



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DEL FARMACO

Corso di laurea in Scienze Farmaceutiche Applicate

FILTRI SOLARI TRA PASSATO E FUTURO:

EVOLUZIONE DELLA PROTEZIONE SOLARE NEL TEMPO,

TRA AGGIORNAMENTI NORMATIVI E DINAMICHE DI MERCATO

Relatore: Prof. Luigi Quintieri

Laureanda: Greta Tonello

A.A. 2025/2026

INDICE

RIASSUNTO	4
INTRODUZIONE	6
1. ANATOMIA DELLA CUTE E SUE PATOLOGIE	8
1.1 Anatomia della cute	8
1.2 Tumori della pelle: melanoma, carcinoma basocellulare e squamocellulare ..	11
1.3 Fattori di rischio	13
1.4 Prevenzione	16
2. FILTRI SOLARI	20
2.1 La luce	20
2.2 Effetti positivi e negativi dei raggi UV	23
2.3 Filtri solari: tipologia e caratteristiche	25
2.4 Fattore di protezione	29
2.5 Filtri in discussione (interferenti endocrini, sbiancamento dei coralli)	35
3. PRODOTTI COSMETICI SOLARI	44
3.1 Normativa Europea e Raccomandazioni	44
3.2 Evoluzione dei solari negli anni	48
3.3 Diverse tipologie di formulazioni e sviluppi futuri	52
CONCLUSIONI	57

RIASSUNTO

L'obiettivo principale di questo lavoro di tesi è analizzare l'evoluzione dei prodotti cosmetici solari, evidenziando il loro progressivo passaggio da semplici prodotti stagionali, legati prevalentemente all'esposizione estiva, a veri e propri strumenti di prevenzione primaria e di tutela della salute pubblica. In un contesto caratterizzato da un aumento significativo dell'incidenza dei tumori cutanei, la fotoprotezione assume infatti un ruolo centrale nella prevenzione del danno cellulare indotto dalle radiazioni ultraviolette e nella riduzione dei rischi associati a un'esposizione solare non corretta. L'elaborato esamina le caratteristiche della cute, i principali effetti biologici delle radiazioni solari e i meccanismi d'azione dei filtri solari fisici e chimici. Viene inoltre approfondito il quadro normativo europeo, con particolare riferimento al Regolamento (CE) n. 1223/2009 e alle successive raccomandazioni, che stabiliscono requisiti di sicurezza, efficacia, etichettatura e protezione ad ampio spettro nei confronti delle radiazioni UVA e UVB.

Particolare attenzione è rivolta ai filtri solari attualmente al centro del dibattito scientifico e tossicologico, tra cui l'octocrilene, il benzofenone, l'omosalato, l'avobenzone e il 4-MBC. Tali sostanze vengono analizzate sia sotto il profilo della sicurezza per l'uomo, con riferimento al possibile ruolo di interferenti endocrini, sia in relazione al loro impatto ambientale, soprattutto per quanto riguarda la persistenza negli ecosistemi acquatici, il bioaccumulo e il possibile contributo allo sbiancamento dei coralli.

La tesi analizza inoltre l'evoluzione del mercato cosmetico e il cambiamento della figura del consumatore, oggi sempre più informato, consapevole e attento non solo all'efficacia protettiva del prodotto, ma anche alla sua composizione, alla tollerabilità cutanea e alla sostenibilità ambientale. In questa prospettiva, il prodotto solare non viene più percepito esclusivamente come un cosmetico da utilizzare durante la stagione estiva, ma come un presidio di fotoprotezione quotidiana, utile a contrastare gli effetti dell'esposoma cutaneo e a promuovere una cultura della prevenzione.

In conclusione, il lavoro evidenzia come la moderna cosmetologia sia chiamata a rispondere a una duplice sfida: garantire prodotti solari efficaci e sicuri per la protezione della pelle e, al tempo stesso, sviluppare formulazioni sempre più sostenibili e compatibili con l'ambiente. L'equilibrio tra efficacia protettiva, sicurezza d'impiego e responsabilità ambientale rappresenta quindi la direzione principale verso cui si orienta il futuro della fotoprotezione.

INTRODUZIONE

Negli ultimi anni l'incidenza del melanoma ha mostrato un aumento significativo

In particolare, il 2024 è stato definito “anno nero” sul fronte dei tumori della pelle in Italia, con diagnosi che hanno raggiunto le 17.000 unità, evidenziando così un incremento rispetto ai 12.700 casi rilevati nel 2023 (Istituto Superiore di Sanità n.d)

Proprio in questo scenario, emerge la necessità di porre la prevenzione al centro della lotta contro le neoplasie cutanee (Fondazione AIRC per la Ricerca sul Cancro n.d).

Spesso l'idea comune è quella di focalizzarsi sulla cura della patologia già conclamata, trascurando il fatto che l'arma più potente consiste nell'agire in anticipo mediante una corretta prevenzione (World Health Organization (2003).

Esistono, infatti, strategie di prevenzione primaria che rappresentano la prima linea di difesa e agiscono direttamente sulla riduzione dei fattori di rischio prima che il danno cellulare si instauri, come l'utilizzo corretto dei filtri solari (Geoffrey et al., 2019). Parallelamente, la prevenzione secondaria si focalizza sulla diagnosi precoce, fattore determinante per la sopravvivenza del paziente (AIRC, n.d).

Le nuove linee guida dell'ESMO (European Society for Medical Oncology) riguardanti il melanoma e altri tumori della pelle, rappresentano uno strumento fondamentale nella lotta contro queste neoplasie (Amaral et al.,2025). Esse dimostrano che la vera efficacia clinica non si misura solamente nella gestione della malattia, bensì nella capacità di anticiparla, sottolineando come l'educazione della popolazione alla fotoprotezione e ad un monitoraggio periodico rappresenti la strategia più efficace per ridurre l'incidenza delle neoplasie cutanee (WHO, 2003).

Il presente elaborato di tesi si propone di analizzare il ruolo dei prodotti cosmetici solari nella prevenzione dei tumori cutanei, evidenziando come una fotoprotezione corretta rappresenti uno strumento efficace per limitare il danno indotto dalle radiazioni ultraviolette a carico della pelle. I prodotti solari non devono essere considerati come semplici cosmetici destinati a migliorare l'esposizione al sole, ma come importanti strumenti di prevenzione.

La tesi esamina l'evoluzione dei cosmetici solari nel tempo, con particolare attenzione alle alternative ad elevato contenuto di ingredienti di origine naturale e a ridotto impatto ambientale.

Il consumatore, infatti, non sceglie solo prodotti di comprovata efficacia protettiva, ma manifesta interesse e preferenza anche verso formulazioni "green" e rispettose dell'ambiente.

Nel primo capitolo di questo elaborato vengono descritte l'anatomia della cute e alcune patologie cutanee ad essa correlate. Il secondo capitolo si focalizza sui filtri solari, sia fisici che chimici, con particolare attenzione alla loro scelta in una formulazione cosmetica naturale.

Nel terzo capitolo, invece, vengono analizzati i prodotti cosmetici solari sia dal punto di vista legislativo, con particolare riferimento al Regolamento Europeo, sia percorrendo la loro evoluzione nel tempo, evidenziando come l'industria cosmetica risponda alle nuove esigenze di sostenibilità.

Lo scopo di questa tesi è evidenziare come la moderna cosmetologia cerchi di rispondere alle richieste di un consumatore consapevole e attento alla prevenzione, ma, allo stesso tempo, anche alla scelta di formulazioni naturali ed ecosostenibili.

Proteggere la pelle significa anche promuovere una scienza più sostenibile e avanzata.

CAPITOLO 1

1. ANATOMIA DELLA CUTE E SUE PATOLOGIE

1.1 Anatomia della cute

L'apparato tegumentario costituisce il sistema di rivestimento del corpo umano e svolge diverse funzioni, come: la protezione dagli insulti ambientali, la sensibilità tattile, la produzione di vitamina D, la termoregolazione e l'escrezione di acqua e sali minerali.

La cute (Figura 1) è formata da tre strati: epidermide, derma e ipoderma. (Cleveland Clinic, 2022)

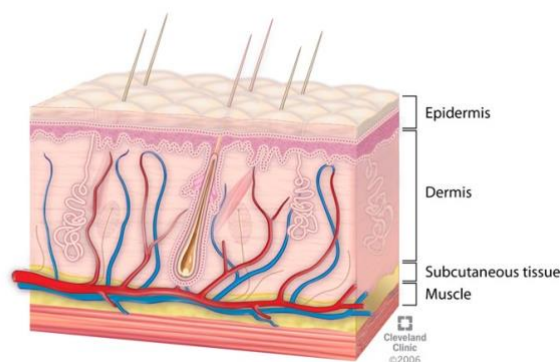


Figura 1-epidermide, derma e ipoderma

<https://my.clevelandclinic.org>

Fanno parte della cute anche strutture epiteliali denominate annessi cutanei: l'unità pilo-sebacea, le ghiandole sudoripare e le unghie.

Il rivestimento cutaneo presenta una superficie di circa 1,5-2 m², un peso totale di circa 15 kg, e uno spessore medio di 0,5-4 mm, variabile da persona a persona (Micali et al., 2011).

L'epidermide è lo strato più superficiale della cute, composto da tessuto epiteliale squamoso stratificato. Al di sotto di essa, si trova il derma, costituito da tessuto connettivo.

La cute poggia sul tessuto sottocutaneo, o ipoderma, che rappresenta uno strato di tessuto connettivo lasso, caratterizzato da abbondanti depositi di tessuto adiposo.

L'epidermide è separata dal derma tramite una membrana basale ed è costituita da:

- cheratinociti, che rappresentano il tipo cellulare più abbondante. Essi producono una proteina denominata cheratina, che rende le cellule più resistenti;
- melanociti, che contribuiscono alla pigmentazione della pelle;
- cellule di Langerhans, responsabili della risposta immunitaria cutanea;
- cellule di Merkel, cellule epidermiche innervate da sottili terminazioni nervose e specializzate nella percezione della sensibilità tattile.

Durante il processo di migrazione degli strati epidermici più profondi a quelli superficiali, le cellule cambiano forma e composizione chimica, tramite un processo detto "cheratinizzazione", ovvero l'accumulo di cheratina.

L'epidermide (Figura 2) può essere suddivisa in regioni, o strati: basale, spinoso, granuloso, lucido e corneo. (Centorrino, 2023)

Lo strato basale, detto anche germinativo, è lo strato più profondo dell'epidermide, composto da cellule basali (cellule staminali epidermiche), che si differenziano in cheratinociti, intercalati da melanociti, ed è privo di vasi sanguigni. In questo strato ritroviamo le cellule di Merkel.

Nello strato spinoso, così denominato per l'aspetto "spinoso" delle cellule, i cheratinociti sono caratterizzati dalla presenza di tonofilamenti (aggregati di cheratina). In questo strato sono presenti anche melanociti e cellule di Langerhans.

Lo strato granuloso è caratterizzato da cheratinociti che sintetizzano granuli di cheratoialina, che forma una matrice attorno ai filamenti di cheratina e rappresenta l'ultimo strato di cellule vitali.

Lo strato lucido è uno strato sottile e traslucido, presente prevalentemente nell'epidermide del palmo delle mani e della pianta dei piedi.

Lo strato corneo è costituito da diversi strati di cheratinociti morti e appiattiti. Si tratta di un epitelio cheratinizzato, con funzione barriera, che limita la perdita di acqua.

La funzione barriera è garantita principalmente dallo strato corneo e dai lipidi intercellulari, mentre le ghiandole sebacee e sudoripare contribuiscono al mantenimento del film idrolipidico e dell'idratazione (Martini et al, 2019).

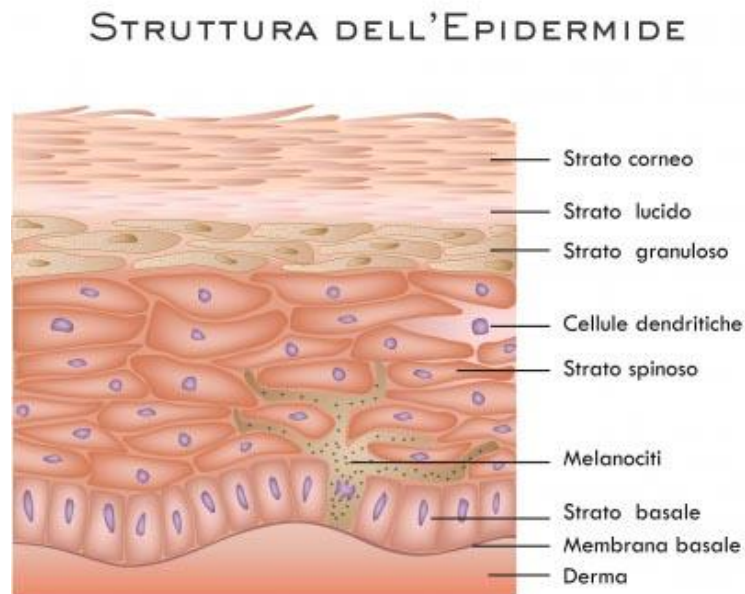


Figura 2- Struttura dell'epidermide

<https://magazine.x115.it/tesi-antirughe/epidermide/>

Il derma è costituito da tessuto connettivo. In particolare, le cellule del derma sono rappresentate da fibroblasti, scarsi adipociti e macrofagi.

Il derma è diviso in due strati: lo strato papillare (più superficiale) e lo strato reticolare (più profondo) (Figura 3).

Lo strato papillare è costituito da tessuto connettivo lasso con fibre sottili.

Lo strato reticolare, costituito da tessuto connettivo irregolare denso, è lo strato principale del derma.

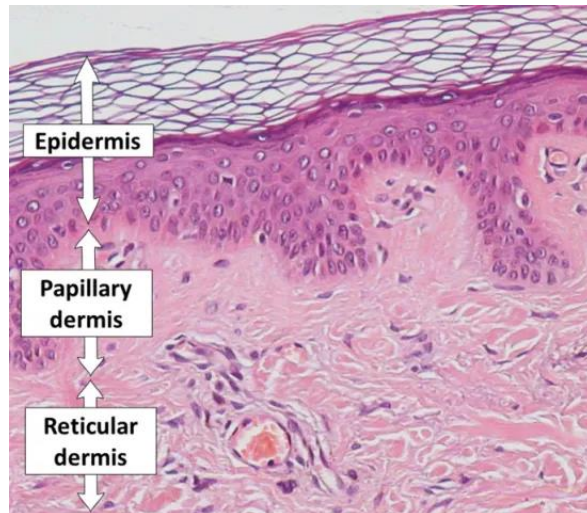


Figura 3- strato reticolare e strato papillare

<https://pediaa.com/what-is-the-difference-between-papillary-and-reticular-dermis/>

Al di sotto del derma è presente il tessuto sottocutaneo (ipoderma) che mette in connessione la cute con il tessuto osseo e muscolare. Questo si distingue per essere caratterizzato da tessuto connettivo lasso, contenente collagene e fibre di elastina, ma anche fibroblasti, adipociti e macrofagi. (Martini et al., 2019)

1.2 Tumori della pelle: melanoma, carcinoma basocellulare e squamocellulare

Le neoplasie, o tumori della pelle, rappresentano un gruppo eterogeneo di condizioni caratterizzate dalla crescita anomala delle cellule cutanee.

Negli ultimi anni si osserva un'incidenza in costante aumento, strettamente associata alla crescente esposizione ai raggi ultravioletti (UV), principali responsabili del danno cellulare cutaneo. (WHO,2003)

I tumori della pelle possono essere benigni o maligni. Tra questi ultimi, i più comuni sono il melanoma, il carcinoma basocellulare e il carcinoma squamocellulare.

Le neoplasie cutanee di origine epiteliale sono i tumori cutanei più frequenti in età adulta e senile, soprattutto nelle sedi maggiormente esposte ai raggi ultravioletti, come il viso e il dorso delle mani.

I soggetti maggiormente a rischio presentano carnagione chiara e capelli chiari, una storia di prolungata esposizione solare e ustioni solari.

Si distinguono due tipi principali di tumori di origine epiteliale:

- carcinoma squamocellulare (o spinocellulare)
- carcinoma basocellulare (o basalioma)

Il carcinoma squamocellulare ha origine dai cheratinociti dell'epidermide e rappresenta circa il 20% dei tumori di origine epiteliale. Il suo comportamento biologico può essere aggressivo, pertanto la diagnosi precoce è fondamentale.

Il carcinoma basocellulare è il tumore cutaneo maligno più frequente nella popolazione. Sebbene presenti raramente un comportamento metastatico, può manifestare una crescita localmente invasiva; pertanto, anche per questo tipo di neoplasia la diagnosi precoce è fondamentale.

Il melanoma cutaneo deriva dalla trasformazione neoplastica dei melanociti.

In condizioni normali i melanociti possono dar luogo ad aggregati pigmentati visibili sulla superficie della pelle noti come nevi (comunemente detti "nei").

Dal punto di vista clinico, si distinguono principali forme di melanoma cutaneo: **il melanoma a diffusione superficiale** (il più comune, rappresenta circa il 70% dei casi), la lentigo maligna, il melanoma lentiginoso acrale e il melanoma nodulare (la forma più aggressiva, responsabile di circa il 10-15% dei melanomi cutanei).

I principali segni clinici sono l'insorgenza di nuovi nevi oppure la modificazione di un nevo già esistente.

La regola dell'"ABCDE" (Dermaclub, n.d.) rappresenta uno strumento utile per il riconoscimento precoce di lesioni sospette (Figura 4):

- A- Asimmetria della lesione
- B- Bordi irregolari
- C- Colore non uniforme
- D- Diametro superiore a 6 mm o in aumento
- E- Evoluzione rapida delle modificazioni della lesione nel tempo

A B C D E del MELANOMA



Figura 4- L'ABCDE del melanoma

<https://www.antonellavilardo.it/il-melanoma-cutaneo/>

1.3 Fattori di rischio

Numerose evidenze scientifiche e cliniche indicano che l'insorgenza del melanoma è strettamente legata a fattori di rischio sia esogeni, relativi all'ambiente, sia endogeni, specifici del singolo individuo.

È stato evidenziato, tuttavia, che il principale fattore eziologico dei tumori cutanei è rappresentato dalle radiazioni ultraviolette (UV).

In particolare, sono stati identificati come fattori di rischio:

1. Esposizione ai raggi UV

L'esposizione intermittente a raggi UV ad alta intensità è maggiormente associata allo sviluppo del melanoma rispetto all'esposizione giornaliera e continua. Una storia di cinque o più scottature solari con formazione di vesciche, soprattutto prima dei 20 anni, aumenta significativamente il rischio. Inoltre, l'esposizione ai raggi UV artificiali, come quelli dei lettini abbronzanti, aumenta significativamente il rischio di melanoma e altri tumori della pelle.

2. Pelle chiara con ridotta capacità di abbronzatura

I soggetti che tendono a scottarsi facilmente e ad abbronzarsi con difficoltà presentano un rischio molto più elevato di sviluppare melanoma, così come

individui con occhi chiari (azzurri o verdi), capelli rossi o biondi e elevata presenza di lentiggini o tendenza a svilupparle dopo l'esposizione al sole.

3. Numero elevato di nevi (presenza di oltre 50 nevi comuni)

La presenza di cinque o più nevi atipici (displastici), caratterizzati da forma irregolare o dimensioni elevate, nonché la presenza di nevi congeniti, sono condizioni associate ad un rischio più elevato di melanoma.

4. Predisposizione genetica

Il rischio di melanoma è significativamente più elevato nelle persone con un parente di primo grado affetto da melanoma.

5. Compromissione del sistema immunitario

Una compromissione del sistema immunitario dovuta a malattie o a determinati trattamenti farmacologici (ad esempio terapie immunosoppressive), rappresenta un ulteriore fattore di rischio.

6. Età avanzata

L'età avanzata è associata a un aumento dell'incidenza dei tumori cutanei, a causa dell'accumulo nel tempo dei danni indotti dai raggi UV.

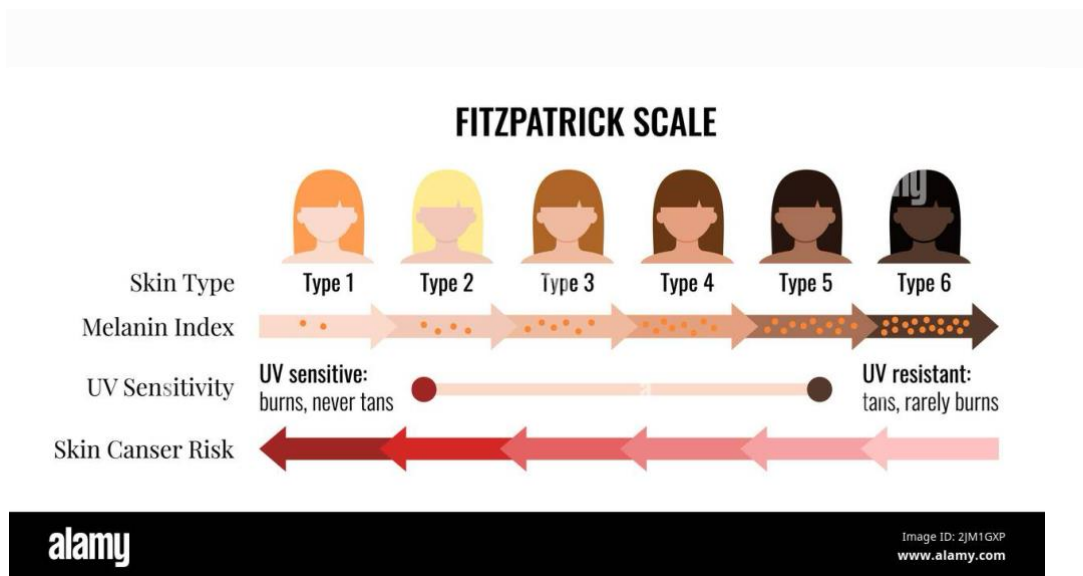
Di tutti i fattori di rischio sopra menzionati, l'esposizione al sole per tutta la vita, le scottature e l'esposizione alla luce UV artificiale, rappresentano fattori modificabili.

Evitare la sovraesposizione al sole e ad altri raggi UV e prevenire le scottature può ridurre significativamente il rischio di sviluppare un melanoma. (Chen et al., 2013)

La scala Fitzpatrick (Tabella 1) è stata sviluppata nel 1975 dal dermatologo Thomas Fitzpatrick per classificare la cute in sei diversi fototipi in relazione alla tolleranza alla luce solare, per indicare la predisposizione a scottature e allo sviluppo di tumori cutanei.

Tabella 1-- Classificazione di Fitzpatrick

<http://www.alamy.com/>



- **Fototipo I**
Persone con capelli biondi o rossi e con pelle chiara, che si scottano sempre e non si abbronzano.
- **Fototipo II**
Persone con capelli biondi e pelle chiara, che tendono a scottarsi facilmente, e sviluppano una leggera abbronzatura.
- **Fototipo III**
Persone con capelli biondo scuro o castano chiaro e cute sensibile, che possono presentare scottature moderate e sviluppano un'abbronzatura graduale.
- **Fototipo IV**
Persone con capelli castani e cute moderatamente sensibile che raramente si scottano e si abbronzano facilmente.
- **Fototipo V**
Persone con capelli scuri e cute scura, che raramente si scottano e sviluppano una pigmentazione intensa.
- **Fototipo VI**
Persone con capelli molto scuri e pelle altamente pigmentata, che non si scottano pressoché mai. L'abbronzatura è molto intensa.
(Cosmetica Italia - Associazione nazionale imprese cosmetiche, n.d.)

1.4 Prevenzione

La prevenzione del melanoma è fondamentale per ridurre il rischio di sviluppare questa forma di cancro cutaneo.

Il percorso verso la cura dei tumori della pelle si fonda su due pilastri:

1. prevenzione primaria (evitare il danno)
2. prevenzione secondaria (diagnosi precoce) (Fondazione IEO-MONZINO ETS, 2025)

La prevenzione primaria prevede l'adozione di comportamenti finalizzati a ridurre l'esposizione ai fattori di rischio:

esporsi ai raggi solari nelle fasce orarie meno rischiose, evitando il sole diretto nelle ore più critiche (tra le ore 11:00 e le ore 15:00) durante le quali si registra il picco di intensità dei raggi UV. Usare prodotti fotoprotettivi con SPF compreso tra 30 e 50+, da applicare 30 minuti prima dell'esposizione in quantità pari a 2 mg/cm² (OMS) e da riapplicare ogni 2 ore e dopo il bagno o in caso di intensa sudorazione. Utilizzare un abbigliamento protettivo durante l'esposizione al sole, come cappello, occhiali da sole, ecc. Evitare l'uso di lampade e lettini abbronzanti nonché ogni altra forma di radiazione artificiale. Esporsi al sole gradualmente al fine di ridurre il rischio di eritema cutaneo. Consultare l'indice UV, una scala internazionale che mette in relazione il livello di radiazione UV con il grado di rischio: quando l'indice è superiore a 3, è necessario mettere in atto misure protettive adeguate (Figura 5). (Istituto Superiore di Sanità, 2006)

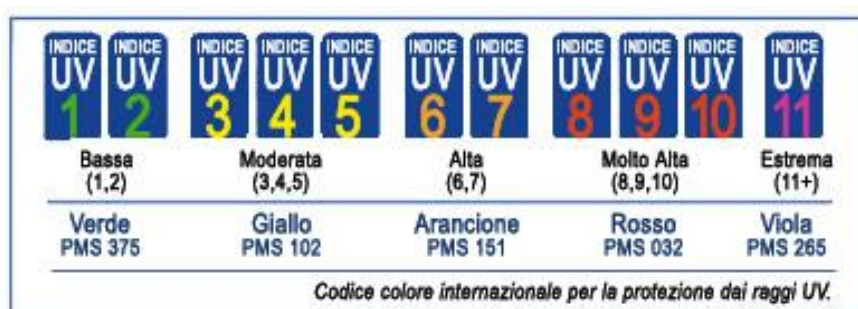


Figura 5 - Scala dell'indice UV

Radiazione: L'indice ultravioletto (UV)

La World Health Organization utilizza un sistema di classificazione del livello di radiazione UV e del potenziale rischio associato all'esposizione solare. Se l'indice UV è inferiore a 2, anche le persone con pelle chiara e sensibile presentano un rischio ridotto di sviluppare danni cutanei. Al contrario, se l'indice UV risulta elevato, è fondamentale applicare la protezione solare, evitando di esporsi al sole nelle ore più calde della giornata. (WHO, 2022)

Tabella 2- Protezione solare in base all'UV index (WHO, 2022).

Radiation: The ultraviolet (UV) index

UV index	Action
0 to 2	You can safely enjoy being outside!
3 to 7	Seek shade during midday hours! Slip on a shirt, slop on sunscreen and slap on hat!
8 and above	Avoid being outside during midday hours! Make sure you seek shade! Shirt, sunscreen and hat are a must!

La prevenzione secondaria consiste nell'autoesame periodico della cute e in controlli dermatologici regolari.

È importante tenere sotto controllo soprattutto i nevi con la regola dell'ABCDE. È consigliato effettuare una mappatura dermatoscopica dei nevi presso un dermatologo o ambulatori di prevenzione dei tumori cutanei almeno una volta all'anno, aumentando la frequenza dei controlli in presenza di lesioni sospette. La prevenzione primaria e quella secondaria sono fondamentali: se riconosciuto in fase iniziale, un tumore della pelle può infatti essere trattato con elevata probabilità di guarigione, mentre una diagnosi tardiva può comportare conseguenze anche gravi. (ISS, 2006)

L'esposoma cutaneo è un concetto che racchiude tutte le esposizioni ambientali (fattori esogeni) a cui un individuo è esposto nel corso della vita, che influenzano la salute e l'invecchiamento della pelle (Figura 6). (Krutmann et al., 2021)

I fattori principali includono:

- radiazioni solari: raggi UV, raggi infrarossi e luce blu;
- inquinamento atmosferico: le polveri sottili e altri inquinanti possono alterare la barriera cutanea e favorire processi infiammatori;
- fumo di tabacco: fumo attivo e passivo possono contribuire alla distruzione delle fibre elastiche con danni alla pelle;
- dieta e nutrizione: una carenza di antiossidanti può ridurre le difese cutanee contro lo stress ossidativo;
- stress e mancanza di sonno: lo stress cronico può influenzare negativamente diverse condizioni dermatologiche;
- clima e temperatura: sbalzi termici possono compromettere l'idratazione cutanea.

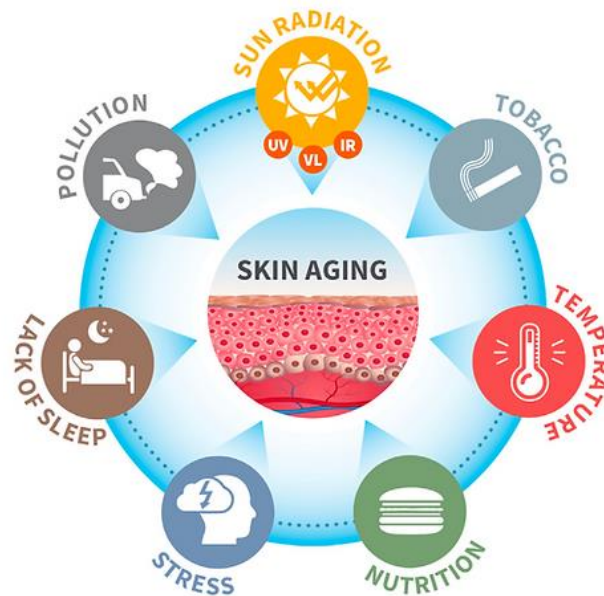


Figura 6- Fattori che contribuiscono al danno cutaneo

<https://www.padovadermatologia.com/post/l-esposoma-il-fattore-nascosto-che-influenza-la-salute-della-pelle>

L'invecchiamento cutaneo non è solo una questione di età o genetica. L'esposoma ci aiuta a capire quanto lo stile di vita e l'ambiente influiscano sulla salute della pelle. (Cavallini, 2025)

Per limitare gli effetti dell'esposoma è fondamentale adottare strategie preventive quotidiane quali:

- applicare prodotti fotoprotettivi ad ampio spettro anche in città, in quanto in città i raggi UV si combinano con l'inquinamento atmosferico potenziando i loro effetti sulla pelle;
- utilizzare prodotti cosmetici contenenti antiossidanti come vitamina C, vitamina E, coenzima Q10 per contrastare i radicali liberi;
- mantenere un'adeguata idratazione;
- proteggere la barriera cutanea mediante l'impiego di cosmetici adeguati.

CAPITOLO 2

2. FILTRI SOLARI

2.1 La luce

Il sole emette le radiazioni solari, che consistono in energia sotto forma di onde caratterizzate da una determinata frequenza, fondamentali per la nostra sopravvivenza (Informazione Ambiente, 2021)

Le radiazioni solari possono essere visibili oppure non visibili.

La radiazione solare visibile, che raggiunge gli strati più esterni della superficie terrestre, corrisponde a circa il 41% della radiazione totale emessa dal sole. Le diverse componenti della radiazione visibile sono caratterizzate da differenti lunghezze d'onda e partecipano ai processi biologici delle piante, inclusa la fotosintesi clorofilliana.

Esse si dividono in tre categorie in base alla lunghezza d'onda:

- Blu-violette (400-490 nm)
- Verdi (490-560 nm)
- Gialle (560-590 nm)
- Rosso-arancio (590-700 nm)

Le radiazioni blu-violette e rosse sono quelle maggiormente assorbite dalla clorofilla e risultano particolarmente importanti per la fotosintesi. Il colore verde delle piante è invece dovuto alla riflessione della luce verde, che viene assorbita solo in minima parte dai pigmenti fotosintetici.

La radiazione non visibile, invece, è costituita da raggi ultravioletti (UV) e infrarossi (IR). (Informazione Ambiente, 2021)

Come già discusso, i primi sono particolarmente importanti perché possono risultare dannosi per la salute della pelle. Quindi è importante conoscerli e sapere quali sono i rischi dovuti ad un'esposizione non corretta. È pertanto importante conoscerne le caratteristiche e i rischi associati a un'esposizione non controllata.

La radiazione solare è fondamentale per il benessere delle ossa e del sistema immunitario poiché stimola la produzione cutanea di vitamina D che favorisce l'assorbimento intestinale di calcio e fosforo, necessari per la mineralizzazione dello scheletro. È utile, inoltre, nella regolazione del ciclo sonno-veglia e può essere impiegata, in ambito clinico, nel trattamento di alcune patologie dermatologiche, tra cui psoriasi, dermatite atopica e vitiligine. Nonostante numerosi effetti benefici, un'esposizione eccessiva alle radiazioni solari può determinare effetti avversi, tra cui la comparsa di macchie cutanee ed eritemi, il fotoinvecchiamento e, nei casi più gravi, l'insorgenza di tumori della pelle

In base alla lunghezza d'onda, lo spettro delle radiazioni UV è composto da 3 tipologie di raggi (Figura 7).

- UVA: 320-400 nm
- UVB: 280-320 nm
- UVC: 100-280 nm (Syed et al., 2012)

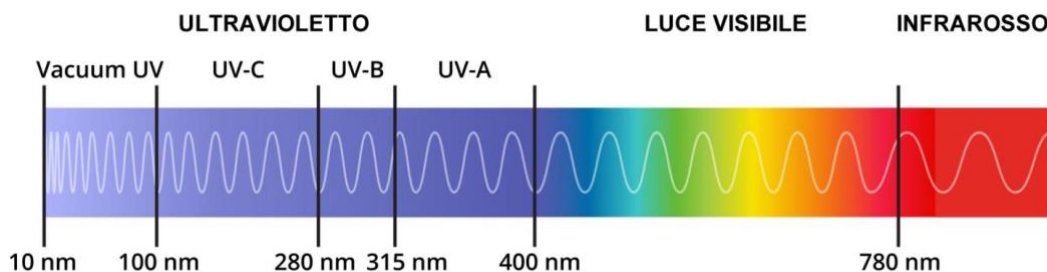


Figura 7- spettro di assorbimento delle radiazioni UV

<https://magazine.x115.it/x115/raggi-uv/>

I raggi UVA penetrano negli strati più profondi della cute e contribuiscono principalmente al fotoinvecchiamento, allo stress ossidativo e al danno cellulare indiretto ossia mediato da specie reattive dell'ossigeno (ROS). (Figura 8).

I raggi UVB penetrano prevalentemente negli strati più superficiali della cute e possono provocare eritemi, scottature e danni diretti al DNA. I raggi UVC sono i più energetici e potenzialmente i più dannosi, ma vengono quasi completamente assorbiti dall'atmosfera terrestre e dallo strato di ozono.

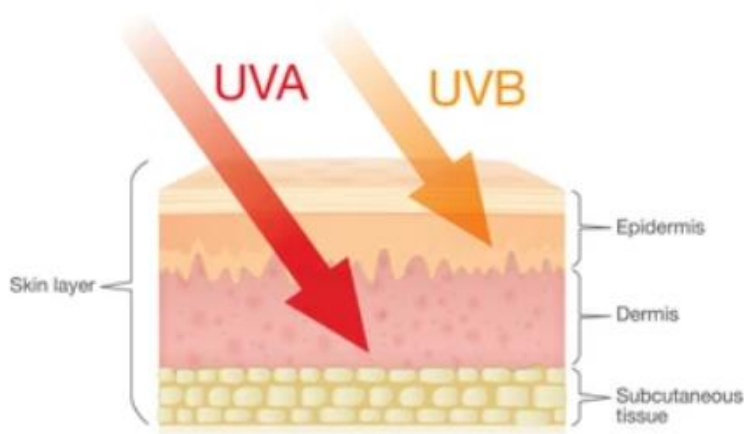


Figura 8 differenza UVA e UVB

<https://thebeautymaestra.com/skin/types-of-sunscreen>

Andando oltre la lunghezza d'onda di 780 nm, si entra nella regione dell'infrarosso. La radiazione infrarossa (IR) è una radiazione elettromagnetica con lunghezze d'onda comprese tra 760nm e 1 mm.

Esistono tre tipi principali di radiazione infrarossa: infrarosso vicino, infrarosso medio e infrarosso lontano.

- IRA (infrarosso vicino) è la banda più vicina allo spettro della luce visibile, con elevata capacità di penetrare nei tessuti biologici.
- IRB (infrarosso medio) è utilizzato principalmente per il riscaldamento e la spettroscopia.
- IRC (infrarosso lontano) viene percepito come calore radiante

Nonostante per molti anni i raggi UV siano stati ritenuti i principali responsabili dei danni cutanei, anche le radiazioni IR possono contribuire ai processi di invecchiamento cutaneo. Infatti, oltre la metà dell'energia solare che colpisce la nostra pelle è costituita da infrarossi, in particolare dalla componente IRA caratterizzata da una notevole capacità di penetrazione nella cute.

La radiazione IRA può raggiungere il derma e influenzare l'attività dei fibroblasti. A livello mitocondriale, l'assorbimento dell'energia infrarossa può alterare la catena di trasporto degli elettroni e attivare vie di segnalazione cellulare che

inducono l'espressione della metalloproteinasi-1 (MMP-1). L'aumento di questo enzima favorisce la degradazione del collagene e contribuisce allo sviluppo delle caratteristiche tipiche del fotoinvecchiamento, quali perdita di elasticità e rugosità. (Schroeder et al., 2007)

2.2 Effetti positivi e negativi dei raggi UV

Sebbene le radiazioni UV possano rappresentare un fattore di rischio per lo sviluppo di tumori della pelle, hanno anche effetti positivi per la salute.

I raggi UV sono indispensabili per:

- I. produzione di vitamina D;
- II. fototerapia;
- III. salute cardiovascolare e regolazione della pressione arteriosa;
- IV. miglioramento dell'umore.

I. PRODUZIONE DI VITAMINA D

Quando la pelle è esposta alla luce del sole produce vitamina D, un ormone coinvolto nella regolazione dell'assorbimento intestinale di calcio e fosforo e indispensabile per processi fisiologici come la mineralizzazione delle ossa e l'attività del sistema immunitario.

L'AIFA (Agenzia Italiana del Farmaco) ne consiglia la supplementazione orale solo in caso di carenza o in particolari situazioni, in specifiche condizioni cliniche e nei soggetti a rischio di carenza, in quanto in condizioni fisiologiche sono sufficienti una dieta varia ed equilibrata e un'adeguata esposizione al sole per garantirne il giusto apporto.

La vitamina D viene inoltre sintetizzata nella pelle attraverso l'assorbimento dei raggi UVB che portano alla conversione del 7-deidrocolesterolo in provitamina D3. (D'Orazio J et al., 2013)

II. FOTOTERAPIA

Le radiazioni UV possono essere utilizzate come agente terapeutico per le malattie della pelle. In particolare, migliaia di anni fa l'applicazione topica di

estratti, semi e parti di piante contenenti psoraleni naturali, seguita dall'esposizione alla luce solare, veniva utilizzata come rimedio per la vitiligine in Egitto.

Nella medicina moderna, invece, i primi studi clinici sulla vitiligine con psoraleni topici e orali furono riportati nel 1948. In particolare, è stato dimostrato che l'8-metossipsoralene, quando veniva somministrato per via orale dopo una successiva irradiazione con UVA artificiali risultava un trattamento efficace per la psoriasi (El Mofty, 1948).

III. SALUTE CARDIOVASCOLARE E REGOLAZIONE DELLA PRESSIONE ARTERIOSA

Le radiazioni UV hanno effetti positivi anche sulla pressione sanguigna e sulla salute del cuore. Quando i raggi solari colpiscono la cute, stimolano il rilascio di ossido nitrico che agisce come vasodilatatore. Questo determina una vasodilatazione, con riduzione della resistenza al flusso sanguigno, diminuzione della pressione arteriosa ed effetto ipotensivo (Liu, D et al., 2014).

IV. MIGLIORAMENTO DELL'UMORE

Infine, l'esposizione alla luce solare può portare ad un miglioramento dell'umore, in quanto stimola il rilascio di serotonina (neurotrasmettitore coinvolto nella regolazione del tono dell'umore) e aiuta ad alleviare la depressione, in particolare quella legata ai mesi freddi e invernali. (Slominski et al., 2012)

Gli effetti negativi delle radiazioni UV possono essere distinti in diverse categorie di danno:

- danni acuti, quali eritemi e scottature solari causati prevalentemente dai raggi UVB, nonché immunosoppressione locale dovuta al danno delle cellule di Langerhans, coinvolte nella risposta immunitaria cutanea.
- danni cronici come: il fotoinvecchiamento, caratterizzato dalla degradazione di collagene ed elastina e dalla comparsa di rughe, perdita di elasticità e alterazioni della texture cutanea;

- fotocancerogenesi, in cui l'accumulo progressivo di mutazioni genetiche può portare allo sviluppo di tumori cutanei;
- danni al DNA, in quanto i raggi UVB possono provocare un danno diretto attraverso la formazione di dimeri di pirimidina che, se non riparati correttamente, portano a mutazioni genetiche;
- formazione di specie reattive dell'ossigeno (ROS), principalmente associata all'azione dei raggi UVA, che induce stress ossidativo e danni indiretti alle strutture cellulari (Ravanat, J et al., 2001).

2.3 Filtri solari: tipologia e caratteristiche

Secondo l'articolo 2 del Regolamento CE n.1223/2009 del 30 novembre 2009 dei prodotti cosmetici, i filtri UV vengono definiti come “sostanze destinate esclusivamente o prevalentemente a proteggere la pelle da determinate radiazioni UV attraverso l'assorbimento, la riflessione o la diffusione delle radiazioni UV” (European Parliament & Council of the European Union, 2009)

I filtri solari sono composti chimici con differente struttura ma in grado di assorbire, diffondere e riflettere i raggi UV; per questo essi vengono utilizzati all'interno dei prodotti solari

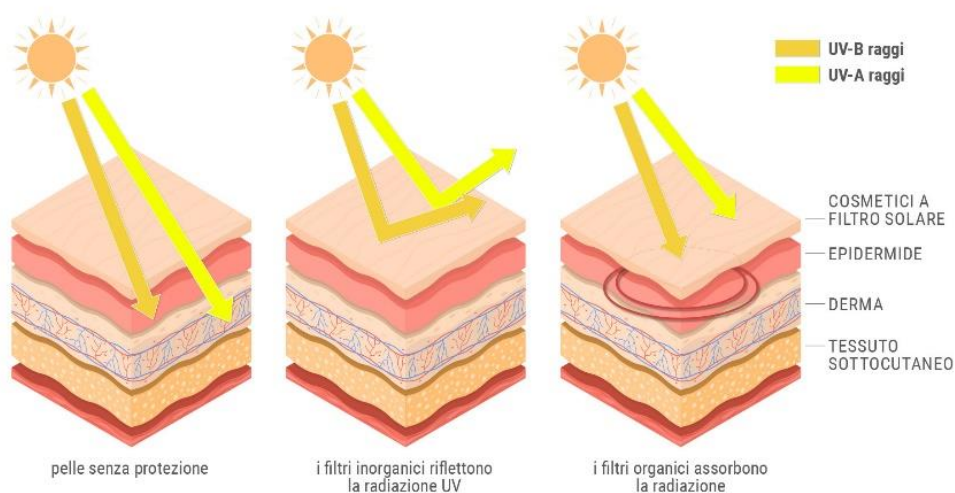


Figura 9 - Filtri solari fisici e chimici

<https://www.farmogal.it/filtri-fisici-o-filtri-chimici-il-cosmetologo-risponde/>

I filtri solari agiscono secondo due meccanismi principali:

- Diffusione e riflessione dei raggi UV dalla superficie della pelle, attraverso un rivestimento che blocca i raggi che possono penetrare nella pelle (Dransfield, 2000).
- Assorbimento dell'energia UV che viene convertita in energia termica riducendo i suoi effetti nocivi (Kiriiri et al., 2019)

FILTRI FISICI

I filtri solari fisici, o inorganici, proteggono la pelle attraverso meccanismi di riflessione, diffusione e assorbimento delle radiazioni UV.

Hanno proprietà schermanti, in quanto il loro meccanismo d'azione si basa sulla riflessione, diffusione e parziale assorbimento delle radiazioni UV.(Osterwalder et al., 2014)

Vantaggi dei filtri solari fisici:

- Protezione ad ampio spettro; sono in grado di schermare le radiazioni dannose principalmente attraverso meccanismi di riflessione e diffusione.
- Adatti a pelli sensibili, come quelle dei bambini, degli anziani e dei soggetti allergici.
- Effetto immediato; creano una barriera fisica sulla pelle per questo agiscono immediatamente dopo l'applicazione
- Rispetto dell'ambiente; sono costituiti da ingredienti di origine minerale

Svantaggi dei filtri solari fisici:

- Lasciano un residuo bianco sulla pelle.
- La texture dei prodotti che li contengono viene percepita come più pesante e meno piacevoli sulla pelle.
- È necessaria una riapplicazione frequente durante la giornata

L'allegato VI del regolamento dei cosmetici (CE n. 1223/2009) contiene la lista di tutti i filtri UV ammessi nei prodotti cosmetici e in particolare, riporta i

filtri fisici autorizzati, che sono solamente due: il biossido di titanio e l'ossido di zinco. Questi possono essere usati in forma sia micronizzata che nanometrica. Lo stesso regolamento vieta, però, il loro utilizzo nelle applicazioni che possono portare ad un'esposizione dei polmoni da parte dell'utilizzatore finale per inalazione. Di conseguenza non sono ammessi nei prodotti spray o nelle polveri aerodispersibili.

Il biossido di titanio (Figura 10) viene ampiamente usato nei prodotti cosmetici e risulta eccellente per bloccare i raggi UVB e gli UVA2 (corti, 320-340nm). Risulta invece meno efficace verso i raggi UVA1 (lunghi, 340-400 nm). (Kiriiri et al., 2019)

I filtri fisici sono fotostabili, ma il biossido di titanio (TiO_2) può generare radicali liberi se viene esposto alla luce UV. Per questo viene spesso rivestito con silice o allumina per renderlo più sicuro sulla pelle.

L'ossido di zinco (Figura 11) viene definito come filtro a largo spettro in quanto agisce efficacemente sui raggi UVB e su quasi tutto lo spettro UVA. (Pinnell, S. R., et al 2000)

Solitamente i prodotti cosmetici che lo contengono lasciano sulla cute un residuo bianco molto evidente; tuttavia le e moderne tecnologie formulative, che impiegano ossido di zinco in forma nanometrica o micronizzata, consentono di ottenere preparazioni più trasparenti e gradevoli dal punto di vista cosmetico. Grazie alle sue proprietà lenitive e antinfiammatorie è ideale per pelli sensibili e in caso di rosacea.

FILTRI CHIMICI

I filtri solari chimici presentano una struttura chimica costituita da uno o più anelli aromatici legati da doppi legami o gruppi carbonilici. Una volta applicati sulla cute, assorbono i raggi UV e li convertono in energia termica. (Borellini 2018)

Vantaggi dei filtri solari chimici:

- I prodotti che li contengono sono di facile applicazione e trasparenza. Le texture sono generalmente gradevoli e ne favoriscono l'impiego anche nei prodotti di make-up.

- Possono essere usati in diversi tipi di formulazioni, come lozioni, gel, creme e spray
- Risultano resistenti all'acqua

Svantaggi dei filtri solari chimici:

- Possono provocare irritazioni cutanee o allergiche come dermatiti ed eczemi;
- Richiedono un periodo di assorbimento prima di garantire la fotoprotezione;
- Alcuni filtri chimici sono stati oggetto di studi relativi a possibili effetti di interferenza endocrina;
- Possono causare danni all'ambiente, in particolare danni agli ecosistemi marini, come le barriere coralline, fino ad entrare nella catena alimentare.

Una crema solare con filtri chimici ha una texture leggera sulla pelle, non lascia residui bianchi, è preferita da chi ha la pelle grassa o cerca una consistenza impalpabile, ideale da applicare anche sotto il make-up.

Questi filtri agiscono assorbendo i raggi UV convertendoli in calore e, quando un filtro non è perfettamente fotostabile i legami della molecola si rompono attuando un processo detto di “fotodegradazione”.

La molecola di partenza viene modificata, si formano sottoprodotti di degradazione e ROS.

Questi prodotti di degradazione si accumulano e possono indurre l'insorgenza di sensibilizzazione e manifestazioni allergiche.

Durante la balneazione questi prodotti possono essere rilasciati nelle acque superficiali, con potenziali effetti tossici sugli ecosistemi marini. (Downs et al., 2016)

I filtri chimici assorbono gli UV per poi emettere calore, ma a differenza dei filtri minerali, non tutti sono fotostabili e capaci di schermare sia i raggi UVA che UVB. Una singola molecola infatti, generalmente non garantisce una copertura

completa dell'intero spettro delle radiazioni UV; per questo le motivazioni le formulazioni moderne associano più filtri solari.

Esempio di filtri organici capaci di schermare UVA e UVB (Tabella 3):

Tabella 3-Filtri UVB e UVA

FILTRI UVB	FILTRI UVA
PABA e derivati	Benzofenoni
PBSA e derivati	Dibenzoilmetani
Salicilati	Antranilati
Cinnamati	
Derivati della Canfora	

2.4 Fattore di protezione

Per garantire l'efficacia e la sicurezza dei prodotti solari, si eseguono dei test per valutare:

- l' SPF (Sun Protection Factor), che indica il livello di protezione fornito dal prodotto solare contro i raggi UVB, responsabili delle scottature (ISO, 2019);
- il PA (Protection Grade of UVA), che rappresenta il livello di protezione contro i raggi UVA, i quali penetrano più in profondità nella pelle e contribuiscono al suo fotoinvecchiamento e ai danni cutanei a lungo termine, tra cui i tumori cutanei (ISO, 2019);
- la dicitura "Water resistant", che certifica che il prodotto mantiene almeno il 50% del fattore di protezione (SPF) indicato in etichetta anche dopo l'immersione in acqua (ISO, 2020).

Al fine di garantire una prevenzione completa, la Commissione Europea con la Raccomandazione del 2006 (2006/647/EC) fornisce linee guida sull'efficacia dei test e della comunicazione relativa ai prodotti solari (European Commission, 2006).

Questa Raccomandazione ha introdotto tre principi:

1. Una protezione equilibrata UVA+UVB

Storicamente i solari venivano formulati per proteggere dai raggi UVB. Questa normativa ha introdotto una protezione ad ampio spettro, che include i raggi

UVA il cui livello di protezione deve essere pari ad almeno un terzo del valore dell'SPF.

2. La semplificazione della comunicazione

Propone un sistema standard in cui le protezioni sono categorizzate in quattro classi di efficacia: bassa, media, alta e molto alta. I valori di SPF associati sono: 6,10,15,20,25,30,50,50+

*Tabella 4- differenti fattori di protezione solare
Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea*

Categoria indicata sull'etichetta	Fattore di protezione solare indicato sull'etichetta	Fattore di protezione solare misurato [conformemente ai principi raccomandati al punto 10, lettera a)]	Fattore minimo raccomandato di protezione UVA [misurato conformemente ai principi raccomandati al punto 10, lettera b)]	Lunghezza d'onda critica minima raccomandata [misurata conformemente ai principi raccomandati al punto 10, lettera c)]
«Protezione bassa»	«6»	6-9,9	1/3 del fattore di protezione solare indicato sull'etichetta	370 nm
	«10»	10-14,9		
«Protezione media»	«15»	15-19,9		
	«20»	20-24,9		
	«25»	25-29,9		
«Protezione alta»	«30»	30-49,9		
	«50»	50-59,9		
«Protezione molto alta»	«50 +»	60 ≤		

I gradi minimi di protezione per considerare efficace una protezione solare sono:

- fattore di protezione solare SPF ≥ 6 contro gli UVB;
- fattore di protezione UVA $\geq 1/3$ del fattore di protezione solare (SPF);
- una lunghezza d'onda critica ≥ 370 nm, a garanzia di una protezione ad ampio spettro;
- presenza del simbolo UVA cerchiato sulle confezioni.

I prodotti che non soddisfano i criteri sopra indicati non possono essere commercializzati come prodotti per la protezione solare.

3. Le avvertenze obbligatorie per un uso corretto e informato

La Raccomandazione impone ai produttori indicazioni chiare e precise sulla corretta applicazione e sulla necessità di applicare il prodotto frequentemente, con l'aggiunta di messaggi come l'invito a non esporre i neonati e i bambini piccoli alla luce diretta del sole e ad evitare l'esposizione nelle ore più calde.

L'ACP (Associazione Culturale Pediatri) definisce sei regole importanti per l'esposizione solare nei bambini (Associazione Culturale Pediatri, 2024):

- esporsi al sole gradualmente, preparando la pelle a sviluppare le proprie difese naturali;
- evitare un'esposizione diretta al sole nei bambini di età inferiore ai due anni;
- creare uno spazio di ombra;
- utilizzare indumenti protettivi, che costituiscono il metodo più efficace e sicuro per la protezione solare;
- indossare un abbigliamento adeguato, per esempio un cappello o occhiali da sole;
- utilizzare indumenti tecnici capaci di filtrare i raggi solari.

I prodotti solari dedicati ai bambini sono in genere ad alta (SPF 50) o molto alta protezione (SPF 50+), perché indicati per proteggere una pelle più delicata e sensibile ai danni del sole.

Dopo i quattro anni il bambino può esporsi al sole più a lungo, cercando sempre di evitare l'esposizione nelle ore più calde.

Si deve usare un prodotto con un fattore di protezione molto alto, solitamente SPF 50+ e comunque non inferiore a 30, facendo attenzione ad applicarlo su tutto il corpo, in particolare nelle parti più delicate.

L'uso di una crema solare minerale assicura una protezione affidabile per i bambini, grazie all'elevata tollerabilità cutanea e all'ampio spettro di protezione, a differenza di creme solari contenenti filtri chimici, che sono state oggetto di studi relativi a possibili effetti di interferenza endocrina nelle pelli più sensibili come quelle dei bambini.

I filtri chimici che vengono associati a disturbi ormonali e irritazioni cutanee (Figura10) sono l'ossibenzone, l'ottinossato e l'omosalato.

Altri ingredienti da evitare nella formulazione di emulsioni destinate all'età pediatrica sono le fragranze sintetiche e alcuni conservanti, come i parabeni, anch'essi oggetto di dibattito scientifico. (Schlumpf et al., 2001).

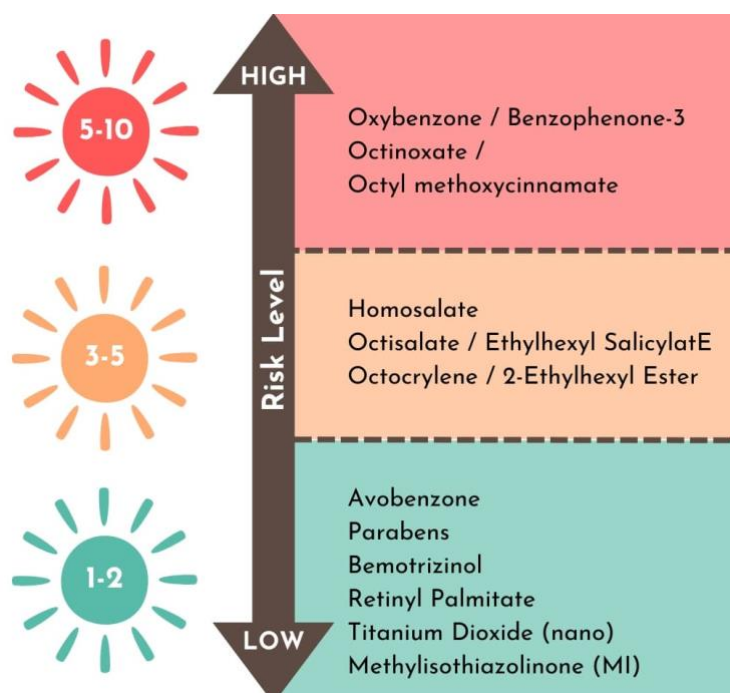


Figura 10- Livello di rischio delle sostanze usate come filtri solari

La guida definitiva alla sicurezza solare per bambini – Suntribe Sunscreen

Per indicare quanto un prodotto solare protegge dai raggi UVA si usa il sistema PA (Protection Grade of UVA). È stato creato in Giappone e ad oggi è utilizzato anche in Asia e in Europa.

Il sistema PA misura la protezione di una crema solare contro i raggi UVA, che penetrano in profondità e sono responsabili di danni quali macchie cutanee, rughe e aumento del rischio di tumori cutanei.

La classificazione PA usa il simbolo “+” per indicare il livello di protezione nei confronti dei raggi UVA (Zicail, 2026):

Tabella 5- Classificazione e descrizione dei livelli di protezione UVA

Grado PA	Livello di protezione	Descrizione
PA+	2-4	Protezione UVA bassa
PA++	4-8	Protezione UVA moderata
PA+++	8-16	Protezione UVA alta
PA++++	>16	Protezione UVA molto alta

Tabella 6-livelli di protezione SPF vs PA

Categoria di protezione (Standard UE)	Valori SPF in Etichetta	Schermatura UVB stimata (%)	Protezione UVA (sistema PA)	Frequenza di riapplicazione
Protezione BASSA	6-10	90%	PA+	Ogni 1-2 ore
Protezione MEDIA	15-20-25	93%	PA++	Ogni 1-2 ore
Protezione ALTA	30-50	97%	PA+++	Ogni 2 ore
Protezione MOLTO ALTA	50+	> 98%	PA++++	Ogni 2-3 ore

ponendo particolare attenzione ai due principali sistemi di classificazione utilizzati a livello internazionale: l'SPF e l'indice PA (KTAB/KRBC News, 2024).

L'SPF misura la capacità del prodotto di schermare i raggi UVB, responsabili di scottature, eritemi e danni immediati alla cute. Il sistema PA, invece, misura la protezione contro i raggi UVA.

Un dato importante è la non-linearità dell'SPF. La tabella 6 mostra che la protezione non aumenta in maniera proporzionale all'aumentare del valore di SPF:

- SPF 6-10 (bassa): schermo il 90% dei raggi UVB
- SPF 15-20-25 (media): schermo il 93% dei raggi UVB
- SPF 30-50 (alta): schermo il 97% dei raggi UVB
- SPF 50+ (molto alta): schermo il 98% dei raggi UVB, rappresenta il livello massimo di protezione indicabile in etichetta secondo la classificazione europea.

Questo dimostra che nessun solare garantisce una protezione totale, ma una formulazione con SPF 50 o SPF 50+ blocca la quasi totalità delle radiazioni nocive.

Per questo la Commissione Europea raccomanda di non usare diciture come:

- “protezione totale”;
- “schermo totale”;
- “protezione 100”.

Nella Tabella viene evidenziato il fattore tempo: per SPF 6-10 e 15-20-25 la riapplicazione è consigliata ogni 1-2 ore, per SPF 30-50 il tempo indicato è di 2 ore, per SPF 50+ invece è di 2-3 ore

Questo contribuisce a sfatare il falso mito secondo cui un valore di SPF più alto protegga più a lungo e sottolinea l'importanza della frequenza di applicazione dato che sudore, acqua e sfregamento riducono l'efficacia del filtro solare.

Pertanto, in etichetta devono essere presenti indicazioni chiare come: “applicare quantità sufficienti”, “riapplicare frequentemente” ed “evitare esposizioni prolungate al sole, soprattutto nelle ore centrali della giornata”.

Secondo uno studio randomizzato in doppio cieco (Autier et al., 1999) è stato osservato che l'utilizzo di creme solari può favorire un'esposizione prolungata al sole, ritardando l'insorgenza delle scottature.

Nell'estate del 1997 sono state prese in esame 87 persone (francesi e svizzere) di età compresa tra i 18 e i 24 anni, ai quali sono stati assegnati prodotti solari con SPF 10 o SPF 30.

Ai partecipanti è stato chiesto di compilare registrazioni giornaliere relative all'esposizione al sole con l'obiettivo di valutare l'insorgenza di lesioni cutanee pigmentate.

Al termine dello studio è emerso che l'utilizzo di creme solari con SPF più elevato (SPF 30) spinge i giovani a rimanere esposti al sole più a lungo rispetto a chi usa una protezione più bassa (SPF 10). I dati lo confermano poiché i gruppi che hanno usato un solare con SPF 10 avevano una media di esposizione di 19,4 giorni con 72,3 g di crema solare utilizzata; mentre i gruppi che hanno utilizzato un prodotto con SPF 30 presentavano una media di 20,2 giorni di esposizione con una quantità di 71,6 g di crema solare applicata. (*Journal of the National Cancer Institute*, Volume 91, Numero 15, 4)

Pertanto, le caratteristiche ideali di un prodotto solare sono (Passeron et al., 2021):

- protezione ad ampio spettro, con protezione sia dai raggi UVA che UVB;
- presenza di Filtri UV minerali, in grado di schermare i raggi UV;
- SPF 30-50+;
- formulazione resistente all'acqua;
- formula senza profumo. Se non è possibile evitare l'inserimento del profumo è consigliato l'uso di fragranze senza allergeni per evitare sensibilizzazioni e irritazioni cutanee.

2.5 Filtri in discussione (interferenti endocrini, sbiancamento dei coralli)

Alcuni filtri chimici presenti nei prodotti solari sono attualmente oggetto di discussione per i loro potenziali effetti sulla salute umana, in relazione a possibili fenomeni di interferenza endocrina, e sugli ecosistemi marini, in particolare per il loro possibile contributo allo sbiancamento delle barriere coralline. Nelle Hawaii è stata promulgata la legge SB 2571 (Act 104), che dal 1° gennaio 2021 ha vietato la vendita di prodotti solari contenenti ossibenzone (oxybenzone) e ottinossato (octinoxate) perché, una volta dispersi in mare,

possono danneggiare le barriere coralline, causando fenomeni di sbiancamento e alterazione degli ecosistemi marini (One Coral Reef, n.d.)

Questo provvedimento ha contribuito ad aumentare l'attenzione verso il possibile impatto ambientale di alcuni filtri UV (Downs et al., 2022).



Figura 11- Sbiancamento dei Coralli

Focus.it *Diminuisce la resistenza al caldo dei coralli - Focus.it*

La National Academy of Sciences (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, n.d.) ha pubblicato studi relativi all'impatto ambientale di prodotti cosmetici. I risultati hanno evidenziato che alcuni filtri chimici presenti nelle creme solari possono avere effetti avversi sugli organismi acquatici. Tra i principali effetti segnalati vi sono lo sbiancamento dei coralli e l'alterazione di processi metabolici, enzimatici e riproduttivi.

A livello globale, l'aumento della temperatura dell'acqua di mare è riconosciuto come la causa principale dello sbiancamento dei coralli (Hoegh-Guldberg et al. 2017); a livello locale, invece, si ritiene che il fenomeno sia dovuto alla pesca eccessiva, a cattive pratiche di uso del suolo e all'inquinamento derivante dall'agricoltura e dalle acque reflue che portano all'accumulo di pesticidi, erbicidi, nitrati e fosfati nelle barriere coralline (Yang et al., 2024)

I filtri chimici presenti nelle creme solari, una volta dispersi in acqua, possono entrare nella catena alimentare, accumularsi nei tessuti degli organismi più piccoli, come alghe, plancton e invertebrati, e passare ai livelli superiori, fino all'uomo. Alcuni di questi composti possono persistere nell'ambiente o degradarsi molto lentamente, favorendo fenomeni di bioaccumulo e biopersistenza. È stato inoltre osservato che diversi filtri UV possono accumularsi in diverse specie marine, e trasferirsi nella catena alimentare fino a raggiungere l'uomo (ECHA, 2021)

Anche le microplastiche contenute nei cosmetici possono persistere a lungo nell'ambiente ed entrare nella catena alimentare, con conseguenti fenomeni di accumulo negli ecosistemi.

Il Regolamento UE 2023/2055, entrato in vigore il 17 ottobre 2023, limita l'uso delle microplastiche aggiunte intenzionalmente nei prodotti, quando presenti in concentrazioni pari o superiori allo 0,01% in peso (European Commission, 2023).

Uno degli effetti più studiati è lo sbiancamento dei coralli, dovuto alla perdita delle zooxantelle, alghe unicellulari che vivono in simbiosi con i coralli fin dalle prime fasi di sviluppo dei polipi corallini. Il fenomeno si manifesta quando le zooxantelle vengono espulse o si riducono significativamente, determinando la perdita della tipica colorazione del corallo.

Solitamente questo fenomeno si manifesta a concentrazioni di filtri UV comprese tra 10 e 300 µg/L, a seconda della specie di corallo coinvolta entro 18-48 ore dall'esposizione. (Archives of Environmental Contamination and Toxicology 2020)

PRINCIPALI FILTRI UV OGGETTO DI DISCUSSIONE

L' **ottocrilene** (octocrylene; Figura 12) è un filtro solare chimico sintetico, sospettato di agire come interferente endocrino, ossia come una sostanza in grado di alterare il normale equilibrio ormonale (SCCS).

Inoltre, è stato associato a possibili effetti nocivi sia per la salute umana sia per gli ecosistemi acquatici, compreso un possibile contributo ai fenomeni di sbiancamento delle barriere coralline.

Caratteristiche principali:

- assorbimento delle radiazioni UVB e di parte delle radiazioni UVA corte;
- liposolubilità;
- fotostabilità (non si degrada facilmente al sole);
- Impiego come ingrediente funzionale in oli e aromi profumati;
- contribuisce alla stabilizzazione di altri filtri UV e migliora la resistenza all'acqua delle formulazioni solari (COSMILE Europe, n.d).

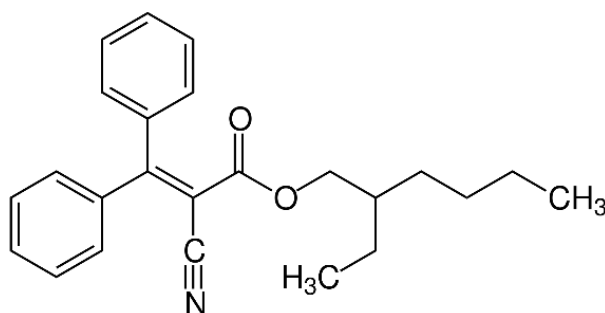


Figura 12-struttura chimica dell'ottocrilene

<https://trungtamthuoc.com/usp-en/octocrylene>

Una delle principali criticità associate all'ottocrilene è la possibile formazione di benzofenone, un noto interferente endocrino, come prodotto di degradazione. L'SCCS ha concluso che l'impiego dell'ottocrilene, quando utilizzato come unico filtro in creme, spray e prodotti solari, può essere considerato sicuro fino ad una concentrazione massima del 10%. Allo stesso tempo è considerato sicuro se utilizzato al 10% come filtro UV in creme viso, mani e prodotti per le labbra, che non sono prodotti solari. (Scientific Committee on Consumer Safety, 2021)

Il **benzofenone-3** (benzophenone-3) noto anche come ossibenzone (oxybenzone; Figura13) è un filtro organico appartenente alla famiglia dei chetoni aromatici o benzofenoni e agisce ad ampio spettro, proteggendo sia dai raggi UVA che UVB. È presente in circa 3.500 prodotti per la cura della pelle. Non

è presente solo nei prodotti solari ma anche in altri cosmetici come creme idratanti, lozioni, prodotti per i capelli. Grazie alla sua stabilità ed efficacia è un componente versatile nel panorama cosmetico.

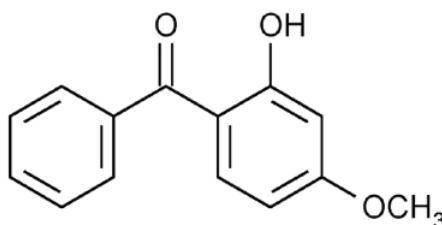


Figura 13- struttura chimica del benzofenone-3

<https://www.lotchemistry.com/uv-filter/benzophenone-3.html>

Trova ampio impiego anche in ambito industriale, dove viene utilizzato come stabilizzante UV in diversi materiali come rivestimenti, vernici, agenti bagnanti per inchiostri e sverniciatori, in quanto la sua struttura chimica riesce ad assorbire e dissipare l'energia UV, proteggendo superfici sensibili. (Chimicamo, n.d.) Negli ultimi anni sono però emerse diverse problematiche sia a livello sanitario che ambientale associate a questo filtro.

È oggetto di studio per i suoi effetti di interferenza endocrina nell'uomo e per il potenziale impatto ambientale associato allo sbiancamento delle barriere coralline. Per questo motivo, la concentrazione massima di ossibenzone consentita dalla Normativa UE nelle formulazioni cosmetiche è regolamentata e fissata, in determinate categorie di prodotti, al 6% (European Parliament & Council of the European Union, 2009).

In alcune regioni, come le Hawaii e Palau, è vietato l'utilizzo di prodotti contenenti questo filtro per limitare le problematiche correlate agli ecosistemi marini.

I coralli metabolizzano l'ossibenzone in composti tossici che, quando esposti alla luce solare, generano radicali liberi dannosi. All'interno dei coralli sono presenti le zooxantelle, alghe unicellulari che vivono in simbiosi con il corallo e contribuiscono al suo metabolismo e alla sua colorazione. Quando la

temperatura dell'acqua aumenta, questa simbiosi può alterarsi e le zooxantelle vengono espulse, determinando il fenomeno dello sbiancamento e l'esposizione dello scheletro corallino, che risulta maggiormente vulnerabile agli effetti tossici dell'ossibenzone (NOAA, 2015).

Questo composto chimico può inoltre interferire con il sistema endocrino agendo con attività estrogenica e antiandrogenica, influenzando lo sviluppo e la funzione riproduttiva.

Infine, può provocare anche reazioni allergiche e problematiche cutanee con manifestazioni come dermatite da contatto o irritazione. L'uso di ossibenzone rimane comunque autorizzato in diverse regioni, mentre prosegue la ricerca scientifica per valutarne la sicurezza a lungo termine.

La valutazione del Comitato Scientifico per la Sicurezza dei Consumatori (SCCS/1625/20) ha stabilito che l'ossibenzone è sicuro fino a una concentrazione massima dello 0,5% se utilizzato unicamente per proteggere la formulazione cosmetica. Quando impiegato come filtro UV, il limite è fissato al 6% nei prodotti per il viso, per le mani e nei rossetti, e al 2,2% nelle creme per il corpo e nei prodotti spray. Inoltre, l'utilizzo come filtro UV non può essere associato, nella stessa formulazione, all'impiego dello 0,5% come agente protettivo della formulazione cosmetica.

L'**omosalato** (homosalate; Figura14) è un filtro organico appartenente alla famiglia dei salicilati. È un liquido giallo caratterizzato da una consistenza densa e oleosa. Assorbe le radiazioni UVB nell'intervallo compreso tra 280 e 320 nm, contribuendo a prevenire le scottature solari e i danni al DNA della pelle (National Center for Biotechnology Information, n.d.).

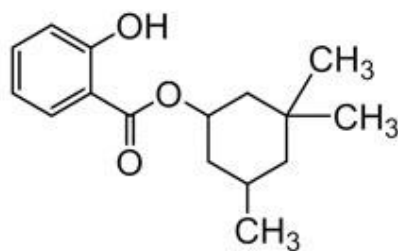


Figura 14- struttura chimica dell'omosalato

<https://www.shutterstock.com/search/homosalat>

Viene impiegato per proteggere cute e capelli dai raggi UV nocivi (COSMILE Europe, n.d.) ed è utilizzato anche come eccipiente di oli profumati e aromi. Nonostante i suoi benefici, l'omosalato è classificato come sospetto interferente endocrino ed è inoltre sospettato di possibili effetti tossici sugli organismi acquatici. Diversi studi *in vitro* hanno dimostrato che l'omosalato può interagire con il sistema endocrino, manifestando attività estrogenica e anti-androgenica. (Schreures et al., 2005). Le evidenze derivanti da studi *in vivo* sono tuttavia limitate; non è stato infatti dimostrato che l'omosalato, applicato sulla pelle, umana provochi alterazioni rilevanti o danni alla salute. Per questo motivo, nel 2021 l'SCCS ha rivalutato la sostanza, definendola sicura entro specifici limiti di impiego. In particolare, nei prodotti per il viso e cosmetici, la concentrazione massima ammessa è pari al 7,34%. Negli ultimi anni il suo impiego nei prodotti solari è stato progressivamente ridimensionato a favore di filtri UV più recenti. In conclusione, se utilizzato entro i limiti di concentrazione previsti e nelle tipologie di prodotto consentite dalla normativa, l'omosalato è considerato sicuro per il consumatore. (Scientific Committee on Consumer Safety, 2021)

L'**avobenzone** o butil metossidibenzoilmetano (butyl methoxydibenzoylmethane; Figura 15) è un filtro UVA organico. Assorbe le

radiazioni UVA nell'intervallo compreso tra 320 a 400 nm. (COSMILE Europe, n.d)

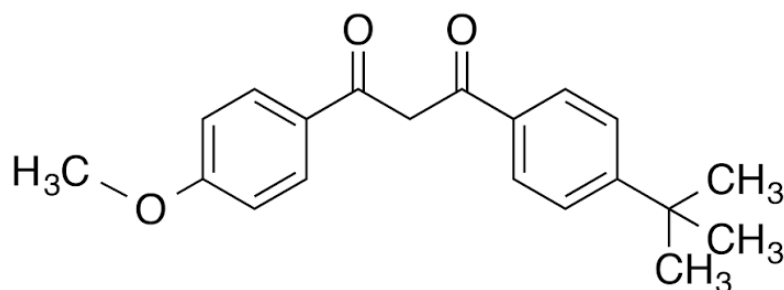


Figura 15-struttura chimica dell'avobenzone

http://www.thecosmeticchemist.com/molecule_of_the_week/avobenzene.html

Caratteristiche principali:

- assorbe le radiazioni UVA;
- Può essere impiegato come ingrediente funzionale in oli e aromi profumati.

L'avobenzone è un derivato del dibenzoilmetano ed esiste in due forme tautomeriche: la forma enolica, che predomina in soluzione ed è responsabile dell'assorbimento delle radiazioni UVA, e la forma chetonica.

Il limite principale di questo filtro risiede nella sua fotoinstabilità (Paris, C., et al., 2009), in quanto, dopo lunghi periodi di esposizione alla luce del sole la forma enolica può subire processi di degradazione che portano alla formazione di sottoprodotti meno efficaci nell'assorbimento delle radiazioni UV. Se non correttamente stabilizzato, può perdere fino al 36% delle proprie capacità di assorbimento dopo un'ora di esposizione alla luce solare. La degradazione dell'avobenzene può inoltre generare ROS potenzialmente dannose per la cute. Per questo motivo il filtro non viene mai utilizzato da solo, ma è associato ad altre sostanze o tecnologie in grado di migliorarne la fotostabilità. Tra le principali strategie figurano:

- l'utilizzo di cofiltri stabilizzanti come l'ottocrilene o il 4-MBC in grado di ridurre la fotodegradazione (Chatelain, E et al., 2001);
- l'utilizzo di stabilizzatori non filtranti, molecole che agiscono come "quencher" e riportano l'avobenzona allo stato fondamentale prima che si degradi
- l'impiego di tecniche di incapsulamento che prevedono l'inserimento dell'avobenzona in capsule polimeriche o lipidiche per isolarlo dall'ambiente esterno e migliorarne la fotostabilità.

L'avobenzona è incluso nell'allegato VI del Regolamento (CE) n. 1223/2009 che riporta l'elenco dei filtri UV ammessi nei prodotti cosmetici; Il suo uso è considerato sicuro fino ad una concentrazione massima del 5%.

CAPITOLO 3

3. PRODOTTI COSMETICI SOLARI

3.1 Normativa Europea e Raccomandazioni

Il Regolamento (CE) n. 1223/2009 stabilisce i requisiti relativi alla sicurezza, agli ingredienti, all'etichettatura e alle dichiarazioni (claims) di un prodotto cosmetico affinché possa essere commercializzato nell'Unione Europea. (European Parliament & Council of the European Union, 2009)

Gli allegati del presente regolamento sono:

- allegato I: rapporto di sicurezza del prodotto cosmetico, di cui una parte A (informazione sulla sicurezza) e una parte B (valutazione della sicurezza);
- allegato II: elenco delle sostanze vietate;
- Allegato III: sostanze soggette a restrizioni d'uso;
- Allegati IV, V e VI: coloranti, conservanti e filtri UV autorizzati nei prodotti cosmetici.

Nell'allegato IV è riportato l'elenco dei coloranti ammessi, mentre nell'allegato V vengono elencati i conservanti, ovvero tutte quelle sostanze che inibiscono lo sviluppo di microrganismi. Infine, l'allegato VI riporta l'elenco dei filtri UV, cioè le sostanze destinate a proteggere la pelle dalle radiazioni UV, mediante assorbimento, riflessione o dispersione delle stesse.

Gli articoli che si focalizzano su sicurezza e responsabilità sono:

- L'articolo 3 (Sicurezza)

Stabilisce che un prodotto cosmetico immesso sul mercato dell'UE deve essere sicuro per la salute umana se utilizzato in condizioni d'uso normale o ragionevolmente prevedibili.

La valutazione della sicurezza si basa su diversi fattori, tra cui la presentazione del prodotto (conformità alla direttiva 87/357/CEE), l'etichettatura, le istruzioni

per l'uso, le avvertenze per lo smaltimento e qualsiasi altra indicazione o informazione fornita dalla persona responsabile.

- Articolo 8 (Buone pratiche di fabbricazione)

Nella fabbricazione dei prodotti cosmetici devono essere rispettate le buone pratiche di fabbricazione al fine di garantire il raggiungimento degli obiettivi di cui all'articolo 1.

Qualora la fabbricazione avvenga conformemente alle norme armonizzate, si presume il rispetto delle buone pratiche di fabbricazione.

- Articolo 10 (Valutazione della sicurezza)

La persona responsabile garantisce la conformità dei prodotti cosmetici prima della loro immissione in commercio.

- Articolo 15 (Sostanze classificate come sostanze CMR)

L'articolo 15 disciplina l'utilizzo nei prodotti cosmetici delle sostanze CMR (Cancerogene, Mutagene o tossiche per la Riproduzione). Tali sostanze sono suddivise in tre categorie: la categoria 1A comprende le sostanze con tossicità nota per l'uomo, la categoria 1B le sostanze con tossicità presunta per l'uomo e la categoria 2 le sostanze sospettate di essere tossiche per l'uomo. In generale, l'impiego delle sostanze classificate nelle categorie 1A e 1B è vietato nei prodotti cosmetici. Le sostanze appartenenti alla categoria 2 possono invece essere utilizzate solo a seguito di una specifica valutazione di sicurezza da parte del Scientific Committee on Consumer Safety (SCCS) e qualora siano ritenute sicure per l'impiego previsto.

Articolo 16 (nanomateriali)

Ai sensi del Regolamento, un nanomateriale viene definito come un materiale insolubile o biopersistente fabbricato intenzionalmente e caratterizzato da una o più dimensioni comprese tra 1 e 100 nanometri.

La persona responsabile deve notificare un cosmetico che contiene nanomateriali alla Commissione Europea almeno sei mesi prima dell'immissione in commercio.

- Articolo 18 (sperimentazione animale)

Il presente articolo vieta la sperimentazione animale su qualsiasi prodotto cosmetico fabbricato in UE o importato dai paesi extra UE, ma che debba essere immesso sul mercato comunitario.

- Articolo 19 (etichettatura)

I prodotti cosmetici possono essere immessi in commercio solo se riportano, sull'imballaggio, le seguenti informazioni obbligatorie in modo leggibile, indelebile, e facilmente comprensibile:

- il nome o la ragione sociale e l'indirizzo della persona responsabile;
- il contenuto nominale al momento del confezionamento, espresso in peso o in volume, fatta eccezione per gli imballaggi con un contenuto inferiore a 5 g o a 5 ml, campioni gratuiti e monodose;
- la data fino alla quale il prodotto cosmetico continuerà a svolgere la sua funzione iniziale e, in particolare, resterà conforme all'articolo 3 («data di durata minima»);
- le precauzioni particolari per l'impiego;
- il numero del lotto di fabbricazione o il riferimento che permetta di identificare il prodotto cosmetico;
- la funzione del prodotto cosmetico;
- l'elenco degli ingredienti (INCI) in ordine decrescente di concentrazione.

- Articolo 20 (Dichiarazioni relative al prodotto - claims)

Nell'etichettatura, nella pubblicità e nella commercializzazione dei prodotti cosmetici non possono essere utilizzati marchi, testi, immagini, figure o altri segni che attribuiscono al prodotto caratteristiche o funzioni che non possiede. L'analisi dettagliata del regolamento (CE) n. 1223/2009 mostra come la normativa Europea rappresenti uno strumento fondamentale per la tutela della salute pubblica dei consumatori, garantendo la sicurezza dei prodotti cosmetici attraverso la responsabilizzazione dei soggetti e la tracciabilità dei prodotti lungo tutta la filiera.

Questo regolamento non è un testo statico, ma è soggetto a continui aggiornamenti, basti pensare al caso dell'ingrediente 4-methylbenzylidene

camphor (4-MBC) (Figura 16), un filtro UV chimico che per diverso tempo ha rappresentato un componente rilevante nella formulazione dei prodotti solari, ma che negli ultimi anni è stato oggetto di crescenti preoccupazioni riguardo alla sua sicurezza. (Scientific Advisory Group on Chemical Safety. (2020).

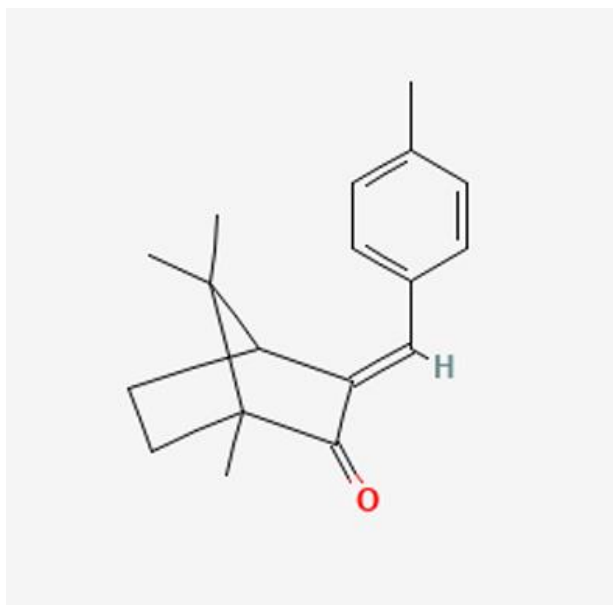


Figura 16. Struttura del 4-methylbenzylidene Camphor
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/3-Benzylidene-camphor>

Questo filtro chimico è in grado di convertire la radiazione UV e dissiparne l'energia sotto forma di calore contribuendo a ridurre il danno cellulare indotto dai raggi UV.

È molto efficace non solo per la sua funzione di protezione, ma anche per la capacità di stabilizzare altri filtri solari.

Negli ultimi anni sono emerse diverse preoccupazioni riguardo ai possibili effetti del 4-MBC sulla salute umana e sull'ambiente:(SCCS, 2022)

- interferenza endocrina: diversi studi condotti su modelli *in vivo* e *in vitro* hanno evidenziato che il 4-MBC può agire come interferente endocrino. In particolare, potrebbe mimare l'azione degli ormoni femminili, alterando lo sviluppo produttivo oppure interferire con gli ormoni della tiroide;

- assorbimento attraverso la pelle: una quota del prodotto può essere assorbita attraverso la pelle ed entrare nel circolo sanguigno con la conseguente possibilità di fenomeni di accumulo nell'organismo a lungo termine;
- tossicità ambientale: il 4-MBC è stato associato a fenomeni di bioaccumulo negli organismi acquatici e a possibili effetti negativi sugli ecosistemi marini, incluso il fenomeno dello sbiancamento dei coralli.

Per questo motivo, nel corso degli anni, l'utilizzo di questo filtro chimico è stato vietato in diversi mercati, a dimostrazione di come la continua evoluzione delle normative sulla sicurezza dei cosmetici contribuisca a una maggiore tutela della salute pubblica e dell'ambiente.

3.2 Evoluzione dei solari negli anni

Nel corso del tempo la percezione e l'utilizzo dei prodotti solari per la protezione della pelle hanno subito diversi cambiamenti.

In passato l'uomo si proteggeva con abiti e unguenti naturali, sebbene fino agli ultimi decenni dell'Ottocento gli effetti dei raggi UV fossero ancora sconosciuti, era già nota la possibilità di incorrere in scottature a seguito di un'eccessiva esposizione al sole. In quel periodo l'esposizione al sole non era generalmente ricercata, ma rappresentava spesso una conseguenza delle attività lavorative svolte all'aperto per molte ore.

Per questa ragione, in passato avere una pelle chiara e non abbronzata rappresentava uno status symbol, poiché indicava l'appartenenza a ceti sociali elevati non costretti a svolgere attività lavorative all'aperto sotto il sole. (Penazzi, 2024)

I canoni estetici dell'epoca erano molto diversi rispetto a quelli attuali.

La comprensione scientifica degli effetti dei raggi UV sul corpo umano si è consolidata tra l'Ottocento e il Novecento, periodo che ha visto anche la nascita delle formulazioni solari moderne.

Con il passare degli anni è cambiata anche la funzione attribuita alle creme solari; oggi il loro obiettivo non è impedire completamente l'abbronzatura, bensì limitare i danni causati dai raggi UV consentendo comunque l'esposizione al sole.

È avvenuta quindi un'evoluzione nella percezione dei prodotti solari; da status symbol a tutela della salute e della sostenibilità ambientale.

Negli anni Sessanta e settanta il consumatore ricerca un'abbronzatura rapida e immediata, mentre la consapevolezza del danno solare a lungo termine è ancora sconosciuta.

I prodotti maggiormente utilizzati sono prevalentemente olii abbronzanti o creme con basso fattore di protezione (ad es. SPF 4) privi di filtri protettivi efficaci.

Gli anni Ottanta e novanta vedono nascere il concetto di SPF; in questi decenni aumenta la consapevolezza dei danni associati all'esposizione ai raggi UV e cresce l'attenzione verso la fotoprotezione.

Le aziende producono le prime creme solari con l'utilizzo di filtri come l'ossido di zinco micronizzato, definito sicuro e tollerato.

Con l'inizio del nuovo millennio (anni 2000 e 2010) si diffonde il concetto di skincare e la protezione solare inizia a essere considerata parte integrante della routine quotidiana.

Il consumatore pone più attenzione alla cura personale e acquisisce una crescente consapevolezza del ruolo dell'esposizione solare nei processi di invecchiamento cutaneo.

Si ha anche un'evoluzione nello sviluppo dei prodotti: le aziende immettono nel mercato creme più leggere e spray con texture più delicate e trasparenti.

Fattori di protezione elevati, come SPF 30 e 50, diventano progressivamente la norma e non più prerogativa delle sole pelli sensibili.

Dal 2020 ad oggi il consumatore, oltre che alla cura personale, pone molta attenzione alla sostenibilità ambientale, grazie anche alla maggiore diffusione di informazioni attraverso social media come Instagram, Facebook e TikTok.

Il consumatore ricerca prodotti scientificamente efficaci e pone attenzione alla lista degli ingredienti, orientandosi verso prodotti contenenti filtri “Reef-Friendly” o “Ocean-Friendly” e privi di sostanze controverse come l’ossibenzone, il cui utilizzo è stato limitato in alcune aree per il potenziale impatto sugli ecosistemi marini. Si osserva inoltre un crescente interesse verso i filtri fisici di nuova generazione con attenzione ai packaging riciclabili e sostenibili.

Si può evidenziare come in passato il consumatore acquistasse il prodotto solare prevalentemente nella stagione estiva o in prossimità delle vacanze. Ora invece il consumatore assume un ruolo più attivo e consapevole nella tutela della propria salute e dell’ambiente.

Nel documento “Sun Protection and Schools” del 2003, l’organizzazione mondiale della sanità (OMS) definisce come la protezione solare non debba essere considerata come pratica destinata al periodo di vacanza, bensì come un “comportamento salvavita” da adottare fin dall’infanzia (WHO 2003).

L’OMS evidenzia come l’esposizione ai raggi UV durante i primi anni di vita rappresenti il principale fattore di rischio per l’insorgenza di tumori cutanei in età adulta.

Per questo motivo, una corretta educazione alla fotoprotezione nelle scuole, che promuova l’utilizzo della crema solare e di un abbigliamento adeguato, contribuisce a formare giovani adulti più informati e consapevoli.

La protezione solare diventa quindi parte della routine quotidiana, grazie anche all’utilizzo di creme da giorno e prodotti make-up contenenti filtri solari con fattore di protezione SPF testato.

Il consumatore moderno, influenzato da una maggiore educazione sanitaria e scientifica, ricerca prodotti cosmetici efficaci e formulati con ingredienti sicuri.

Tabella 7- tabella mercato cosmetico italiano

https://www.cosmeticaitalia.it/documenti/a_centrostudi/beauty_report/Rapporto-Annuale-25-integrale.pdf

Mercato cosmetico italiano																						
	2014	2015	var% 15/14	2016	var% 16/15	2017	var% 17/16	2018	var% 18/17	2019	var% 19/18	2020	var% 20/19	2021	var% 21/20	2022	var% 22/21	2023	var% 23/22	2024	var% 24/23	
Farmacia	1.799	1.827	1,6	1.825	-0,1	1.862	2,0	1.854	-0,4	1.877	1,2	1.810	-3,5	1.866	3,1	1.951	4,6	2.098	7,5	2.218	5,7	
Profumeria	1.992	2.010	0,9	2.028	0,9	2.018	-0,5	2.048	1,5	2.093	2,2	1.548	-26,1	1.877	21,3	2.217	18,1	2.532	14,2	2.774	9,5	
Mass market*	4.439	4.497	1,3	4.463	-0,8	4.515	1,2	4.563	1,1	4.597	0,8	4.425	-3,8	4.544	2,7	4.819	6,0	5.217	8,3	5.507	5,6	
Erboristeria	419	431	2,9	436	1,1	440	0,9	441	0,2	447	1,4	331	-26,0	376	13,8	378	0,5	423	12,0	446	5,3	
Vendite dirette**	523	503	-3,7	490	-2,7	494	1,0	485	-2,0	482	-0,5	338	-30,0	344	2,0	348	1,2	352	1,1	355	0,8	
E-Commerce	110	184	66,4	261	42,1	321	23,1	392	22,0	498	27,0	707	42,0	871	23,2	988	13,4	1.111	12,5	1.262	13,5	
Saloni di bellezza	232	224	-3,1	229	2,1	234	2,0	235	0,5	237	0,9	168	-29,0	184	9,5	196	6,4	207	5,3	216	4,7	
Acconciatura	572	559	-2,2	565	1,0	571	1,0	574	0,5	585	2,0	453	-22,5	499	10,1	561	12,3	589	5,0	617	4,9	
Totale	10.086	10.236	1,5	10.297	0,6	10.455	1,5	10.590	1,3	10.817	2,1	9.780	-9,6	10.563	8,0	11.458	8,5	12.530	9,4	13.395	6,9	

La Tabella 7 riporta i principali dati economici relativi ai canali di vendita del mercato cosmetico nel periodo compreso tra il 2014 e il 2024 (Cosmetica Italia - Associazione nazionale imprese cosmetiche, n.d.).

In particolare, mostra una crescita del settore che passa da 10.089 a 13.955 milioni di euro con aumento del 32.8%, ma evidenzia anche un cambiamento delle abitudini di acquisto e nelle priorità del consumatore.

Il dato più evidente è la crescita esponenziale del canale e-commerce. Oggi il consumatore utilizza il web non solo per acquistare, ma anche per informarsi, riducendo gli acquisti impulsivi a favore di scelte più consapevoli e ragionate.

Un altro dato rilevante è l'aumento del canale delle farmacie; che passa da un valore di 1.799 milioni di euro nel 2014 a 2.218 milioni nel 2024.

Questo suggerisce come il consumatore non si rivolga più alla farmacia solo in presenza di patologie cutanee, ma consideri il farmacista un punto di

riferimento anche per l'acquisto di prodotti di skincare con fattore di alta protezione.

Nel complesso, i dati evidenziano il passaggio da un acquisto stagionale a un consumo più continuo e consapevole dei prodotti cosmetici, con una crescente attenzione alla sicurezza d'impiego e agli aspetti scientifici.

3.3 Diverse tipologie di formulazioni e sviluppi futuri

La formulazione di una crema solare è un processo che prevede quattro passaggi fondamentali: scelta del design del prodotto, scelta degli ingredienti attivi, scelta del veicolo, ottimizzazione del prodotto (Figura 17).

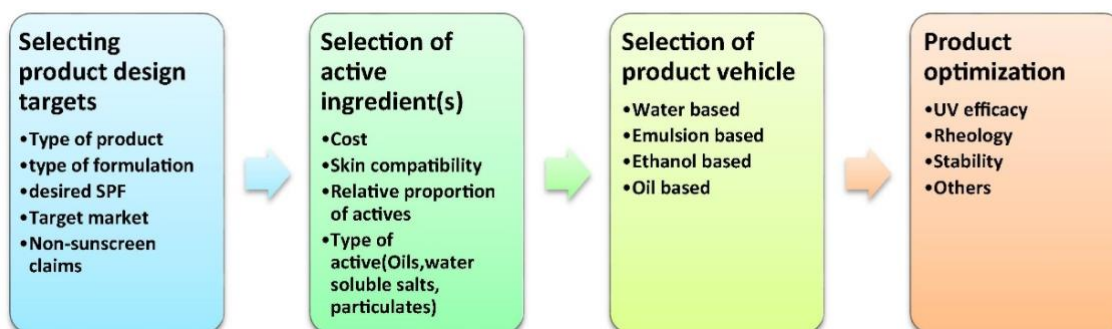


Figura 17- Fasi del processo formulativo

Sunscreen products: Rationale for use, formulation development and regulatory considerations - ScienceDirect

Una formulazione ideale deve soddisfare diversi requisiti, tra cui efficacia, protezione nei confronti di UVA e UVB, fattore di protezione solare (SPF), sicurezza, tollerabilità cutanea, stabilità, gradevolezza sensoriale, resistenza all'acqua e costo accessibile.

L'obiettivo del formulatore è quello di sviluppare un prodotto che crei un film uniforme sulla pelle; la penetrazione degli ingredienti organici sulla pelle deve essere il più limitata possibile (Tanner, 2006).

Per soddisfare i requisiti di qualità e sicurezza, il prodotto finale deve essere sottoposto a specifici controlli, tra cui test di stabilità, determinazione del pH,

valutazione dell'SPF, determinazione della resistenza all'acqua e controllo microbiologico.

Test di stabilità: vengono valutati parametri quali colore, separazione di fase e liquefazione. L'assenza di liquefazione rappresenta un indicatore di stabilità delle emulsioni (Abdassah et al., 2015).

Determinazione del pH: il pH della formulazione deve essere compatibile con la cute e con la stabilità del prodotto. Variazioni significative del pH possono favorire reazioni chimiche indesiderate e compromettere la qualità del prodotto finale (Geoffrey, K., et al., 2019)

Valutazione dell'SPF, viene eseguita in vitro mediante spettrofotometria tramite due metodi principali: un metodo basato sulla misurazione dell'assorbimento o della trasmissione delle radiazioni UV attraverso film di di crema solare applicati su piastre di quarzo e un metodo in cui le caratteristiche di assorbimento dei filtri UV presenti nella formulazione vengono determinate mediante analisi spettrofotometrica di soluzioni diluite (Mbanga et al., 2014).

Resistenza all'acqua: si prevede l'applicazione di un prodotto solare con SPF in un soggetto volontario. Successivamente si procede con l'immersione in acqua con un riposo di cinque minuti tra un intervallo e l'altro. Dopo cicli di immersione e asciugatura la determinazione dell'SPF viene effettuata secondo le linee guida e il prodotto solare è considerato resistente all'acqua se mantiene almeno il 50% del suo SPF dopo l'immersione (Poh Agin P. et al., 2006).

Valutazione microbiologica: analisi per la determinazione di *Streptococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, lieviti e muffe. Campioni di crema solare vengono inoculati nel terreno di coltura adatto all'organismo testato e incubati a temperatura ambiente (25 °C) per un determinato periodo di tempo; successivamente si procede alla conta delle colonie eventualmente presenti. Il rispetto delle buone pratiche di produzione e conservazione contribuisce a ridurre il rischio di contaminazione da parte di microrganismi potenzialmente dannosi (Smaoui et al., 2013).

Oggi in commercio i prodotti solari sono presenti in diverse formulazioni aventi caratteristiche e utilizzi diversi.

1. Emulsioni fluide (O/A): il latte solare

L'emulsione fluida rappresenta una delle forme più diffuse e utilizzate ed è caratterizzata da una bassa viscosità rispetto alla tradizionale crema. L'elevato contenuto di fase acquosa conferisce una texture fresca, leggera e con elevata spalmabilità.

2. Emulsioni consistenti (O/A o A/O): la crema solare

La crema solare rappresenta una formulazione ideale per il viso e le pelli che necessitano di un'azione emolliente. Presenta un'alta viscosità e una fase lipidica significativa. Le formulazioni A/O offrono, in particolare, una buona resistenza all'acqua poiché la fase esterna oleosa non viene rimossa dal sudore o dall'acqua. Questa tipologia di formulazione permette l'incorporazione di alte percentuali di filtri inorganici, sebbene richieda uno studio attento per evitare l'effetto scia bianca e per garantire un film cutaneo uniforme.

3. Soluzioni idroalcoliche o anidre: spray solari

Gli spray solari, grazie alla loro praticità e facilità di applicazione, sono prodotti sempre più richiesti dal mercato. Sono sistemi a bassissima viscosità erogati mediante pompe meccaniche o sistemi aerosol; le formulazioni trasparenti sfruttano veicoli alcolici o oli leggeri per solubilizzare i filtri organici. Queste formulazioni possono comportare il rischio di un'applicazione insufficiente di prodotto per unità di superficie cutanea, che con conseguente riduzione dell'SPF rispetto a quello dichiarato.

4. Sistemi monofasici lipofili: gli oli solari

Si tratta di sistemi anidri composti da miscele di oli minerali, vegetali o siliconici. In passato erano formulati con basso SPF; oggi, grazie allo sviluppo di filtri organici liposolubili di nuova generazione, possono raggiungere livelli di protezione sensibilmente più elevati.

5. Gel e stick

Gli idrogel sono sistemi acquosi polimerici particolarmente indicati per le pelli grasse o acneiche. La solubilizzazione dei filtri UV lipofili richiede l'uso di solubilizzanti o tensioattivi che possono impattare sulla tollerabilità cutanea.

Gli stick sono formulazioni anidre a base di cere o burri di consistenza solida, sono destinate a zone localizzate come labbra, naso e cicatrici. Presentano un'elevata resistenza e persistenza sulla cute e contengono spesso alte concentrazioni di filtri fisici.

La moderna tecnologia cosmetica si sta orientando verso solari capaci di coniugare la texture di un idrogel con la capacità protettiva di un'emulsione nutriente. I filtri solari di nuova generazione si distinguono per le tecnologie avanzate e i materiali innovativi con cui sono prodotti.

Tra le principali innovazioni si possono citare:

Tecnologie di microincapsulazione

Questa tecnica prevede l'inserimento di filtri UV all'interno di capsule microscopiche che si rompono a contatto con la pelle, garantendo un'elevata protezione. Secondo uno studio dell'Institute of Biomedical Science (2021), i prodotti microincapsulati possono aumentare la resistenza all'acqua del 40% rispetto alle formulazioni tradizionali.

Filtri ibridi

I nuovi filtri combinano caratteristiche dei filtri organici e inorganici per estendere la protezione non solo ai raggi UVA e UVB, ma anche alla luce visibile e agli infrarossi.

Texture “invisibile”

Grazie alla nanotecnologia, diverse formulazioni eliminano l'effetto bianco associato all'utilizzo di filtri fisici, migliorando la texture e l'aderenza sulla pelle. La nanotecnologia è in grado di sviluppare materiali con dimensioni comprese tra 1 e 100 nanometri.

Come già descritto, il Regolamento (CE) n. 1223/2009 stabilisce specifici criteri di controllo per l'impiego dei nanomateriali nei prodotti cosmetici:

1. definisce il nanomateriale come «ogni materiale insolubile o biopersistente e fabbricato intenzionalmente avente una o più dimensioni esterne, o una struttura interna, di misura da 1 a 100 nm»;
2. l'articolo 16 stabilisce che i fabbricanti e i distributori debbano notificare alla Commissione Europea almeno sei mesi prima della commercializzazione, i prodotti cosmetici contenenti nanomateriali, fornendo indicazioni sulle dimensioni delle particelle, sulle proprietà fisico-chimiche, sul profilo tossicologico, e una stima della quantità che si prevede di immettere sul mercato all'anno. Se la Commissione Europea considera insufficienti le informazioni fornite, può richiedere ulteriori informazioni all'azienda;
3. stabilisce l'obbligo di indicare in etichetta, nella lista degli ingredienti, la presenza di nanomateriali, riportando il nome della sostanza seguito dalla dicitura "nano".

- **Sicurezza dermatologica e riduzione delle allergie**

I filtri di ultima generazione sono spesso inseriti in formulazioni prive di conservanti aggressivi e di profumi artificiali per minimizzare il rischio di reazioni cutanee.

- **Soluzioni ecosostenibili**

I nuovi prodotti solari sono sempre più orientati verso l'impiego di ingredienti considerati a minor impatto ambientale e privi di alcune sostanze ritenute potenzialmente dannose per gli ecosistemi marini.

CONCLUSIONI

Alla luce delle diverse evidenze emerse, risulta evidente come la protezione solare rappresenti oggi un ambito di primaria importanza non solo per la cosmetologia, ma anche per la salute pubblica, la prevenzione oncologica e la sostenibilità ambientale. Il presente elaborato ha messo in evidenza come l'evoluzione dei filtri solari sia strettamente correlata al progresso delle conoscenze scientifiche riguardanti la fisiologia cutanea, gli effetti delle radiazioni ultraviolette e i meccanismi alla base del fotodanneggiamento e della cancerogenesi cutanea.

Pertanto, il prodotto solare non è più considerato solamente come un semplice cosmetico stagionale, bensì uno strumento di prevenzione quotidiana. L'analisi storica e normativa ha dimostrato come lo sviluppo dei prodotti solari abbia seguito un percorso complesso, passando da formulazioni orientate esclusivamente all'abbronzatura a preparazioni più efficaci e sottoposte a rigorosi controlli di sicurezza.

Le raccomandazioni e la normativa europee hanno contribuito in modo significativo a definire il moderno concetto stesso di protezione solare, introducendo criteri più stringenti in termini di efficacia, fotostabilità e tollerabilità.

Parallelamente, la crescente attenzione verso alcuni filtri UV, oggetto di dibattito sia per i possibili effetti sull'organismo sia per l'impatto sugli ecosistemi marini, ha favorito lo sviluppo di formulazioni innovative e di nuove strategie tecnologiche, finalizzate a combinare protezione, sicurezza e sostenibilità.

Un ulteriore aspetto rilevante riguarda il cambiamento del consumatore, che appare sempre più informato, selettivo e consapevole. La scelta non si basa più esclusivamente sul fattore di protezione o sulla gradevolezza della texture, ma include anche aspetti quali la composizione della formulazione, la compatibilità cutanea, la sicurezza d'impiego, la tollerabilità in soggetti sensibili e l'impatto ambientale del prodotto.

In conclusione, il futuro della fotoprotezione appare orientato verso un migliore equilibrio tra efficacia, sicurezza e sostenibilità. Le tecnologie emergenti, come la nanoincapsulazione e altri sistemi di veicolazione innovativi, aprono prospettive promettenti per migliorare la stabilità dei filtri, riducendo l'impiego di sostanze potenzialmente problematiche e valorizzando, al contempo, ingredienti di origine naturale e strategie a basso impatto ambientale.

Oggi la ricerca nel settore cosmetico non mira più esclusivamente all'efficacia, ma risponde anche a una crescente esigenza etica e culturale: tutelare la salute dell'uomo e l'ambiente. In questa prospettiva, la protezione solare evolve da semplice strumento tecnico a elemento centrale di una nuova cultura della prevenzione, fondata sulla responsabilità, sulla consapevolezza e sull'innovazione.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

Abdassah, M., Aryani, R., Surachman, E., & Muchtaridi, M. (2015). *In-vitro assessment of effectiveness and photostability avobenzone in cream formulations by combination ethyl ascorbic acid and alpha tocopherol acetate*. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 5(6), 70–74. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2015.50611>

Amaral, T., Ottaviano, M., Arance, A., Blank, C., Chiarion-Sileni, V., Donia, M., Dummer, R., Garbe, C., Gershenwald, J. E., Gogas, H., Guckenberger, M., Haanen, J., Hamid, O., Hauschild, A., Höller, C., Lebbé, C., Lee, R. J., Long, G. V., Lorigan, P., Muñoz Couselo, E., ... ESMO Guidelines Committee. Electronic address: clinicalguidelines@esmo.org (2025). Cutaneous melanoma: ESMO Clinical Practice Guideline for diagnosis, treatment and follow-up. *Annals of oncology : official journal of the European Society for Medical Oncology*, 36(1), 10–30. <https://doi.org/10.1016/j.annonc.2024.11.006>

Associazione Culturale Pediatri. (2024, 20 giugno). CS: *Filtri solari, da pediatri e dermatologi 6 regole d'oro per un'esposizione sicura*. <https://acp.it/it/2024/06/cs-filtri-solari-da-pediatri-e-dermatologi-6-regole-doro-per-unesposizione-sicura.html>

Autier, P., Doré, J. F., Négrier, S., Liénard, D., Panizzon, R., Lejeune, F. J., Guggisberg, D., & Eggermont, A. M. (1999). Sunscreen use and duration of sun exposure: a double-blind, randomized trial. *Journal of the National Cancer Institute*, 91(15), 1304–1309. <https://doi.org/10.1093/jnci/91.15.1304>

Bethea, D., Fullmer, B., Syed, S., Seltzer, G., Tiano, J., Rischko, C., Gillespie, L., Brown, D., & Gasparro, F. P. (1999). Psoralen photobiology and photochemotherapy: 50 years of science and medicine. *Journal of dermatological science*, 19(2), 78–88. [https://doi.org/10.1016/s0923-1811\(98\)00064-4](https://doi.org/10.1016/s0923-1811(98)00064-4)

BigCountryHomepage. (n.d.). *UV index: Protecting yourself from the Big Country sunshine*. <https://www.bigcountryhomepage.com/news/uv-index-protecting-yourself-from-the-big-country-sunshine/>

Borellini, U. (2018). *Manuale di cosmetologia: Dalla dermocosmesi funzionale alla cosmeceutica*. Edra.

Cavallini, F. (2025, 14 febbraio). *L'Esposoma: Il Fattore Nascosto che Influenza la Salute della Pelle*. Padova Dermatologia. <https://www.padovadermatologia.com/post/l-esposoma-il-fattore-nascosto-che-influenza-la-salute-della-pelle>

Centorrino, F. (2023, 25 gennaio). *Apparato tegumentario: tutte le caratteristiche e funzioni*. Microbiologia Italia. <https://www.microbiologiaitalia.it/didattica/apparato-tegumentario-tutte-le-caratteristiche-e-funzioni/>

Chatelain, E., & Gabard, B. (2001). Photostabilization of butyl methoxydibenzoylmethane (Avobenzene) and ethylhexyl methoxycinnamate by bis-ethylhexyloxyphenol methoxyphenyl triazine (Tinosorb S), a new UV broadband filter. *Photochemistry and photobiology*, 74(3), 401–406. [https://doi.org/10.1562/0031-8655\(2001\)074<0401:pobmaa>2.0.co;2](https://doi.org/10.1562/0031-8655(2001)074<0401:pobmaa>2.0.co;2)

Chen, S. T., Geller, A. C., & Tsao, H. (2013). Update on the Epidemiology of Melanoma. *Current dermatology reports*, 2(1), 24–34. <https://doi.org/10.1007/s13671-012-0035-5>

Chimicamo. (n.d.). *Ossibenzone*. <https://www.chimicamo.org/>

Cleveland Clinic. (2022, April 25). *Integumentary system: What it is, function & organs*. <https://my.clevelandclinic.org/health/body/22827-integumentary-system>

Cosmetica Italia. (2025). *57° Rapporto annuale: L'industria cosmetica in Italia* [Report]. Centro Studi Cosmetica Italia. <https://www.cosmeticaitalia.it/centro-studi/rapporto-annuale/>

COSMILE Europe. (n.d.). *Octocrylene*. <https://cosmileeurope.eu/>

COSMILE Europe. (n.d.). *Homosalate*. <https://cosmileeurope.eu/>

COSMILE Europe. (n.d.). *Butyl methoxydibenzoylmethane (Avobenzene)*. <https://cosmileeurope.eu/>

Dermaclub. (n.d.). *Tumori cutanei – sintomi e diagnosi precoce*. <https://dermaclub.it/tumori-della-pelle-neoplasie>

D'Orazio, J., Jarrett, S., Amaro-Ortiz, A., & Scott, T. (2013). UV radiation and the skin. *International journal of molecular sciences*, 14(6), 12222–12248. <https://doi.org/10.3390/ijms140612222>

Downs, C. A., Kramarsky-Winter, E., Segal, R., Fauth, J., Knutson, S., Bronstein, O., Ciner, F. R., Jeger, R., Lichtenfeld, Y., Woodley, C. M., Pennington, P., Cadenas, K., Kushmaro, A., & Loya, Y. (2016). Toxicopathological Effects of the Sunscreen UV Filter, Oxybenzone (Benzophenone-3), on Coral Planulae and Cultured Primary Cells and Its Environmental Contamination in Hawaii and the U.S. Virgin Islands. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 70(2), 265–288. <https://doi.org/10.1007/s00244-015-0227-7>

European Chemicals Agency. (n.d.). *European Chemicals Agency (ECHA)*. <https://echa.europa.eu/>

European Commission. (2006). *Commission recommendation of 22 September 2006 on the efficacy of sunscreen products and the claims made relating thereto (2006/647/EC)*. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32006H0647>

European Commission. (2023). *Commission Regulation (EU) 2023/2055*. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/>

European Commission. (n.d.). *Octocrylene – public health information*. <https://health.ec.europa.eu/>

European Parliament & Council of the European Union. (2009). *Regulation (EC) No 1223/2009 of the European Parliament and of the Council of 30 November 2009 on cosmetic products*. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:32009R1223>

Fondazione AIRC per la ricerca sul cancro. (2023, 13 novembre). *Tumori della pelle: Sintomi, prevenzione, cause*,

diagnosi. <https://www.airc.it/cancro/informazioni-tumori/guida-ai-tumori/tumori-della-pelle>

Fondazione IEO MONZINO. (2025). *Prevenzione Tumore della Pelle, Rischi e novità dalla Ricerca*. <https://www.fondazioneieomonzino.it/approfondimenti>

Geoffrey, K., Mwangi, A. N., & Maru, S. M. (2019). Sunscreen products: Rationale for use, formulation development and regulatory considerations. *Saudi pharmaceutical journal : SPJ : the official publication of the Saudi Pharmaceutical Society*, 27(7), 1009–1018. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2019.08.003>

Hoegh-Guldberg, O., Poloczanska, E. S., Skirving, W., & Dove, S. (2017). *Coral reef ecosystems under climate change and ocean acidification*. *Frontiers in Marine Science*, 4, 158. <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00158>

Informazione Ambiente. (2021). *La Radiazione Solare e l'energia emessa dal Sole*. <https://www.informazioneambiente.it/>

International Organization for Standardization. (2010). *ISO 24444:2010 Cosmetics — Sun protection test methods — In vivo determination of the sun protection factor (SPF)*. <https://www.iso.org/standard/46534.html>

International Organization for Standardization. (2012). *ISO 24442:2011 Cosmetics — Sun protection test methods — In vivo determination of sunscreen UVA protection*. <https://www.iso.org/standard/48531.html>

International Organization for Standardization. (2020). *ISO 18861:2020 Cosmetics — Sun protection test methods — Percentage of water resistance*. <https://www.iso.org/standard/76527.html>

Istituto Superiore di Sanità. (s.d.). Melanoma. EpiCentro. Recuperato il 6 luglio 2026, da <https://www.epicentro.iss.it/melanoma/>

Istituto Superiore di Sanità. (s.d.). *Raggi ultravioletti*. EpiCentro. Recuperato il 6 luglio 2026, da <https://www.epicentro.iss.it/uv/>

Kaur, C. D., & Saraf, S. (2010). *Development and stability of sunscreen cream*. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/>

Kiriiri, G., Mwangi, A. N., & Maru, S. M. (2019). *Sunscreen products: Rationale for use, formulation development and regulatory considerations*. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 27(7), 1009-1018. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2019.08.003>

Krutmann, J., Bouloc, A., Sore, G., Bernard, B. A., & Passeron, T. (2017). The skin aging exposome. *Journal of Dermatological Science*, 85(3), 152-161. ScienceDirect. <https://doi.org/10.1016/j.jdermsci.2016.09.015>

Liu, D., Fernandez, B. O., Hamilton, A., Lang, N. N., Gallagher, J. M. C., Newby, D. E., Feelisch, M., & Weller, R. B. (2014). UVA irradiation of human skin vasodilates arterial vasculature and lowers blood pressure independently of nitric oxide synthase. *The Journal of investigative dermatology*, 134(7), 1839-1846. <https://doi.org/10.1038/jid.2014.27>

Mansur, J. S., et al. (1986). *Determination of sun protection factor*. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/>
Martini, F. H., Nath, J. L., & Bartholomew, E. F. (2019). *Fondamenti di anatomia e fisiologia* (4^a ed.). EdiSES.

Mbanga, L., Mulenga, M., Mpiana, P. T., Bokolo, K., Mumbwa, M., & Mvingu, K. (2014). *Determination of sun protection factor (SPF) of some body creams and lotions marketed in Kinshasa by ultraviolet spectrophotometry*. *International Journal of Advanced Research in Chemical Science*, 1(8), 7-13. <https://www.arcjournals.org/international-journal-of-advanced-research-in-chemical-science/volume-1-issue-8/2>

Micali, G., Innocenzi, D., Fabbrocini, G., Monfrecola, G., Tosti, A., & Veraldi, S. (Eds.). (2011). *Le basi della dermatologia: Anatomia, fisiologia, lesioni elementari, indagini diagnostiche, correlazioni clinico-patologiche, note di terapia*. Springer.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (n.d.). *DELS-OSB-20-04 project*. <https://www.nationalacademies.org/projects/DELS-OSB-20-04>

National Center for Biotechnology Information. (n.d.). *Homosalate (CID 8362)*. PubChem. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>

National Oceanic and Atmospheric Administration. (n.d.). *Coral reef ecosystems under climate change and ocean stressors*. NOAA Library Repository. <http://repository.library.noaa.gov/>
National Ocean Service. (n.d.). *Skincare chemicals and coral reefs*. NOAA. <https://oceanservice.noaa.gov/>

One Coral Reef. (n.d.). *Sunscreen*. <https://www.onecoralreef.org/sunscreen-1>

Osterwalder, U., Sohn, M., & Herzog, B. (2014). *Inorganic sunscreens: UV filters and mechanisms. Radiation Protection Dosimetry*. Oxford University Press. <https://academic.oup.com/rpd>

Paris, C., Lhiaubet-Vallet, V., Jiménez, O., Trullas, C., & Miranda, M. A. (2009). A blocked diketo form of avobenzene: photostability, photosensitizing properties and triplet quenching by a triazine-derived UVB-filter. *Photochemistry and photobiology*, 85(1), 178–184. <https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2008.00414.x>

Passeron, T., Lim, H. W., Goh, C. L., Kang, H. Y., Ly, F., Morita, A., Ocampo Candiani, J., Puig, S., Schalka, S., Wei, L., Dréno, B., & Krutmann, J. (2021). Photoprotection according to skin phototype and dermatoses: practical recommendations from an expert panel. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology : JEADV*, 35(7), 1460–1469. <https://doi.org/10.1111/jdv.17242>

Penazzi, G. (2024, June 16). *Filtri solari: breve cronistoria della ricerca*. Cosmetica33. <https://www.doctor33.it/articolo/61302/filtri-solari-breve-cronistoria-della-ricerca>

Pinnell, S. R., Fairhurst, D., Gillies, R., Mitchnick, M. A., & Kollias, N. (2000). Microfine zinc oxide is a superior sunscreen ingredient to microfine titanium dioxide. *Dermatologic surgery : official publication for American Society for Dermatologic Surgery [et al.]*, 26(4), 309–314. <https://doi.org/10.1046/j.1524-4725.2000.99237.x>

Poh Agin P. (2006). Water resistance and extended wear sunscreens. *Dermatologic clinics*, 24(1), 75–79. <https://doi.org/10.1016/j.det.2005.08.002>

Ravanat, J. L., Douki, T., & Cadet, J. (2001). Direct and indirect effects of UV radiation on DNA and its components. *Journal of photochemistry and*

photobiology. B, Biology, 63(1-3), 88–102. [https://doi.org/10.1016/s1011-1344\(01\)00206-8](https://doi.org/10.1016/s1011-1344(01)00206-8)

Sansone, R. A., & Sansone, L. A. (2013). Sunshine, serotonin, and skin: a partial explanation for seasonal patterns in psychopathology?. *Innovations in clinical neuroscience*, 10(7-8), 20–24.

Schlumpf, M., Cotton, B., Conscience, M., Haller, V., Steinmann, B., & Lichtensteiger, W. (2001). In vitro and in vivo estrogenicity of UV screens. *Environmental health perspectives*, 109(3), 239–244. <https://doi.org/10.1289/ehp.01109239>

Schreurs, R. H., Sonneveld, E., Jansen, J. H., Seinen, W., & van der Burg, B. (2005). Interaction of polycyclic musks and UV filters with the estrogen receptor (ER), androgen receptor (AR), and progesterone receptor (PR) in reporter gene bioassays. *Toxicological sciences : an official journal of the Society of Toxicology*, 83(2), 264–272. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfi035>

Schroeder, P., Pohl, C., Calles, C., Marks, C., Wild, S., & Krutmann, J. (2007). Cellular response to infrared radiation involves retrograde mitochondrial signaling. *Free radical biology & medicine*, 43(1), 128–135. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2007.04.002>

Scientific Advisory Group on Chemical Safety. (2020). *Opinion on 4-methylbenzylidene camphor*. European Commission.

Scientific Committee on Consumer Safety. (2021). *Opinion on octocrylene*. European Commission. <https://health.ec.europa.eu/>

Scientific Committee on Consumer Safety. (2021). *Opinion on homosalate*. European Commission. <https://health.ec.europa.eu/>

Scientific Committee on Consumer Safety. (2014). *Opinion on 4-methylbenzylidene camphor*. European Commission.

Sharma, P., et al. (2018). *In-vitro assessment of sunscreen effectiveness*. *ResearchGate*. <https://www.researchgate.net/>

Slominski, A. T., Kim, T. K., Zmijewski, M. A., & Pawelek, J. (2012). *Sunshine, serotonin, and skin: A partial explanation for seasonal mood changes*. *Experimental Dermatology*, 21(11), 807–812. <https://doi.org/10.1111/exd.12002>

Smaoui, S., Ben Hlima, H., Ben Chobba, I., & Kadri, A. (2013). *Development and stability studies of sunscreen cream formulations containing three photo-protective filters*. *Arabian Journal of Chemistry*, 10(Suppl. 1), S1216–S1222. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.02.020>

Syed, D. N., Afaq, F., & Mukhtar, H. (2012). Differential activation of signaling pathways by UVA and UVB radiation in normal human epidermal keratinocytes. *Photochemistry and photobiology*, 88(5), 1184–1190. <https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2012.01115.x>

Tanner P. R. (2006). Sunscreen product formulation. *Dermatologic clinics*, 24(1), 53–62. <https://doi.org/10.1016/j.det.2005.09.002>

Tetu, S. G., et al. (2019). *Combined effects of climate change and herbicide exposure on marine organisms*. *Science of the Total Environment*. <https://www.sciencedirect.com/>

Walters, K. A. (2016). *Sunscreen products: Rationale for use, formulation, and regulation*. In K. A. Walters (Ed.), *Dermatological and transdermal formulations* (pp. 399–421). Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/>

World Health Organization. (n.d.). *Radiation: The ultraviolet (UV) index*. Retrieved July 6, 2026, from [https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/radiation-the-ultraviolet-\(uv\)-index](https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/radiation-the-ultraviolet-(uv)-index)

World Health Organization. (2003). *Sun protection in schools: An educational package*. <https://www.who.int/>

World Health Organization. (n.d.). *World Health Organization*. <https://www.who.int>

Yang, L., He, X., Ru, S., Zhang, Y., & al. (2024). *Herbicide leakage into seawater impacts primary productivity and zooplankton globally*. *Nature Communications*, 15, 1783. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-46059-4>

Zicail. (2026). *Spiegazione della classificazione delle creme solari PA: cosa significa PA+ per la protezione UVA*. <https://www.zicail.com/it/simbolo-della-protezione-solare-pa/>

