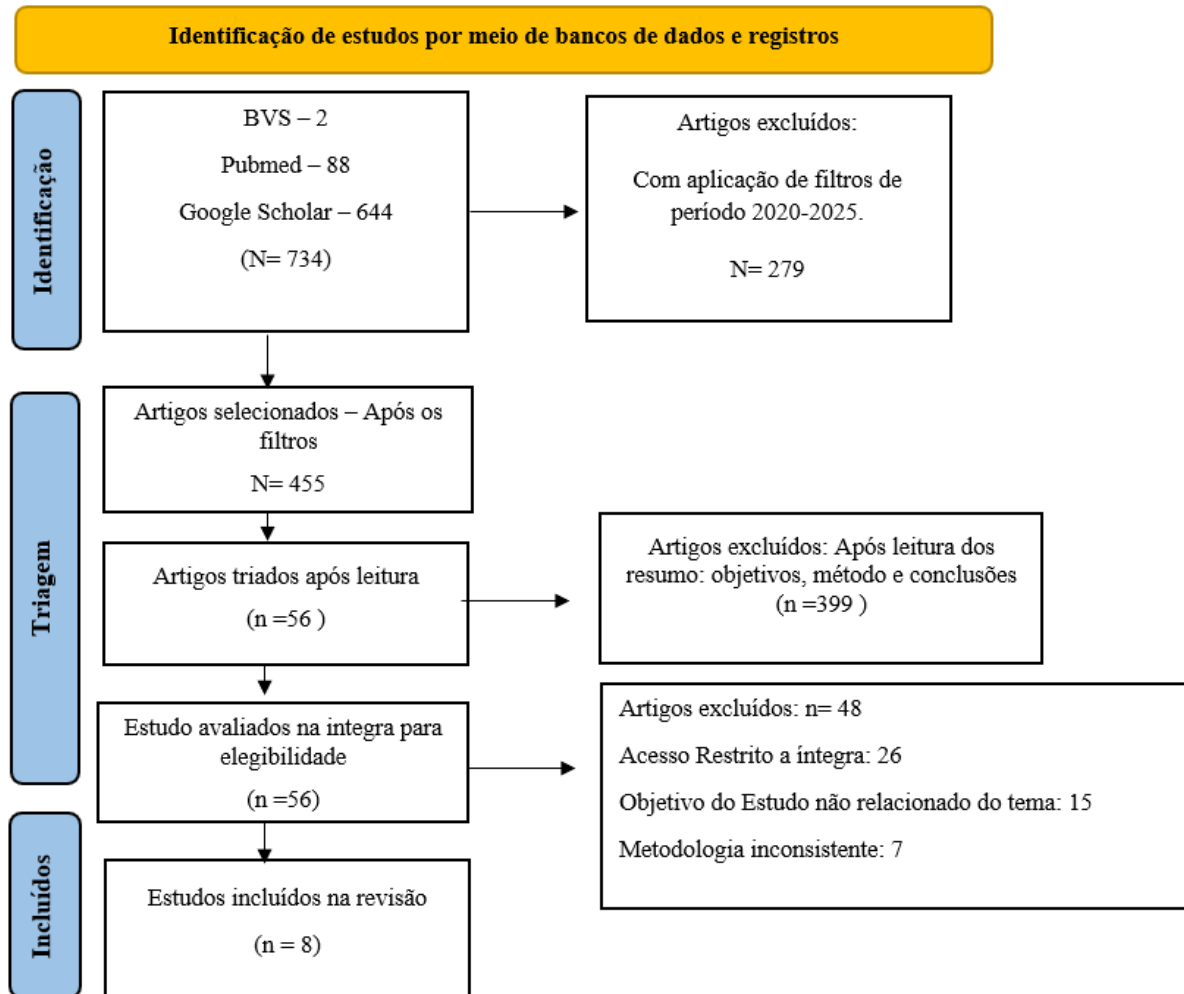
Fonte: As autoras (2026)

Para organização e análise dos dados, foi utilizado o instrumento de Ursi e Galvão (2006), que possibilita a sistematização das informações relevantes dos estudos selecionados, incluindo título, autores, ano de publicação, objetivos, metodologia e principais achados. Esse instrumento favorece a padronização da coleta e facilita a análise comparativa das evidências.

Para a organização do processo de seleção dos estudos, foi adotado o protocolo *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) (Figura 5), com a construção de um fluxograma que descreve as etapas desde a identificação até a inclusão final dos artigos.

Por fim, a análise dos dados foi realizada com base na técnica de análise de conteúdo, estruturada em três fases: (1) pré-análise; (2) exploração do material, com categorização e codificação; e (3) tratamento dos resultados, inferência e interpretação. Após essa etapa, os dados foram organizados em quadro síntese contendo informações como título, autores, ano, objetivos e principais resultados, permitindo a análise crítica das evidências encontradas (Bardin, 2016).

Figura 1. Fluxograma do método da etapa de seleção e inclusão dos estudos.



Fonte: Autores.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No processo de busca de busca foram identificados o total de 734 estudos nas três bases de dados utilizadas em nossa pesquisa e que foram feito o processo de triagem com auxílio de filtros, leituras de títulos, resumos e objetivos, o que resultou na identificação de oito estudos que se alinham com nosso objetivo e questão norteadora apresentados quadro 2.

Quadro 2. Apresentação dos principais resultados e a síntese das evidências.

TÍTULO	AUTOR E ANO	OBJETIVO	SÍNTESE DOS RESULTADOS
Topical application of a commercially available formulation of vitamin C stabilized by vitamin E and ferulic acid reduces tissue viability and protein synthesis in ex vivo human normal skin	(Romana-Souza; Silva-Xavier; Monte-Alto-Costa, 2020)	Investigar o efeito da aplicação tópica de uma formulação de Vitamina C estabilizada com Vitamina E e Ácido Ferúlico em pele humana normal ex vivo.	A aplicação reduziu a viabilidade do tecido e a síntese proteica. Apesar da redução metabólica, os autores sugerem que essa modulação pode estar relacionada ao potencial antienvhecimento e de renovação celular.
Comparison of Single and Combined Use of Ergothioneine, Ferulic Acid, and Glutathione as Antioxidants for the Prevention of Ultraviolet B Radiation-Induced Photoaging Damage in Human Skin Fibroblasts	(Tsay <i>et al.</i> , 2021)	Comparar o uso isolado e combinado de Ergotioneína, Ácido Ferúlico e Glutathione na prevenção de danos do fotoenvelhecimento induzido por UVB em fibroblastos humanos.	O Ácido Ferúlico demonstrou eficácia significativa na inibição de Espécies Reativas de Oxigênio (ROS) em fibroblastos humanos expostos à UVB. Ao neutralizar os radicais livres gerados pela radiação, o ácido previne o dano oxidativo que desencadeia a degradação do colágeno, mecanismo central do fotoenvelhecimento.
Improvement of Ferulic Acid Antioxidant Activity by Multiple Emulsions: In Vitro and In Vivo Evaluation	(Mancuso <i>et al.</i> , 2021)	Melhorar a atividade antioxidante do Ácido Ferúlico por meio da encapsulação em emulsões múltiplas e avaliar sua eficácia in vitro e in vivo.	A encapsulação do Ácido Ferúlico aumentou sua estabilidade e atividade antioxidante, e os testes in vivo confirmaram a segurança da aplicação tópica. Este avanço tecnológico demonstra que é possível potencializar a ação preventiva duradoura do ácido ferúlico contra o estresse oxidativo induzido por UV.
Recent Advances in Biological Activity, New Formulations and Prodrugs of Ferulic Acid	(Stompor-Gorący; Machaczka, 2021)	Revisar os recentes avanços na atividade biológica, novas formulações e pró-fármacos do Ácido Ferúlico.	A revisão apresenta diversos exemplos de formulações e consolida o conhecimento de que o Ácido Ferúlico é um ingrediente fotoprotetor e antioxidante validado, com ação sinérgica comprovada com Vitaminas C e E. A literatura revisada confirma seu papel na prevenção do dano actínico e na estabilização de formulações anti-idade.
Ferulic acid – A novel topical agent in reducing signs of photoaging	(Zduńska-Pęciak <i>et al.</i> , 2022)	Avaliar o efeito do peeling de Ácido Ferúlico a 14% na hidratação, topografia e pigmentação da pele com sinais de fotoenvelhecimento.	O estudo com 20 mulheres apontou que o peeling de Ácido Ferúlico a 14% resultou em melhora estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) em parâmetros clínicos do fotoenvelhecimento: redução da hiperpigmentação e eritema (marcadores de dano solar) e aumento da hidratação. Comprova a eficácia preventiva e corretiva em humanos.
A study on the antioxidant and anti-inflammatory activities of ferulic acid as a cosmetic material	(Hong; Yoon, 2022)	Estudar as atividades antioxidantes e anti-inflamatórias do Ácido Ferúlico como material cosmético.	O Ácido Ferúlico demonstrou capacidade de suprimir citocinas pró-inflamatórias induzidas por estresse oxidativo. A radiação UV causa inflamação crônica na pele ("inflammaging"), e este estudo prova que o ácido ferúlico interrompe essa via inflamatória, prevenindo a aceleração do envelhecimento cutâneo.

Impact of ferulic acid and resveratrol on the effectiveness and safety of sunscreen	(Freire <i>et al.</i> , 2023)	Avaliar o impacto do Ácido Ferúlico e do Resveratrol na eficácia e segurança de protetores solares contendo Avobenzona e Octil Metoxicinamato.	O Ácido Ferúlico estabilizou filtros UV químicos (avobenzona e octil metoxicinamato) contra a fotodegradação. Isso significa que, em uma formulação de protetor solar, o ácido ferúlico previne a perda de eficácia do FPS ao longo da exposição solar, garantindo uma proteção mais duradoura contra o fotoenvelhecimento.
Development of nanoemulsions based on ferulic acid encapsulated in oleic acid with photoprotective potential	(Queiroz <i>et al.</i> , 2025)	Desenvolver nanoemulsões à base de Ácido Ferúlico encapsulado em Ácido Oleico com potencial fotoprotetor.	O desenvolvimento de nanoemulsões com Ácido Ferúlico demonstrou que o ativo possui potencial fotoprotetor próprio e pode ser veiculado de forma estável para suplementar o Fator de Proteção Solar (FPS) de cosméticos, contribuindo para uma barreira preventiva mais robusta contra a radiação UV.

Fonte: As autoras (2026)

A análise dos oito estudos incluídos na revisão integrativa evidenciou que o fotoenvelhecimento cutâneo está diretamente relacionado ao estresse oxidativo induzido pela radiação ultravioleta, sendo esse um dos principais mecanismos responsáveis pela degradação estrutural da pele. Nesse contexto, a literatura demonstra que a produção excessiva de espécies reativas de oxigênio compromete a integridade da matriz extracelular, favorecendo alterações como rugas, perda de elasticidade e hiperpigmentação, o que reforça a importância de agentes antioxidantes na prevenção desses danos (Bezerra *et al.*, 2024).

O mecanismo de ação central consiste na neutralização direta de espécies reativas de oxigênio (EROs) geradas pela radiação ultravioleta (UV), processo que, conforme demonstrado por Tsay *et al.* (2021), reduziu a produção de EROs em fibroblastos humanos irradiados com UVB de forma dose-dependente. Complementarmente, Hong e Yoon (2022) comprovaram essa capacidade em macrófagos, obtendo inibição de 76% na concentração de 100 µg/mL.

Ademais, a estrutura química do AF, com anel fenólico e cadeia lateral insaturada, permite a formação de um radical fenóxido estável, interrompendo reações em cadeia de radicais livres e prevenindo a peroxidação lipídica das membranas celulares (Stompor-Gorący; Machaczka, 2021). Essa ação direta sobre as EROs é crucial para evitar a ativação das vias de sinalização pró-degradativas (Neopane; Ansari; Singh, 2023).

Por sua vez, a atividade fotoprotetora do AF estende-se para a modulação de vias inflamatórias e de degradação da matriz extracelular, como evidenciado por Tsay *et al.* (2021), que observaram inibição da metaloproteinase-1 (MMP-1) induzida por UVB, com destaque para 90% de inibição já a 1 µM, além de restauração da síntese de procolágeno tipo I.

Corroborando com tais achados, Hong e Yoon (2022) demonstraram supressão da produção de óxido nítrico em macrófagos estimulados, com 74% de inibição, indicando potente efeito anti-

inflamatório. Visto isso, o AF atua em múltiplos alvos moleculares ao neutralizar EROs, inibir a expressão de MMP-1 e citocinas inflamatórias, e preservar a função biossintética dos fibroblastos, combatendo assim os pilares do fotoenvelhecimento (Neopane; Ansari; Singh, 2023).

No que tange às aplicações tópicas, os estudos convergem para a necessidade de sistemas de liberação que superem a baixa solubilidade aquosa e a instabilidade química do AF (Stompor-Gorący; Machaczka, 2021). Conforme Mancuso et al. (2021) demonstraram que emulsões múltiplas (A/O/A) proporcionaram liberação sustentada e maior permeação cutânea *ex vivo*, com fluxo de 27,36  $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{h}$ , além de eficácia *in vivo* na redução do eritema induzido por UVB.

Similarmente, Queiroz et al. (2025) desenvolveram nanoemulsões com AF encapsulado em ácido oleico, obtendo formulações estáveis, eficiência de encapsulação superior a 99% e fator de proteção solar (FPS) estimado em até 2,96, propondo seu uso como complemento em fotoprotetores. A encapsulação, portanto, potencializa a ação preventiva do AF contra o dano actínico, garantindo estabilidade e entrega eficiente nas camadas cutâneas (Das; Wong, 2020).

Outra aplicação promissora reside na estabilização de filtros solares químicos. Segundo Freire et al. (2023), a adição de AF a formulações contendo avobenzona e octil metoxicinamato preservou a integridade desses filtros durante o teste de estabilidade térmica, mantendo o FPS mesmo após armazenamento a 45°C, embora não tenha prevenido a fotodegradação durante a exposição UV.

Nesse contexto, o AF reduziu significativamente a permeação cutânea da avobenzona, contribuindo para a segurança do produto final. Dessa forma, sua inclusão em fotoprotetores oferece duplo benefício ao potencializar a proteção antioxidante endógena e auxiliar na manutenção da eficácia dos filtros UV, perspectiva também suportada pela revisão de Stompor-Gorący e Machaczka (2021), que destaca o sinergismo do AF com vitaminas C e E em formulações anti-idade.

Apesar das evidências majoritariamente positivas, uma importante dissonância emerge do estudo de Romana-Souza, Silva-Xavier e Monte-Alto-Costa (2020). Nessa investigação *ex vivo*, a aplicação tópica de uma formulação comercial com 15% de vitamina C, 1% de vitamina E e 0,5% de AF sobre pele humana normal reduziu a viabilidade tecidual e a síntese proteica, incluindo proteínas de manutenção celular como  $\beta$ -actina e GAPDH.

Contudo, essa formulação específica diferia no veículo e na concentração de vitamina C em relação às demais, e o efeito não foi observado com outra formulação similar 20% de vitamina C, conforme os próprios autores relataram. Isso sugere que o dano tecidual esteve possivelmente associado ao veículo ou à alta concentração de ácido ascórbico, e não ao AF propriamente dito. Tal resultado ressalta a importância do equilíbrio entre eficácia e segurança, em que a concentração e o sistema de entrega são determinantes para o desfecho biológico (Cavalcanti *et al.*, 2021).

Por outro lado, a eficácia clínica do AF foi corroborada por Zdunska-Peciak et al. (2022), que, em estudo com 20 mulheres submetidas a oito sessões de peeling de AF a 14%, observaram melhora

estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) na hidratação, redução do eritema e clareamento da hiperpigmentação, com resultados persistentes um mês após o término do tratamento.

Esse efeito despigmentante alinha-se ao mecanismo de inibição da tirosinase reportado por Hong e Yoon (2022), e a redução do eritema confirma o efeito anti-inflamatório e vasoprotetor do AF *in vivo*. A manutenção dos efeitos ao longo do tempo sugere que o AF não apenas repara danos já instalados, mas também previne a evolução do fotoenvelhecimento, possivelmente por seu efeito na angiogênese regulada e na melhora da microcirculação cutânea.

Além disso, a utilização do ácido ferúlico em associação com filtros solares demonstra potencial na estabilização desses compostos, contribuindo para a manutenção da eficácia fotoprotetora. Contudo, questões relacionadas à permeação cutânea e segurança ainda demandam investigação, especialmente considerando a variabilidade dos sistemas de formulação (Freire *et al.*, 2023).

As limitações dos estudos analisados, entretanto, são evidentes e apontam para a necessidade de cautela na extrapolação dos resultados. A maioria das investigações é *in vitro* ou *ex vivo*, com tempos de exposição limitados, e o único ensaio clínico incluído apresenta amostra pequena ( $n=20$ ) e ausência de grupo placebo com veículo isolado, o que impede isolar completamente o efeito do AF do efeito mecânico do peeling (Zdunska-Peciak *et al.*, 2022).

Adicionalmente, os modelos *ex vivo*, como o utilizado por Romana-Souza, Silva-Xavier e Monte-Alto-Costa (2020), carecem da resposta inflamatória sistêmica e da regeneração tecidual completas. Visto isso, a padronização de metodologias e a condução de ensaios clínicos randomizados e controlados são prementes para consolidar o perfil de eficácia e segurança do AF em condições reais de uso (Roux *et al.*, 2025).

Ressalta-se que as evidências científicas analisadas se alinham fortemente para sustentar a eficácia do ácido ferúlico como agente preventivo do fotoenvelhecimento cutâneo induzido pela radiação UV. Seus mecanismos antioxidante, anti-inflamatório e estabilizador da matriz extracelular são robustos e respaldados por estudos complementares (Shu *et al.*, 2024; Roux *et al.*, 2025).

As inovações tecnológicas em sistemas de liberação, como nanoemulsões e emulsões múltiplas, representam avanço significativo para superar desafios de estabilidade e penetração cutânea, otimizando sua fotoproteção. Por fim, a integração do AF em fotoprotetores e cosméticos anti-idade mostra-se estratégia promissora e multifuncional, desde que a segurança seja cuidadosamente avaliada em cada formulação, considerando a complexa interação entre o ativo, o veículo e a fisiologia cutânea (Cavalcanti *et al.*, 2021).

## 5 CONCLUSÃO

A revisão evidenciou que o ácido ferúlico apresenta potencial relevante na prevenção do fotoenvelhecimento cutâneo induzido pela radiação ultravioleta, devido às suas ações antioxidante,



anti-inflamatória e fotoprotetora. Os principais achados indicam sua atuação na neutralização de espécies reativas de oxigênio, na preservação da matriz extracelular e na redução de sinais clínicos como eritema e hiperpigmentação, sobretudo quando associado a sistemas que aumentam sua estabilidade e biodisponibilidade. Contudo, as evidências ainda são limitadas pela predominância de estudos *in vitro*, pelo reduzido número de ensaios clínicos e pela variabilidade das formulações. Assim, conclui-se que o ácido ferúlico é um ativo promissor, mas sua aplicação segura e eficaz exige estudos clínicos mais robustos e padronização dos protocolos de uso.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M. A.; NOVELLI, P. H. G. S. Desenvolvimento de uma formulação cosmética antioxidante e fotoprotetora à base de curcumina. *Revista Eletrônica Perspectivas da Ciência e Tecnologia-ISSN: 1984-5693*, v. 12, 2020.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo: edição revista e ampliada*. São Paulo: Edições, v. 70, p. 280, 2016.
- BATTIE, C. *et al.* New insights in photoaging, UVA induced damage and skin types. *Experimental dermatology*, v. 23, p. 7–12, 2014.
- CAVALCANTI, G. R. *et al.* Ferulic acid activity in topical formulations: technological and scientific prospecting. *Current pharmaceutical design*, v. 27, n° 19, p. 2289–2298, 2021.
- CHAUDHARY, M.; KHAN, A.; GUPTA, M. Skin ageing: pathophysiology and current market treatment approaches. *Current aging science*, v. 13, n° 1, p. 22–30, 2020.
- DAS, S.; WONG, A. B. H. Stabilization of ferulic acid in topical gel formulation via nanoencapsulation and pH optimization. *Scientific Reports*, v. 10, n° 1, p. 12288, 2020. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-68732-6>. Acesso em: 12 maio 2026.
- DEON, N.; SILVA, L. M. Avaliação da atividade antioxidante de cosméticos faciais. *Revista Mundi Saúde e Biológicas (ISSN: 2525-4766)*, v. 8, n° 2, 2023.
- DINIZ, G. L. *et al.* Fotoenvelhecimento: Aspectos Clínicos. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, v. 6, n° 10, p. 784–803, 2024. Disponível em: <https://bjih.s.emnuvens.com.br/bjih/article/view/3846>. Acesso em: 12 maio 2026.
- FISHER, G. J. *et al.* Collagen fragmentation promotes oxidative stress and elevates matrix metalloproteinase-1 in fibroblasts in aged human skin. *The American journal of pathology*, v. 174, n° 1, p. 101–114, 2009.
- FREIRE, Jamile Vitória Alves. Desenvolvimento de formulações cosméticas contendo sistema multicomponente com ácido ferúlico: caracterização e ensaios in vitro de liberação cutânea. 2025. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2025. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/67553>. Acesso em: 12 maio 2026.
- FREIRE, T. B. *et al.* Impact of ferulic acid and resveratrol on the effectiveness and safety of sunscreen. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, v. 59, p. e23357, 2023.
- FU, S. *et al.* Glutamine synthetase promotes radiation resistance via facilitating nucleotide metabolism and subsequent DNA damage repair. *Cell reports*, v. 28, n° 5, p. 1136–1143, 2019.
- GONÇALVES, J. R. Como escrever um Artigo de Revisão de Literatura. *Revista JRG de Estudos Acadêmicos*, v. 2, n° 5, p. 29–55, 2019.
- GRILLO, A. C. A. *et al.* Mecanismos do Envelhecimento Cutâneo. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, v. 7, n° 3, p. 1559–1577, 2025. Disponível em: <https://bjih.s.emnuvens.com.br/bjih/article/view/5483>.
- HAJAM, Y. A. *et al.* Oxidative stress in human pathology and aging: molecular mechanisms and perspectives. *Cells*, v. 11, n° 3, p. 552, 2022.

HONG, S.-K.; YOON, M.-Y. A study on the antioxidant and anti-inflammatory activities of ferulic acid as a cosmetic material. *Journal of Cosmetic Medicine*, v. 6, n° 2, p. 89–94, 2022.

JANUS, E. *et al.* New ferulic acid and amino acid derivatives with increased cosmeceutical and pharmaceutical potential. *Pharmaceutics*, v. 15, n° 1, p. 117, 2022.

KCIUK, M. *et al.* Focus on UV-induced DNA damage and repair—disease relevance and protective strategies. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 21, n° 19, p. 7264, 2020.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. *Fundamentos de Metodologia Científica*. 9ªed. Rio de Janeiro: Gen Atlas, 2021.

LAN, C.-C. E. *et al.* Effects of irradiance on UVA-induced skin aging. *Journal of Dermatological Science*, v. 94, n° 1, p. 220–228, 2019.

LANG, Y. *et al.* Classification and antioxidant assays of polyphenols: A review. *Journal of Future Foods*, v. 4, n° 3, p. 193–204, 2024.

LIU, J. *et al.* Ferulic acid as an anti-inflammatory agent: insights into molecular mechanisms, pharmacokinetics and applications. *Pharmaceutics*, v. 18, n° 6, p. 912, 2025.

LUO, Y. *et al.* Advances in natural products with anti-skin photoaging: mechanisms, phytochemical diversity, and therapeutic potential. *Phytochemistry Reviews*, p. 1–26, 2025.

MANCUSO, A. *et al.* Improvement of Ferulic Acid Antioxidant Activity by Multiple Emulsions: In Vitro and In Vivo Evaluation. *Nanomaterials*, v. 11, n° 2, p. 425, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-4991/11/2/425>.

MEDEIROS, I. B. A. *Ácido ferúlico: uma revisão sobre modificações tecnológicas e sua estabilidade*. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2025. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/items/fe0cc226-cf7b-4d2e-8bd4-38808a3cbb28>. Acesso em: 12 maio 2026.

MILUTINOV, J. *et al.* The potential of natural compounds in UV protection products. *Molecules*, v. 29, n° 22, p. 5409, 2024.

MONTAGNER, S.; COSTA, A. Bases biomoleculares do fotoenvelhecimento. *Anais Brasileiros de Dermatologia*, v. 84, n° 3, p. 263–269, 2009. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0365-05962009000300008&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-05962009000300008&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 12 maio 2026.

MURRAY, J. C. *et al.* A topical antioxidant solution containing vitamins C and E stabilized by ferulic acid provides protection for human skin against damage caused by ultraviolet irradiation. *Journal of the American Academy of Dermatology*, v. 59, n° 3, p. 418–425, 2008. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0190962208005410>. Acesso em: 12 maio 2026.

NEOPANE, D.; ANSARI, V. A.; SINGH, A. Ferulic acid: signaling pathways in aging. *Drug research*, v. 73, n° 06, p. 318–324, 2023.

PACHECO, D. de L.; LOBO, L. C. Antioxidantes utilizados para combater o Envelhecimento Cutâneo. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 7, n° 9, p. 342–356, 2021.

- PAGE, M. J. *et al.* Updating guidance for reporting systematic reviews: development of the PRISMA 2020 statement. *Journal of clinical epidemiology*, v. 134, p. 103–112, 2021.
- PAPACCIO, F.; CAPUTO, S.; BELLEI, B. Focus on the contribution of oxidative stress in skin aging. *Antioxidants*, v. 11, n° 6, p. 1121, 2022.
- PETRILLI, P. H. *et al.* Fotoenvelhecimento facial e suas implicações para a saúde coletiva: uma revisão de literatura. *Revista Brasileira de Negócios e Desenvolvimento Regional*, v. 12, n° 1, p. e178, 2026. Disponível em: <https://cienciaesociedade.com/index.php/rbndr/article/view/178>. Acesso em: 12 maio 2026.
- QUEIROZ, F. C. *et al.* Development of nanoemulsions based on ferulic acid encapsulated in oleic acid with photoprotective potential. *Journal of Medical and Biosciences Research*, v. 3, n° 2, 2025. Disponível em: <https://journalmbr.com.br/index.php/jmbr/article/view/1149>. Acesso em: 12 maio 2026.
- RINNERTHALER, M. *et al.* Oxidative stress in aging human skin. *Biomolecules*, v. 5, n° 2, p. 545–589, 2015.
- ROMANA-SOUZA, B.; SILVA-XAVIER, W.; MONTE-ALTO-COSTA, A. Topical application of a commercially available formulation of vitamin C stabilized by vitamin E and ferulic acid reduces tissue viability and protein synthesis in ex vivo human normal skin. *Journal of Cosmetic Dermatology*, v. 19, n° 11, p. 2965–2973, 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jocd.13413>. Acesso em: 12 maio 2026.
- ROUX, J. *et al.* Ferulic acid use for skin applications: A systematic review. *J Clin Aesthet Dermatol*, v. 1, p. 38–42, 2025.
- SALMINEN, A.; KAARNIRANTA, K.; KAUPPINEN, A. Photoaging: UV radiation-induced inflammation and immunosuppression accelerate the aging process in the skin. *Inflammation Research*, v. 71, n° 7, p. 817–831, 2022.
- SANTOS, D. O. *et al.* Avaliação do efeito fotoprotetor uva e uvb, ação antioxidante e da estabilidade do creme com extrato de spondia sp (umbu-cajá). 2022. *Colloquium Vitae*. ISSN: 1984-6436. 2022.
- SHIN, J.-W. *et al.* Molecular mechanisms of dermal aging and antiaging approaches. *International journal of molecular sciences*, v. 20, n° 9, p. 2126, 2019.
- SHU, P. *et al.* Ferulic acid in synergy with retinol alleviates oxidative injury of HaCaT cells during UVB-induced photoaging. *Aging (Albany NY)*, v. 16, n° 8, p. 7153, 2024.
- SOUZA, M. D.; SOARES, M. B. Avaliação histopatológica da pele de camundongos submetidos à radiação ultravioleta (UVA e UVB): desenvolvimento de biomodelo para fotoenvelhecimento. *Caderno Pedagógico*, v. 22, n° 11, p. e20314–e20314, 2025.
- STOMPOR-GORĄCY, M.; MACHACZKA, M. Recent Advances in Biological Activity, New Formulations and Prodrugs of Ferulic Acid. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 22, n° 23, p. 12889, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/22/23/12889>. Acesso em: 12 maio 2026.
- TAOFIQ, O. *et al.* Hydroxycinnamic acids and their derivatives: Cosmeceutical significance, challenges and future perspectives, a review. *Molecules*, v. 22, n° 2, p. 281, 2017.



TSAY, G. J. *et al.* Comparison of Single and Combined Use of Ergothioneine, Ferulic Acid, and Glutathione as Antioxidants for the Prevention of Ultraviolet B Radiation-Induced Photoaging Damage in Human Skin Fibroblasts. *Processes*, v. 9, n° 7, p. 1204, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-9717/9/7/1204>. Acesso em: 12 maio 2026.

URSI, E. S.; GALVÃO, C. M. Prevenção de lesões de pele no perioperatório: revisão integrativa da literatura. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, v. 14, p. 124–131, 2006.

WU, Y. *et al.* Protective effects of a topical antioxidant complex containing vitamins C and E and ferulic acid against ultraviolet irradiation-induced photodamage in Chinese women. *Journal of drugs in dermatology : JDD*, United States, v. 12, n° 4, p. 464–468, 2013.

ZDUŃSKA-PEĆIAK, K. *et al.* Ferulic acid—A novel topical agent in reducing signs of photoaging. *Dermatologic Therapy*, v. 35, n° 7, p. e15543, 2022.

ZHENG, M. *et al.* The antioxidant properties, metabolism, application and mechanism of ferulic acid in medicine, food, cosmetics, livestock and poultry. *Antioxidants*, v. 13, n° 7, p. 853, 2024.