

# Topické versus orální látky s fotoprotektivním účinkem

Denisa Malíková

---

Bakalářská práce  
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Akademický rok: 2022/2023

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Denisa Malíková**  
Osobní číslo: **T20499**  
Studijní program: **B0711A130009 Materiály a technologie**  
Specializace: **Biomateriály a kosmetika**  
Forma studia: **Kombinovaná**  
Téma práce: **Topické versus orální látky s fotoprotektivním účinkem**

## Zásady pro vypracování

Vypracujte přehled aktuálních prvků fotoprotekce.

Zaměřte se na topicky a orálně aplikované látky s protekčním, reparačním a regeneračním vlivem na pokožku.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

**Seznam doporučené literatury:**

- [1] Gonzales S, Gilaberte Y, Philips N, Juarranz A. Current Trends in Photoprotection – A New Generation of Oral Photoprotectors. *The Open Dermatology Journal* 2011, 5:6-14.
- [2] Menter JM, Hatch KL. Clothing as solar radiation protection. *Curr Probl Dermatol* 2003, 31:50-63.
- [3] Dain SJ. Sunglasses and sunglass standards. *Clin Exp Optom* 2003, 86(2):77-90.
- [4] Dinkova-Kostova AD. Phytochemicals as Protectors Against Ultraviolet Radiation: Versatility of Effects and Mechanisms. *Planta Med* 2008, 74(13):1548-1559. DOI: 10.1055/s-2008-1081296.
- [5] Stahl W, Heinrich U, Aust O, Tronnier H, Sies H. Lycopene-rich products and dietary photoprotection. *Photochem Photobiol Sci* 2006, 5(2):238-42.
- [6] Eberlein-Konig B, Ring J. Relevance of vitamins C and E in cutaneous photoprotection. *J Cosmet Dermatol* 2005, 4(1):4-9.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jana Pavlačková, Ph.D.**  
Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Datum zadání bakalářské práce: **1. února 2023**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2023**

L.S.

---

**prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.**  
děkan

---

**doc. Ing. Marián Lehocký, Ph.D.**  
ředitel ústavu

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### **Prohlašuji,**

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Cílem této bakalářské práce je teoretické zkoumání dostupných zdrojů problematiky topických a orálních látek s fotoprotektivním účinkem. V úvodní části je rozebrána anatomie, fyziologie a fototypy kůže, které ovlivňují reakci na sluneční záření. Následuje analýza ultrafialového záření a jeho specifických účinků na kůži. Stěžejní část práce zahrnuje literární rešerši topických fotoprotektivních látek, včetně jejich mechanismů účinku. V závěru byl proveden přehled o orální fotoprotekci, která zahrnuje perorálně užívané látky poskytující určitou ochranu proti slunečnímu záření.

Klíčová slova: topická fotoprotekce, orální fotoprotekce, ultrafialové záření, organické filtry, anorganické filtry, UV protekce

## **ABSTRACT**

The aim of this bachelor thesis is to theoretically investigate the available sources on the topic of topical and oral substances with photoprotective effects. The introductory part of the thesis examines the anatomy, physiology, and phototypes of the skin, which influence the response to sunlight. This is followed by an analysis of ultraviolet radiation and its specific effects on the skin. The main part of the thesis includes a literature review of topical photoprotective substances, including their mechanisms of action. Finally, an overview of oral photoprotection is provided, which encompasses orally administered substances that offer certain protection against sunlight.

Keywords: topical photoprotection, oral photoprotection, ultraviolet radiation, organic filters, inorganic filters, UV protection

Tímto bych chtěla vyjádřit nesmírnou vděčnost vedoucí mojí bakalářské práce, paní Ing. Janě Pavlačkové, Ph.D. za její podporu, cenné rady, ochotu, trpělivost a návrhy na zlepšení bakalářské práce. Moje poděkování směřuje také k mé rodině a blízkým, kteří mě vždy podporovali po celou dobu mého studia.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>1 KŮŽE</b> .....	<b>9</b>
1.1 ANATOMIE KŮŽE .....	9
1.2 FYZIOLOGIE KŮŽE .....	10
1.3 KOŽNÍ FOTOTYPY .....	11
<b>2 ULTRAFIALOVÉ ZÁŘENÍ</b> .....	<b>12</b>
2.1 ROZDĚLENÍ UV ZÁŘENÍ.....	13
2.2 INTERAKCE SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ S KŮŽÍ .....	14
2.2.1 Účinky UV záření na kůži.....	14
2.2.2 Akutní změny kůže po expozici UV záření .....	15
2.2.3 Chronické změny kůže po expozici UV záření.....	17
<b>3 FOTOPROTEKCE</b> .....	<b>19</b>
3.1 HISTORIE FOTOPROTEKCE .....	19
3.2 LEGISLATIVA VZTAHUJÍCÍ SE KE KOSMETICKÝM PŘÍPRAVKŮM .....	20
<b>4 TOPICKÁ FOTOPROTEKCE</b> .....	<b>21</b>
4.1 OCHRANNÉ PŘÍPRAVKY PROTI SLUNĚNÍ – SUNSCREENY .....	21
4.1.1 Ochranný faktor – SPF .....	23
4.2 FILTRY ULTRAFIALOVÉHO ZÁŘENÍ .....	23
4.2.1 Chemické UV filtry .....	24
4.2.2 Minerální UV filtry .....	32
4.2.3 Hybridní UV filtry.....	34
4.2.4 Přírodní oleje .....	35
4.3 REGENERACE KŮŽE PO OPALOVÁNÍ .....	35
<b>5 ORÁLNÍ FOTOPROTEKCE</b> .....	<b>37</b>
5.1.1 Deriváty vitaminů.....	37
5.1.2 Živočišné a rostlinné extrakty .....	38
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>40</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>41</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>46</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>48</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>49</b>

## ÚVOD

V dnešní době se velkým trendem stává opalování, které také představuje jeden z hlavních motivů dovolené u moře. Ovšem nepřiměřená expozice slunečnímu záření bez adekvátní ochrany může mít nepříznivý vliv na naši kůži. Na druhou stranu jsou sluneční paprsky nepostradatelné pro náš organismus, například kvůli syntéze vitamínu D nebo k navození pocitu psychické svěžesti. K vystavování se přirozenému slunečnímu záření dochází téměř každý den, je proto důležité zvolit adekvátní fotoprotekci, která zmírní nebo zcela zamezí negativním účinkům slunečního záření na naši kůži.

Sluneční záření, které dopadá na zemský povrch, je složeno ze spektra paprsků různé vlnové délky, čemuž se také konkrétně bude věnovat tato práce. Na kůži má z biologického hlediska nejvýznamnější vliv ultrafialové (UV) záření. Ultrafialové paprsky pronikají hluboko do naší kůže, kde způsobují kaskádu reakcí, které vedou ke generování reaktivních forem kyslíku a dochází tak k poškození buněčných složek. Poškozené kožní buňky iniciují zánětlivé reakce, které způsobují dermatitidu kůže. Při dlouhodobém vystavování se slunečnímu záření bez odpovídající fotoprotekce může docházet ke chronickému poškození kůže, jejímu stárnutí, oslabení imunity, vzniku mutací a rakoviny [1].

Ochrana proti slunečnímu záření by proto pro nás měla být každodenní rutinou. Na trhu je dnes v nabídce spousta kosmetických přípravků, které obsahují UV filtry. Kromě ochrany pokožky topicky, pomocí přípravků proti slunění tzv. sunscreenů, jsou dostupné i antioxidanty, které pronikají kůží a chrání pokožku zevnitř. Sunscreeny dělíme na několik typů dle použitého filtru UV záření. Samozřejmostí je přítomnost UV filtrů i v přípravcích jako jsou denní krémy, vlasové přípravky nebo dekorativní kosmetika. Zmiňovanou topickou fotoprotekci je možné doplnit orální fotoprotekcí, do které řadíme především deriváty vitamínů a extrakty. Důležitou a nezbytnou součástí je i ošetření, regenerace a hydratace kůže po slunění, k tomuto speciálně vyvinutými přípravky.

Z nepřeberného množství kosmetických přípravků, které jsou v dnešní době dostupné na trhu, si každý může vybrat dle svých preferencí. Naše kůže má pouze omezenou schopnost regenerace, proto o ni každý den důsledně pečujeme kvalitními fotoprotektivními přípravky.



# 1 KŮŽE

Kůže (*cutis*) je protektivní mnohotvárný orgán, který tvoří asi 15 % celkové tělesné hmotnosti dospělého člověka a je tak největším orgánem lidského těla. Souvisle pokrývá celé tělo a při tělesných otvorech plynule přechází ve sliznice. Tento orgán představuje rozhraní mezi lidským tělem a vnějším prostředím, plní tak mnoho životně důležitých funkcí. Kůže se dělí na několik vrstev, z nichž každá má své specifické postavení a funkci. Hlavní části kůže se nazývají: pokožka, škára a podkožní vazivo. V první řadě kůže plní především ochrannou funkci před vnějšími chemickými, fyzikálními nebo biologickými jevy. Tyto faktory prostředí mohou způsobit změny v epidermální bariéře a tím i vzhled či fyziologii kůže [2, s. 507], [3, s. 3], [4, s. 203].

## 1.1 Anatomie kůže

Rozsah lidské kůže závisí na tělesných proporcích a velikosti těla, obvykle měří 1,5–2 m<sup>2</sup> a její hmotnost představuje zhruba 15 % celkové tělesné hmotnosti dospělého jedince. Rozlišujeme tři vrstvy tkáně: pokožka (*epidermis*), škára (*dermis*) a podkožní vazivo (*tela subcutanea*). Jednotlivé vrstvy jsou integrální součástí kůže a mají svoji funkční roli. Tloušťka kůže je různá podle jednotlivých částí těla. Oční víčko má například nejtenčí vrstvu, měřící méně než 0,1 mm, zatímco na chodidlech najdeme kůži měřící přibližně 1,5 mm. Ke kůži náleží také nezbytné kožní deriváty, jako jsou: chlupy, nehty, mazové a potní žlázy [4, s. 203], [5, s. 1], [6, s. 137].

### Pokožka

Je nejvrchnější vrstva kůže složená z mnohvrstevnatého dlaždicovitého rohovatějícího epitelu. Tvoří ochrannou fyzickou a biologickou bariéru před dráždivými látkami, patogeny a celkově vnějším prostředím. Pokožka se skládá z 5 histologických vrstev od nejhlubší po nej povrchnější: *stratum basale*, *stratum spinosum*, *stratum granulosum*, *stratum lucidum* a *stratum corneum*. Až 80 % buněk v pokožce tvoří ektodermální keratinocyty, nalézají se zde však další, neméně důležité buněčné populace, jsou to především: dendritické buňky, melanocyty, Langerhansovy buňky a Merkelovy buňky, sloužící jako receptory v dlaních a chodidlech. Melanocyty syntetizují specifický pigment melanin, který poskytuje kůži zabarvení. Klíčovou roli v imunologické funkci proti patogenům mají Langerhansovy buňky. Kožní deriváty, například nehty a chlupy, sice pocházejí z pokožky, ale prorůstají až do hlubších vrstev kůže [4, s. 203–206], [5, s. 2], [7, s. 4–6].

## Škára

Je tvořena vazivovou tkání s bohatou sítí volných nervových zakončení, specializovaných hmatových tělísek a termoreceptorů. Jsou zde četné cévní pleteně, sítě kapilár, ale také žlázy, chlupy a nehty. Ve škáře se vyskytuje i hladká svalová tkáň, jejíž svalové buňky směřují k vlasovým pochvám a při kontrakci vylučují sekret z kožních žláz. Mazové žlázy, které jsou také součástí škóry, ústí do vlasových pochev. Elasticitu, roztažitelnost a pevnost kůže v určitých směrech zajišťují speciálně orientovaná pružná vlákna, která jsou neustále mechanicky namáhána [2, s. 509], [6, s. 137].

## Podkožní vazivo

Vrstva se také nazývá podkožní tuk (*hypodermis*), nachází se pod škárou, která je tvořena sítěmi kolagenních a elastických vláken. Tato nejhlubší vrstva kůže slouží především k termoregulaci, tlumení nárazů a funguje i jako strukturální podpora kůže. Podkožní vazivo je schopné deponovat v buňkách značné množství tukových kapének, které slouží jako zásobárna energie. V různých místech obsahuje více či méně tukových buněk [2, s. 509], [5, s. 3].

## 1.2 Fyziologie kůže

Lidská kůže plní nespočet životně důležitých funkcí, mezi nejdůležitější patří funkce ochranná. Kůže tvoří jak mechanickou, tak chemickou bariéru proti vnější vlivům. Chemická bariéra spočívá v tvorbě kožního mazu mazovými žlázami, které jej uvolňují do vlasových folikulů. Kožní maz společně s potem nám poskytují ochranu proti mikroorganismům, a to hlavně díky obsahu antibakteriálních látek a kyselému pH. Kůže nás chrání i proti UV záření, které může poškozovat naše buňky, zároveň však plní funkci konverze prekurzorů vitamínu D. Za tuto ochranu jsou zodpovědné buňky zvané melanocyty, které produkují pigment melanin a transportují jej do keratinocytů. Kůže také disponuje schopností zachytit i segment infračerveného záření (IR). Přes senzorické receptory v kůži vnímáme doteky, vibrace, bolest či teplotu. Nesmíme zapomenout, že má význam i při neverbální komunikaci mezi lidmi, jelikož prostřednictvím kůže vyjadřujeme mimikou emoce [4, s. 206], [8, s. 476].

### 1.3 Kožní fototypy

Je všeobecně známo, že kůže vlastní určité mechanismy, kterými se chrání proti negativnímu působení UV záření. Mezi tyto mechanismy patří především tloušťka rohové vrstvy a melaninová pigmentace. Zároveň reakce na oslunění není u každého člověka stejná, ale vykazuje určité rasové odchylky. Ty se projevují zejména odlišným zbarvením kůže, za což je zodpovědný pigment melanin. Melanin absorbuje a rozptyluje UV záření a chrání tak jádra kožních buněk před poškozením. Kůže každého člověka má při oslunění různě velkou tendenci k zarudnutí a následné pigmentaci, a proto se dle Fitzpatricka dělí do 6 fototypů, avšak pouze čtyři se uplatňují pro hodnocení bílé (kavkazské) rasy, viz Tab. 1. Každý kožní fototyp vykazuje určité znaky, jako je barva očí, vlasů a pleti. Všeobecně platí, že čím světlejší znaky člověk vykazuje, tím nižší má stupeň fototypu. Určení vlastního fototypu je důležité především při volbě úrovně ochranných přípravků proti slunění [9, s. 153], [10, s. 135], [11, s. 64].

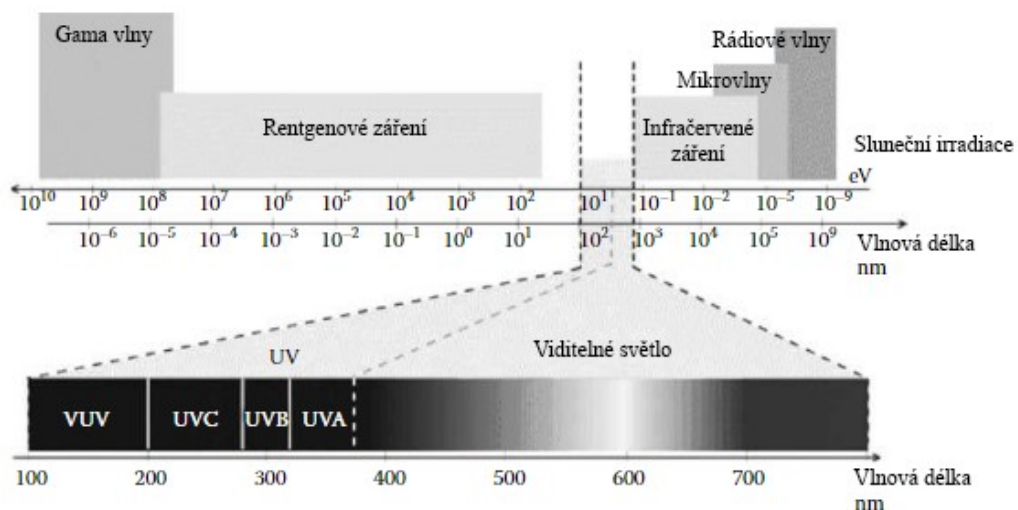
Tabulka 1 Kožní fototypy pro středoevropskou oblast – upraveno podle [12, s. 12226]

Fototyp	Fenotyp	Odezva na UV záření	Riziko rakoviny
I	velmi světlá pleť, modré/zelené oči, časté pihy	téměř vždy se spálí, neopálí se	++++
II	světlá pleť, modré až hnědozelené oči, většinou světlé vlasy	lehce se spálí, opálí se minimálně	+++ /++++
III	světlá hnědá pleť, hnědé oči, tmavé vlasy	někdy se spálí, někdy se opálí do červena	+++
IV	hnědá pleť, tmavé oči, tmavé vlasy	velmi zřídka se spálí, opálí se lehce	++

## 2 ULTRAFIALOVÉ ZÁŘENÍ

Ultrafialové světlo je elektromagnetické záření, jehož největším přirozeným zdrojem je slunce, umělým zdrojem bývají nejčastěji UV lampy. Společně s gama zářením, rentgenovým zářením, viditelným (VR) světlem (400–760 nm) a IR (760 nm–1 mm) tvoří sluneční záření, viz Obr. 1. Slunce je tedy zdrojem elektromagnetického záření a vyzařuje široké spektrum vlnových délek. Sluneční záření dopadající na zemský povrch je nezbytné pro většinu procesů na Zemi a má určitý energetický objem, z něhož asi 5 % představuje UV záření, IR tvoří 45 % a zbylých 50 % připadá na VR. Při průchodu atmosférou je filtrováno záření dopadající na zemský povrch (tzv. terestriální) a neobsahuje tak vlnové délky kratší než 290 nm, na rozdíl od záření extraterestriálního. Z hlediska fotodermatologie nás nejvíce zajímá záření s největším vlivem na kožní tkáň, což je právě UV záření, které má rozptyl vlnové délky 100–400 nm [11, s. 62], [13, s. 3], [14, s. 10–11].

Ultrafialové záření objevil v roce 1801 německý fyzik Johann Wilhelm Ritter. Při pokusu ztmavit papír nasáklý chloridem stříbrným (AgCl) se ukázalo, že za fialovým koncem viditelného spektra existuje neviditelné záření, které je schopno ztmavit nasáknutý papír rychleji než samotné fialové světlo. Neviditelné záření nazval jako dezoxidační světlo. Později se od tohoto názvu upustilo ve prospěch UV záření [13, s. 4].



Obrázek 1 Elektromagnetické spektrum – upraveno podle [15, s. 2]

## 2.1 Rozdělení UV záření

Typicky se vlnové délky UV záření pohybují v rozsahu od 100–400 nm. Tento rozsah je dále konvencí rozdělen na 3 pásma dle vlnových délek: UVA (315–400 nm), UVB (280–315 nm) a UVC (200–280 nm), viz Obr. 2. Naši kůži a zrak je vhodné chránit proti všem třem typům UV záření. V terestriálním záření se však UVC pásmo běžně nevyskytuje, jelikož je kompletně absorbováno v zemské atmosféře. Stěžejní je proto ochrana kůže a zraku především před UVA a UVB zářením [11, s. 62–64], [14, s. 11], [15, s. 2].

### UVA

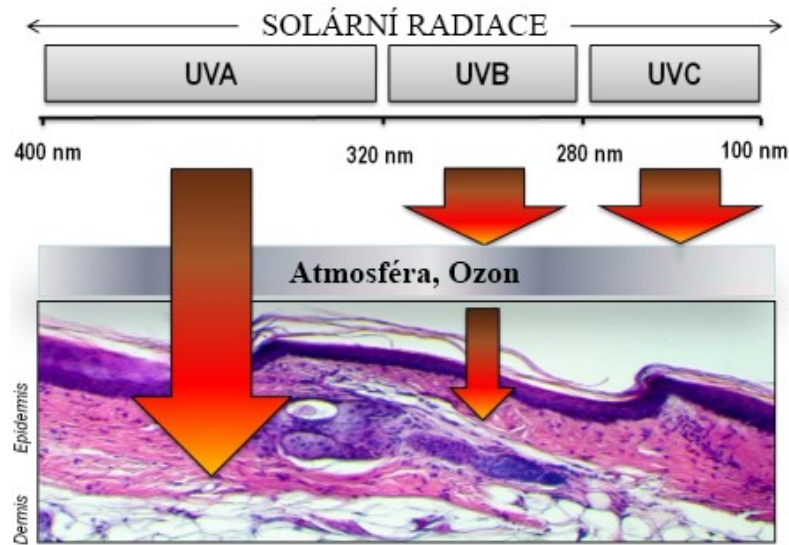
V terestriálním slunečním záření je UVA pásmo zastoupeno minimálně 4 %. Tvoří přibližně 90–95 % slunečního UV záření, které dopadá na zemský povrch. Jeho účinek na kůži je několikrát nižší než účinek UVB záření. Kůži však penetruje větší měrou do hloubky, může tedy více ovlivnit struktury vyskytující se ve škáře. Zároveň je UVA záření přítomné v téměř stejné intenzitě po celý den, dokonce proniká i skrz oblaka či sklo v oknech. Při velmi vysokých dávkách (až tisícinásobná dávka oproti UVB) může vyvolat pigmentaci i erytém. Z dlouhodobějšího hlediska souvisí především s akcelerací aktinického stárnutí kůže či imunosupresivním efektem [11, s. 62–64], [12, s. 12227], [14, s. 11].

### UVB

Na pásmo UVB připadá méně než 1 % energetického objemu slunečního záření. Proniká celou pokožkou, ovšem horní část škáry zasáhne pouze velmi malá část. Snad nejznámějším účinkem UVB záření je jeho schopnost přeměnit v kůži vitamin D na jeho aktivní metabolit. Stimuluje také novotvorbu pigmentu melaninu, který patří mezi základní obranné mechanismy lidské kůže proti UV záření. Je biologicky zodpovědné za vyvolání pigmentace či erytému pokožky (zarudnutí), které vzniká v časovém horizontu několika hodin a svého vrcholu dosahuje během 12 až 24 hodin. Čím delší je expozice kůže, tím výrazněji dochází ke vzniku erytému a puchýřů [10, s. 135], [11, s. 64], [14, s. 11].

### UVC

Pásmo UVC záření nazýváme také jako germicidní, jelikož účinně inaktivuje bakterie a viry, využívá se proto k dezinfekci laboratoří nebo zdravotnických prostorů jako jsou operační sály. Pokud se UVC fotony srazí s atomy kyslíku, vymění si energii, což způsobí tvorbu ozónu. Záření je tak během několika set metrů absorbováno [14, s. 11], [15, s. 2].



Obrázek 2 Interakce UV záření s kůží – upraveno podle [12, s. 12227]

## 2.2 Interakce slunečního záření s kůží

Jeden ze základních zákonů fotobiologie (Grothus-Draperův) vysvětluje biologický účinek záření absorpcí energie. Chromofor je světlocitlivá chemická látka, která absorbuje světelná kvanta, ovšem pouze s určitou vlnovou délkou. Absorpční spektrum charakterizuje právě tyto vlnové délky, které je chromofor schopen pohlcovat. Po absorpci energie přecházejí atomy látky nacházející se v klidu do svého excitovaného stavu. Tento jev tvoří základ fotochemických dějů, ze kterých vycházejí veškeré jevy fotobiologické [14, s. 19].

### 2.2.1 Účinky UV záření na kůži

#### Produkce melaninu

Za novotvorbu pigmentu melaninu je zodpovědné především UVB pásmo, které proniká pokožkou a stimuluje tak jeho syntézu. V reakci na vystavení se slunečnímu záření se v kůži ztlušťuje horní vrstva (*stratum corneum*), která odráží a láme UVA a UVB záření. Působí laicky řečeno jako „zrcadlo“. Záření UVA a UVB je pohlcováno melanocyty, což indukuje k vyšší produkci melaninového pigmentu (tzn. melanogenezi). Syntéza melaninu se uskutečňuje v melanocytech, které najdeme v bazální vrstvě pokožky mezi buňkami. Každý melanocyt zásobuje pomocí tenkých výběžků asi 36 keratinocytů. Melanin je zabalen a skladován ve speciálních organelách melanosomech, které jsou uvolňovány do pokožky a usazují se nad jádry epidermálních buněk, kde absorbují záření a chrání kůži. Kůže také vykazuje schopnost přizpůsobit se sezónním výkyvům, reaguje již zmíněným ztluštěním *epidermis* a melanogenezí [10, s. 22], [16, s. 1346], [17, s. 273], [18, s. 177].

## Syntéza vitamínu D

Mezi pozitivní účinky UV záření na kůži patří jeho podíl na tvorbě vitamínu D. Tento vitamin vzniká přirozeně v kůži přímou chemickou přeměnou 7-dehydrocholesterolu na cholekalciferol (vitamin D<sub>3</sub>) po expozici UVB záření. Pro adekvátní produkci vitamínu D jsou ovšem dostačující dávky daleko nižší než ty, které navozují opálení kůže. Zdravotní přínosy vitamínu D<sub>3</sub> zahrnují snížení rizika onemocnění kostí, několika typů rakoviny, roztroušené sklerózy a mnoha infekčních onemocnění. Optimální denní dávka pro dospělého člověka je v rozmezí 1000–4000 IU. Protože však UVB záření není vždy dostatečné, můžeme zvážit užívání doplňků stravy či potravin bohatých na vitamin D [12, s. 12228], [19, s. 563].

### 2.2.2 Akutní změny kůže po expozici UV záření

Změny na kůži po vystavení se slunečnímu záření mohou proběhnout v časově blízkém horizontu, v tomto případě jsou nazývány jako akutní. Pojmeme fotosenzitivita rozumíme patologicky zvýšenou citlivost kůže na sluneční záření. Některé podané léky (např. chlorpromazin, tetracyklin, nesteroidní antirevmatika) nebo topicky aplikované léky (např. dehet, bergamotový olej, rostlinné šťávy) mohou reakci umocnit. Na základě přetrvávající abnormální fotosenzitivity kůže mohou vznikat kožní onemocnění nazývané fotodermatózy, které přetrvávají v delším časovém horizontu. Kromě kožních onemocnění může akutní expozice očí vyvolat zánět rohovky a spojivky [14, s. 33], [17, s. 273].

#### Sluneční alergie (*eczema solare*)

Odborně nazývána jako polymorfní světelná erupce (PLE), solární ekzém nebo také letní prurigo. Vzniká na kůži po vystavení se slunečnímu nebo umělému UV záření, jde o reakci na antigen zprostředkovanou imunitním systémem. Jedná se zároveň o nejběžnější idiopatickou, získanou fotodermatózu, která ovlivňuje především sluncem exponované části těla, což jsou nejčastěji: hrudník, paže, předloktí a horní část zad. Zřídka postihuje i obličej. Muži jsou postiženi výrazně méně než ženy, první projevy se objevují již v mládí. Klinické projevy se obvykle objevují s latencí několika hodin, maximálně dní. Mezi příznaky řadíme svědění a pálení postižených oblastí, morfologicky rozlišujeme nejmírnější stupeň zánětlivý erytém, dále papuly, papulovesikulózní erupce, příležitostně puchýře, plaky a pupínky připomínající hmyzí štípnutí. Nemoc recidivuje v jarních měsících a dle odhadů jí trpí až 20 % obyvatel [13, s. 61–62], [14, s. 41], [20, s. 22].

### Solární dermatitida (*dermatitis solaris*)

Jedná se o zcela běžnou a často se vyskytující zánětlivou reakci kůže na sluneční záření. Po několika hodinách po expozici vzniká na kůži erytém až puchýře. Průběh závisí na délce trvání expozice, intenzitě slunečního záření a kožním fototypu. Osoby s fototypem I a II jsou náchylnější. Opakující se působení UV záření způsobuje olupování a skvrnitě hnědé pigmentace [20, s. 22].

### Fotoimunosuprese

Je narušení imunitních reakcí vyvolané UV zářením. Po expozici kůže UVB záření dochází ke kaskádě reakcí, při kterých se vstřebává energie v zevních vrstvách kůže v tzv. chromoforech, které změni svoji strukturu. Pásmo UVB inhibuje prezentaci antigenu, indukuje uvolňování cytokinů a jeho vlivem dochází k poškození DNA. Studie [22, s. 1] potvrzují, že fotoimunosuprese je rizikovým faktorem pro rozvoj karcinomu kůže. Procesem je ovlivněn celý imunitní systém, neboť kůže zahrnuje všechny buněčné typy přítomné také v sekundárních lymfatických orgánech (např. slezina, mandle, lymfatické uzliny). Kůže má však svůj vlastní imunitní systém obsahující: Langerhansovy buňky (slouží k prezentaci antigenů a aktivaci T-lymfocytů), keratinocyty (syntetizují cytokiny), T-lymfocyty a endoteliální buňky. Záření UVB snižuje hustotu Langerhansových buněk, zároveň však mění jejich morfologii a imunologické funkce [14, s. 46–47], [21, s. 4], [22, s. 1].

### Fotodermatózy

V předchozím odstavci již byla zmíněna a podrobněji probrána nejčastější fotodermatóza PLE. Jedná se však o daleko rozsáhlejší skupinu onemocnění, nicméně zde budou zmíněny pouze některé z nich. Široká škála fotodermatóz se na kůži projevuje různě, od erytému až po kopřivkové pupeny nebo edémy. Fotodermatózy můžeme dělit do čtyř hlavních kategorií. [14, s. 34–35], [23, s. 124].

První kategorií je fotosenzibilace zevními podněty, kam řadíme fototoxické a fotoalergické reakce. Tyto nemoci jsou vyvolané interakcí určitých chemických látek (fotosenzibilizátorů) s UV zářením, viz. Tab. 2. Fototoxické reakce jsou neimunologické a postihují tak každého jedince. Fotoalergické reakce jsou imunologického původu a jsou méně časté [14, s. 36], [23, s. 126].



Tabulka 2 Vybrané látky s fotosenzibilizujícím účinkem – upraveno podle [20, s. 25]

<b>Při zevním kontaktu</b>	
Rostliny obsahující furokumariny	bolševník, karotka, celer, citrusy, fíky
Anilinová a jiná barviva	ezoin, methylenová modř, rivanol, tartrazin
Zevní léčiva	beta-karoten, antiseptika, antimykotika
Kosmetické přípravky	azuleny, oleje bergamotový, levandulový, citrusový
<b>Při vnitřním podání</b>	
Antibiotika, chemoterapeutika	tetracykliny, sulfoamidy, doxycyklin
Hormony	estron, kombinace estrogenů s gestageny
Psychofarmaka	diazepam, fenytoin, barbituráty, haloperidol

Druhou kategorii nazýváme získané idiopatické fotodermatózy nebo také imunologicky zprostředkované. Kromě již zmíněného solární ekzému (*eczema solare*) sem patří aktinické *prurigo* nebo také solární kopřivka. Aktinické *prurigo* je v Evropě poměrně vzácné, postihuje jedince především v útlém věku a přechází do dospělosti. Projevuje se silně svědicími papulami. Solární kopřivka (*urticaria solaris*) se projevuje převážně u mladších dospělých žen vznikem kopřivky několik minut po vystavení se UV záření. Několik hodin po oslunění nálezy mizí [14, s. 34], [20, s. 22], [23, s. 126].

Do další kategorie takzvaných poruch reparace DNA řadíme např. *xeroderma pigmentosum*, Cockayneův syndrom nebo Bloomův syndrom. Poslední skupinou jsou dermatózy, které se zhoršují světlem [14, s. 35], [23, s. 126].

### 2.2.3 Chronické změny kůže po expozici UV záření

Expozice UV záření vyvolává mimo akutních i změny chronické, ty zpravidla vznikají po dlouhodobém a opakovaném vystavování se slunečnímu záření. K hlavním chronickým změnám kůže řadíme photoaging a fotokarcinogenezi. Jejich původ zřejmě souvisí s fotoimunosupresí a s akutními poškozeními kůže [11, s. 64], [14, s. 47].

Photoaging (stárnutí kůže, *heliodermatitis*)

Photoaging spočívá v urychlení přirozeného procesu stárnutí kůže, tedy předčasném stárnutí pleti. I když je pro většinu lidí především estetickým a kosmetickým problémem, v pozadí se mohou skrývat i závažnější nálezy. V kůži se totiž může vyskytovat množství benigních, premaligních a maligních novotvarů, což může vést k rakovině kůže. Vzhledově je kůže vrásčitá, nažloutlá, zhrubělá a suchá. Fotostárnutí je výsledkem působení UVA a UVB

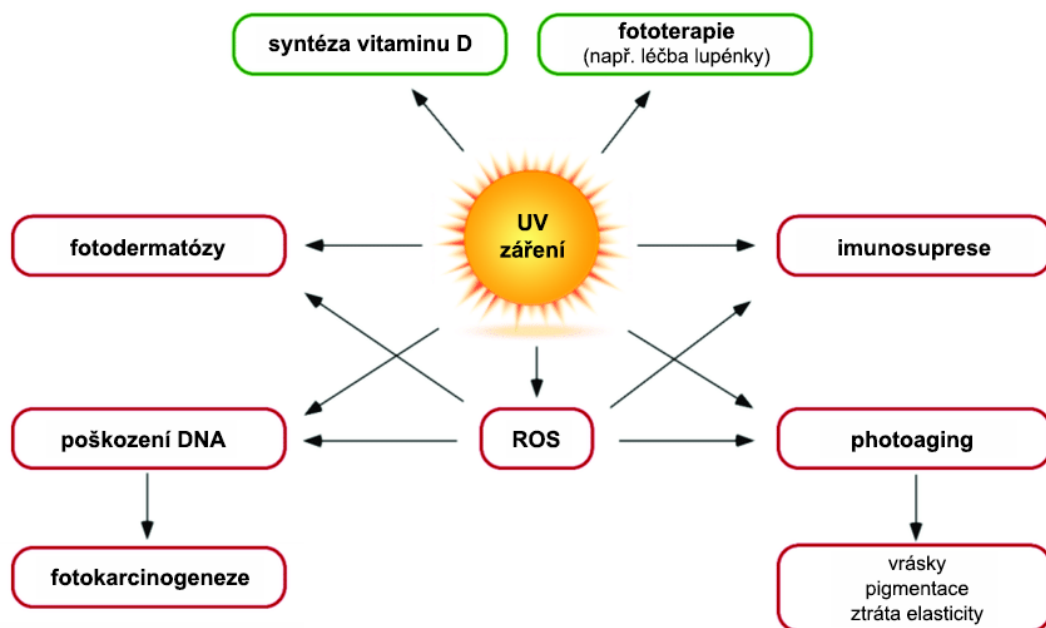
záření, jelikož způsobují poškození kůže v jejích různých vrstvách. Zvýšením proteolytické aktivity dochází k degradaci elastických a kolagenových vláken v *dermis* [11, s. 64], [13, s. 22], [14, s. 48].

### Fotokarcinogeneze

Rakovina kůže je velice časté onemocnění kůže, přičemž výskyt karcinomu je extrémně vysoký především u pacientů s chronickou imunosupresí žijících v oblastech intenzivního slunečního svitu. V dnešní době pozorujeme celosvětový strmý nárůst výskytu kožních malignit. Poškození ozonové vrstvy chemickými látkami či dnešní trend bronzového opálení kůže patří mezi nezanedbatelné příčiny tohoto nárůstu. Významnou roli v prevenci tvorby neoplastických buněk (a tím rakoviny) hraje i imunita. Bylo prokázáno [22, s. 1], že určité rostlinné látky (polyfenoly ze zeleného čaje, proanthokyanidiny z hroznových jader) inhibují fotokarcinogenezi a supresi imunity vyvolanou UV zářením [22, s. 3], [24, s. 112].

Ultrafialové záření ovlivňuje řadu procesů v těle, poškozuje DNA a tím vyvolává tvorbu volných kyslíkových radikálů (ROS). Tyto skutečnosti mohou vyústit ve vznik různých typů kožních nádorů. Bazaliom, spinaliom a maligní melanom řadíme mezi nejčastější formy kožních malignit [24, s. 111, 113].

Veškeré výše zmiňované účinky UV záření rekapituluje Obr. 3.



Obrázek 3 Účinky UV záření na kůži: pozitivní (zelené) a negativní (červené) – upraveno podle [21, s. 5]

### 3 FOTOPROTEKCE

Na Zemi dopadá sluneční záření, které je jednou z nezbytných podmínek pro existenci velké části živých organismů. Jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách, nejvíce lidský organismus, a především kůži ovlivňuje UV záření. Záření má za následek jak akutní, tak chronické změny lidské kůže. Naše tělo se však proti záření přirozeně chrání prostřednictvím melaninové pigmentace a tloušťkou rohové vrstvy viz. kapitola 2.2. Interakce slunečního záření s kůží. Tyto vlastnosti souhrnně nazýváme přirozené faktory ochrany kůže (tzn. přirozená fotoprotekce) a je jimi determinován náš kožní fototyp popsáný v kapitole 1.3. Přirozenou fotoprotekci je však vhodné doplnit topickou či orální fotoprotekcí [17, s. 273], jejichž problematika je blíže popsána v následujících kapitolách 4 a 5.

Nevystavovat se slunečním paprskům je takřka nereálné, proto dnes existuje několik možností, jak se před jejich působením chránit. Studie [13, s. 89] dlouhá léta prokazovaly škodlivé účinky UV záření, fotoprotekce je tedy nesmírně důležitý aspekt v péči o ochranu pokožky. Ochrana kůže zahrnuje všechna opatření, která chrání kůži před negativními účinky UV záření, které je emitováno sluncem. Fotoochrana celkově zahrnuje vyhýbání se ostrému polednímu slunci v čase mezi 10:00–16:00, nošení ochranných oděvů (včetně klobouku, slunečních brýlí a šátku), které chrání pokožku a oči před UV zářením a topické aplikování přípravků proti slunění tzv. sunscreenů. Je důležité dodržovat tyto kroky celoročně, nejen během léta nebo na pláži. Ultrafialové záření totiž může proniknout skrz mraky i sklo, jak je zmíněno v kapitole 2. Na trhu je v nabídce mnoho typů sunscreenů, které jsou určeny pro různé typy kůže, úrovně ochrany a způsoby použití, tato problematika je detailněji popsána v kapitole 4.1 [13, s. 96], [17, s. 273–274].

#### 3.1 Historie fotoprotekce

Není jisté, kdy přesně lidé začali chránit svoji pokožku před slunečním zářením. Již v roce 4000 př. n. l. Egypťané využívali výtažků z rýžových otrub, vlčího bobu a jasmínu k ochraně před sluncem. V Indii i Egyptě byla pozornost věnována také materiálům jako je vlna, len a bavlna, především ke zhotovení krycích oděvů. Nutnost chránit se nás tedy provází již mnoho let. Také starověcí Řekové si v roce 500 př. n. l. při tréninku na olympijské hry kůži chránili směsí olivového oleje a písku. V témže roce byl v indické literatuře objeven pushpanjan (oxid zinečnatý), který je dodnes využívaný jako minerální UV filtr. Potřeba světlé alabastrové pleti provázela ženy až do roku 1920, kdy se tento trend změnil a myšlenka

„opalování“ se zejména v západní kultuře stala populárnější [14, s. 62], [25, s. 929], [26, s. 1–2].

Friedrich Hammer v roce 1891 v Německu doporučil používat první chemický sunscreen, kdy k výrobě použil okyselený sulfát chininu v masti. V roce 1910 Dr. Unna prosazoval aesculin (extrakt z kaštanu) a uvedl jej na trh pod názvem „Zeozon“ a „Ultrazeon“. V průběhu roku 1935 byl představen olej na opalování „Ambre Solaire“, s obsahem benzylsalicylátu a kyseliny para-aminobenzoové (PABA) [14, s. 63], [26, s. 1–2].

### **3.2 Legislativa vztahující se ke kosmetickým přípravkům**

Ochranné přípravky proti slunění v současnosti podléhají velmi přísným nařízením Evropské unie. Pro účely doporučení Komise 2006/647/ES o účinnosti prostředků na ochranu proti slunečnímu záření a o uváděných tvrzeních [27], která s nimi souvisí se prostředkem na ochranu proti slunečnímu záření rozumí jakýkoliv přípravek (např. krém, olej, gel nebo sprej) určený k aplikaci na lidskou pokožku, jehož výhradním či převážným účelem je chránit ji před UV zářením pohlcením, rozptylem či odrazem záření. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1223/2009 [28] ze dne 30. listopadu 2009 o kosmetických přípravcích (přepracované znění) společně s Doporučením Komise 2006/647/ES [27] podléhají pouze kosmetické přípravky určené pro trh v Evropě.

## 4 TOPICKÁ FOTOPROTEKCE

Topická fotoprotekce se využívá za účelem ochrany pokožky před slunečním zářením a jeho škodlivými účinky. Jedná se o ochranu prostřednictvím kosmetických přípravků, které se aplikují přímo na povrch lidské kůže. Tyto kosmetické přípravky se nazývají sunscreeny nebo také přípravky proti slunění a mohou být na trh uvedeny v několika různých formách, jako jsou například krémy, gely, spreje, tyčinky, oleje nebo balzámy. Ochranné kosmetické přípravky obsahují různé složky (např. UV filtry, antioxidanty, hydratační látky a vitaminy), které pomáhají s ochranou pokožky. Filtry UV záření včetně jejich rozdělení jsou blíže popsány v následujících kapitole 4.2. Nejčastějšími přísadami bývají různé chemické sloučeniny – organické filtry (např. benzofenony, avobenzony, cinnamáty) a minerální filtry (např. oxid zinečnatý nebo oxid titaničitý). Je důležité zvolit přípravek s odpovídajícím faktorem ochrany (Sun Protection Factor – SPF) který odpovídá typu pokožky a intenzitě slunečního záření, viz Kapitola 4.1.1 [11, s. 64], [14], [29].

### 4.1 Ochranné přípravky proti slunění – sunscreeny

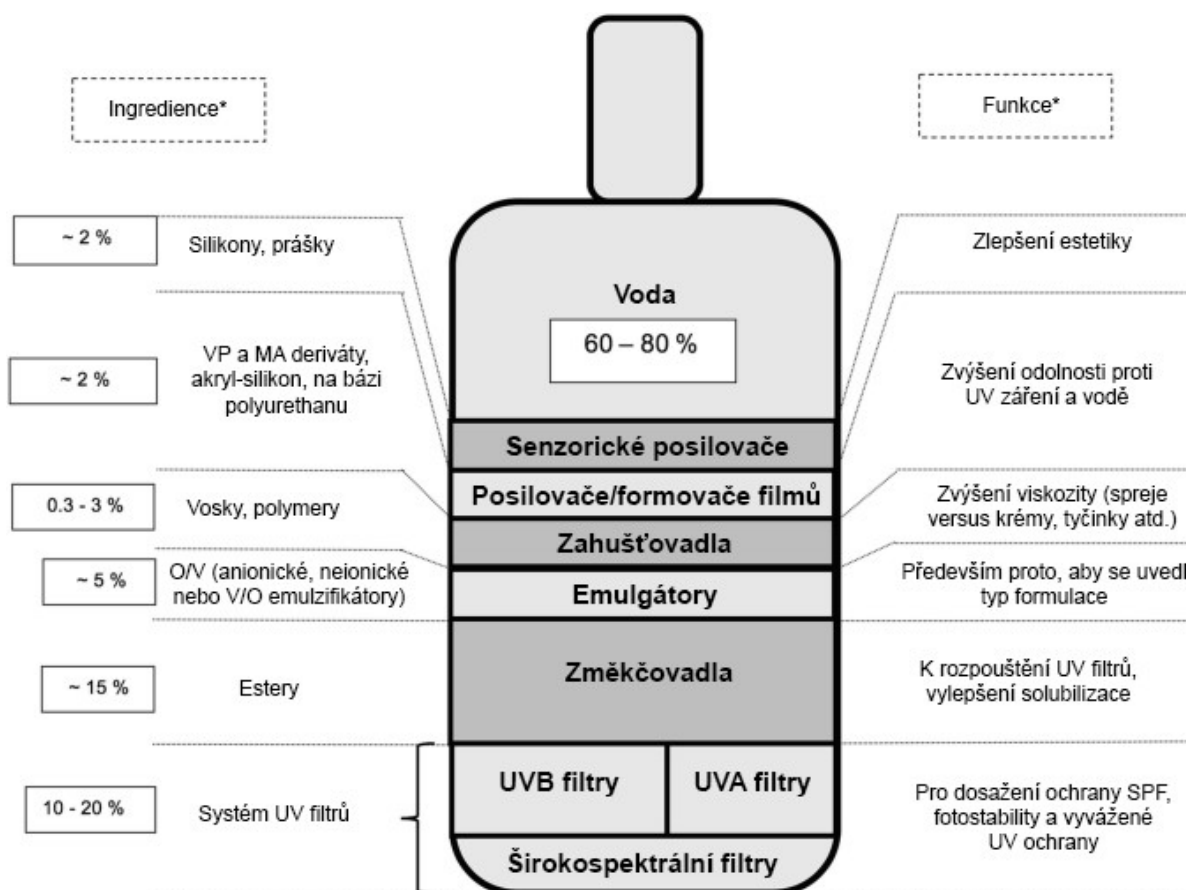
Nanáší se na kůži s cílem ochránit její struktury a funkce před aktinickým poškozením. Sunscreeny jsou dostupné v různých formách a dle mechanismu ochranného účinku obsahují odlišné druhy UV filtrů. Tyto filtry mohou být organické (chemické), které absorbují UV záření a transformují ho na teplo, nebo anorganické (minerální), které fungují jako fyzikální bariéra. Do přípravku proti slunění je obvykle začleněno více organických sloučenin, především k poskytnutí vysoké ochrany v širokém spektru UVA i UVB. Anorganické částice mohou rozptylovat mikročástice v horních vrstvách kůže, čímž roste optická dráha fotonů a to vede k jejich vyšší absorpci a zvýšení SPF [14, s. 76], [29, s. 1012].

Sunscreen se může vyskytovat v několika různých formách, které jsou vhodné pro různé klinické či kosmetické stavy. Celkově by měl být výběr formulace založen na preferencích uživatele a jeho typu pleti. Organické sunscreeny vytvářejí na povrchu pokožky souvislý tenký film, ovšem pronikání organické složky do pokožky by mělo být minimalizováno. Nejčastější formou jsou snadno aplikovatelné a roztíratelné krémy a lotiony. K dalším formám patří oleje, gely, emulze, pěny, aerosoly nebo tyčinky. Anorganické sunscreeny jsou formulovány jako pasty, emulze a masti [14, s. 88], [29, s. 1013], [30, s. 51, 166].

I přes vysokou rozmanitost dostupných forem na trhu stále dominují klasické lotiony, krémy a gel/krémy tvořící až 60 % produktů uvedených na trh. V Evropě zůstávají také velmi oblíbené emulzní spreje, pěny, tyčinky, pudry a oleje. Existuje také značné množství

dekorativní kosmetiky s SPF. Může být v podobě krémů, make-upů, pudrů, rtěnek nebo očních stínů. Je důležité zmínit, že dekorativní kosmetika s SPF nemusí nutně disponovat dostatečně vysokou ochranou, a proto je většinou vhodné ji používat jako doplněk ke klasickým formám ochrany [14], [29], [31, s. 68-69].

Emulzní sunscreensy bývají nejčastěji typu O/V (olej ve vodě) nebo V/O (voda v oleji). Typické složení sunscreenu můžeme vidět na Obr. 4. Kosmetický přípravek je velmi důležité aplikovat v dostatečném množství alespoň 15–30 minut před vystavením se slunci a také opakovaně během dne, zejména po kontaktu s vodou (plavání, koupání) či pocení, jelikož tímto dochází k rychlému smývání přípravku a kůže se tak stává nechráněnou [14, s. 78, 85], [30, s. 189].



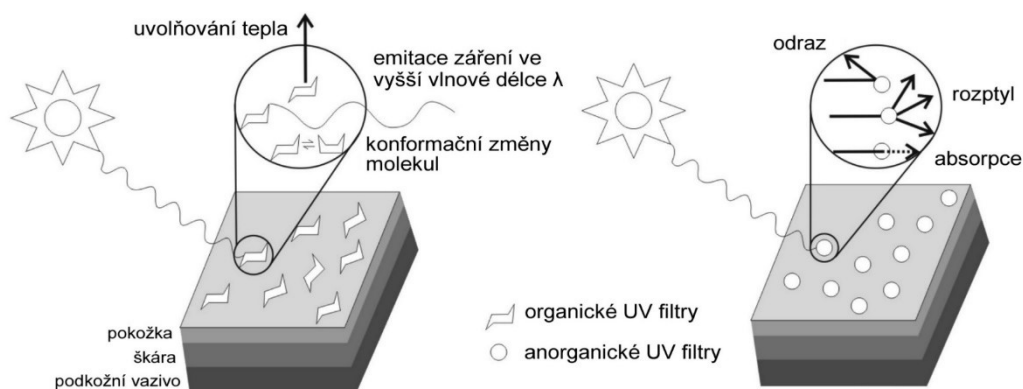
Obrázek 4 Typické složení sunscreenu – upraveno podle [30, s. 189]

#### 4.1.1 Ochranný faktor – SPF

Označení SPF na přípravcích udává jeho úroveň ochrany proti UVB záření. Vypočítává se pomocí měření poměru minimální erytérové dávky (MED) pokožky, na kterou bylo aplikováno 2 mg/cm<sup>2</sup> přípravku ku MED kůže nechráněné. Minimální erytérová dávka je minimální dávka slunečního záření, která způsobí zarudnutí kůže, což je příznak slunečního spálení. Vypočtené SPF poté udává, kolikrát je možné prodloužit expozici slunečnímu záření bez erytému. Nutnost ochrany kůže je však i v oblasti UVA záření, proto je důležité vybírat přípravky s UV ochranou (tzv. broad-spectrum), které chrání i proti UVA záření [14, s. 82-84], [32, s. 311].

#### 4.2 Filtry ultrafialového záření

Dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1223/2009 [28] je filtrem UV záření látka, která je výhradně nebo převážně určena k ochraně kůže před UV zářením prostřednictvím absorpce, odrazu nebo rozptýlení tohoto záření. Seznam UV filtrů povolených v kosmetických přípravcích je k nalezení v příloze VI uvedeného nařízení a která bude výchozím materiálem pro výčet aktuálně používaných UV filtrů v kosmetických přípravcích.



Obrázek 5 Účinnost organického (vlevo) UV filtru a anorganického (vpravo) UV filtru – upraveno podle [29, s. 1013]

Filtry UV záření jsou využívány k pohlcování nebo odražení UV paprsků a chrání tak pokožku před škodlivými účinky UV záření. Dle základu mechanismu působení, viz Obr. 5, se UV filtry v zásadě dělí na chemické (organické) UV filtry, organické nerozpustné pigmenty a minerální (anorganické) UV filtry. Využívání přírodních olejů jakožto UV filtru je možné, avšak ochranná funkce olejů není příliš vysoká, proto se využívají spíše jako přísada do přípravků po slunění, obzvláště kvůli obsahu antioxidantů. [14, s. 81-82], [33, s. 35].

### 4.2.1 Chemické UV filtry

Organické nebo také chemické UV filtry obsahují aromatické sloučeniny s karbonylovou skupinou, které absorbují vysoce intenzivní UV záření ve formě energie UV fotonů, kterou následně přeměňují na teplo, předávají do svých vazebných chemických struktur a tím dochází ke konformační změně struktury molekuly nebo emitují záření o vyšší vlnové délce, viz Obr. 5. Schopnost odolávat takovým změnám nazýváme fotostabilitou. Nízká fotostabilita může být problémem především u starších typů chemických filtrů, kvůli které přípravky rychleji ztrácí svůj fotoprotektivní účinek. Analogicky jako absorpce světla, může rovněž i zahřátí inaktivovat chemické filtry. Odolnost vůči tepelnému působení nazýváme termostabilita. Trvanlivost přípravku je dána jeho fotostabilitou a termostabilitou. Změny těchto vlastností mohou být příčinou zvýšení fotoalergizujících vlastností chemického filtru. Z důvodu potenciálního rizika rozvoje fotosenzitivní reakce na organické UV filtry by neměly být používány lidmi s citlivou pokožkou a malými dětmi. Vhodnější variantou pro děti a osoby s citlivou pokožkou jsou minerální UV filtry např. oxid zinečnatý, které jsou obecně považovány za bezpečnější a lépe snášené pokožkou [33, s. 38]. Tyto filtry poskytují dlouhodobý a účinný vysoký ochranný faktor při vysoké foto a termostabilitě. Problémem lipofilních UV filtrů může být také jejich vstřebatelnost do krevního oběhu. V důsledku tohoto se může projevit změna hladin pohlavních hormonů [33, s. 36]. Chemické UV filtry je vhodné aplikovat minimálně 20 minut před počátkem expozice slunečnímu záření. Před započítáním vlastního účinku se totiž nejdříve musí vstřebat do pokožky, jelikož dochází k interakci mezi fotoprotektivem a rohovou vrstvou kůže. Dle oblasti spektra působení rozlišujeme filtry s ochranou v UVB nebo současně i v UVA oblasti [13, s. 96], [14, s. 78–79], [32, s. 313]. [33, s. 36–38].

#### Deriváty kyseliny p-aminobenzoové

Kyselina p-aminobenzoová a její deriváty jsou jedny z nejstarších chemických filtrů, které dříve byly široce dostupné a rozšířené, především pro své vynikající ochranné vlastnosti v UVB spektru, dobrý průnik rohovou vrstvou (*stratum corneum*) a vysoké rozpustnosti ve vodě. Byla patentována v roce 1943 jako jedna z prvních účinných látek proti slunečnímu záření. O pár let později byly k dispozici účinnější para-aminobenzoátové estery a v roce 1955 převážná část sunscreenů na trhu v USA obsahovala deriváty PABA [34, s. 7]. Spektrum absorpance UV záření je v rozsahu mezi 260–313 nm, chrání tak před slunečním zářením v UVB oblasti [14, s. 78]. Použití tohoto organického UV filtru se dostalo pod přísný dohled, obzvláště kvůli karcinogennímu a fotosenzibilujícímu potenciálu



a vyskytujících se problémů u citlivé kůže a spojením s fotodermatitidou kůže, pro které byly odstraněn z většiny přípravků [32, s. 316], [35, s. 385]. Kvůli těmto komplikacím se na formulacích můžeme setkat s tvrzením „*PABA free*“. Tento filtr již není v seznamu povolených filtrů [28]. Mezi další negativa řadíme potenciální schopnost zbarvení potřísněného oblečení, nedoporučuje se ani použití pro citlivou dětskou pokožku [14, s. 79], [32, s. 316], [34, s. 7].

#### *Ethylhexyl Dimethyl PABA*

Je také označován jako 2-ethylhexyl-4-(dimethylamino)benzoát/Padimat O. Oproti kyselině para-aminobenzoové vykazuje lepší kompatibilitu s ostatními složkami, rozmanitost a nižší potenciál zbarvení oděvu nebo nežádoucích alergických reakcí [32, s. 316]. Je nejúčinnějším absorbérem ve středním rozsahu UVB. Maximální povolená koncentrace v přípravku může být 8 % [28]. S mnoha dalšími organickými filtry byl PABA nalezen v mořských mušlích, které negativně ovlivňuje [14, s. 79], [32, s. 316], [36, s. 8].

Jednou ze strategií k získání nových organických UV filtrů je pomocí technologie molekulárních modifikací stávajících UV filtrů. Připravené deriváty PABA, konkrétně methylester PABA a methylsteárat PABA by měly mít potenciálně bezpečnější profil, kvůli jejich vysokomolekulární hmotnosti, která by měla zabránit pronikání kůži. [32, s. 316], [36, s. 16].

#### *PEG-25 PABA*

Povoleným UV filtrem je také ethoxylovaný ethyl-4-aminobenzoát neboli *PEG-25 PABA*, jehož maximální povolená koncentrace činí 10 %. Podle [28] je v Evropské unii povoleno použití derivátů, které jsou uvedeny v Tab. 3.

Tabulka 3 Přehled derivátů kyseliny para-aminobenzoové – upraveno podle [28], [33, s. 36]

Název dle INCI	CAS	Číslo ES	Oblast ochrany	Maximální koncentrace
<i>Ethylhexyl Dimethyl PABA</i>	21245-02-3	244-289-3	UVB	8 %
<i>PEG-25 PABA</i>	116242-27-4	–	UVB	10 %

**Cinnamáty (deriváty kyseliny skořicové)**

Patří mezi další velmi účinné absorbéry UVB záření a v poslední době do značné míry nahradily deriváty kyseliny p-aminobenzoové. Deriváty kyseliny skořicové jsou přehledně uvedeny v Tab. 4 [32, s. 316].

*Ethylhexyl methoxycinnamate*

Řadí se k vůbec nejpoužívanějším filtrům a je známý také pod názvem Oktinoxat/2-ethylhexyl-(4-methoxycinnamát) nebo zkratkou EHMC. Za účelem dosažení vysokých hodnot SPF v konečném produktu se často používá v kombinaci s některými dalšími UVB filtry. Jeho maximální povolená koncentrace je stanovena na 10 % [28]. Všeobecně je dobře tolerován kůží, nicméně vykazuje určitý stupeň fotodegradačního potenciálu, který můžeme značně omezit enkapsulací EHMC. Některé studie [37, s. 15] naznačují, že může být příčinou hormonálních poruch, jelikož je považován za UV filtr s estrogení aktivitou a tendencí vstřebávání se do kůže. I přesto je EHMC stále jedním z nejdůležitějších UVB filtrů v kosmetických produktech [14, s. 80], [32, s. 316], [37, s. 14–15].

Tabulka 4 Přehled derivátů kyseliny skořicové – upraveno podle [28], [33]

Název dle INCI	CAS	Číslo ES	Oblast ochrany	Maximální koncentrace
<i>Ethylhexyl Methoxycinnamate</i>	5466-77-3	226-775-7	UVB	10 %
<i>Octocrylene</i>	6197-30-4	228-250-8	UVA/UVB	9 % (přípravky v aerosolovém spreji) 10 % (jiné přípravky)
<i>Polysilicone-15</i>	207574-74-1	426-000-4	UVB	10 %
<i>Isoamyl p-Methoxycinnamate</i>	71617-10-2	275-702-5	UVB	10 %

### *Octocrylene*

Je zařazován do skupiny cinnamátů s chemickým názvem 2-ethylhexyl-3,3-difenyl-2-kyanoprop-2-enoát/Oktokrylen Z důvodu výborných fotostabilizačních účinků se využívá pro fotolabilní UV filtry (např. Avobenzone), které stabilizuje. Zároveň vylepšuje voděodolnost v daném produktu, jelikož vykazuje hydrofobicitu. V experimentálních modelech je zařazován mezi látky s širokospektrálním účinkem [38, s. 17]. Není však běžně používaným filtrem kvůli své vyšší ceně. Jeho maximální povolená koncentrace do přípravků činí 10 % [28], [32, s. 316], [34, s. 165]. Další možné deriváty kyseliny skořicové doplňuje Tab. 4 [28].

### **Deriváty kyseliny salicylové**

Jsou často využívány v kombinaci s jinými UV filtry (např. s cinnamáty), především pro svoji stabilitu a nerozpustnost ve vodě, což je výhodou pro zachování vlastností po aplikaci na kůži. Mají spíše slabé spektrum účinku, a to především v UVB oblasti. S alergickými reakcemi jsou spojovány jen zřídka. Salicyláty byly jedny z prvních látek používaných v přípravcích proti slunečnímu záření. Do povolených salicylátů patří: *Homosalate* a *Ethelhexyl Salicylate*, které jsou uvedeny v Tab. 5 [28], [37, s. 14], [39, s. 8], [40, s. 156].

### *Ethelhexyl Salicylate*

Je typickým zástupcem ve skupině derivátů kyseliny salicylové, najdeme ho i pod názvem 2-ethylhexylsalicylát/Oktisalát. Vykazuje dobrou fotostabilitu a má pouze nepatrnou tendenci pronikat kůží. Má schopnost stabilizovat Oxybenzone (dle INCI *Benzophenone-3*) a Avobenzone (dle INCI *Butyl Methoxydibenzoylmethane*). Jeho maximální povolená koncentrace činí 5 % [28], [32, s. 316], [37, s. 14].

### *Homosalate*

Kromě typických charakteristik zmíněných výše se deriváty kyseliny salicylové, konkrétně *Homosalate* neboli také Homosalát, občas využívá jako referenční filtr v některých testech. Existuje také studie, které naznačují, že *Homosalate* může mít vliv na hormonální rovnováhu v těle a může fungovat jako endokrinní disruptor. Je stabilnější a lépe snášen než EHMC [14, s. 80], [32, s. 619], [41, s. 631].

Tabulka 5 Přehled derivátů kyseliny salicylové – upraveno podle [28], [33]

Název dle INCI	CAS	Číslo ES	Oblast ochrany	Maximální koncentrace
<i>Ethylhexyl Salicylate</i>	118-60-5	204-263-4	UVB	5 %
<i>Homosalate</i>	118-56-9	204-260-8	UVB	7,34 %

### Deriváty kafru

Patřily, díky své vynikající fotostabilitě, dlouhou dobu mezi velice populární UVB filtry. Nejsou schváleny FDA pro použití v USA [32, s. 316]. Některé deriváty kafru se mohou vstřebávat do krevního oběhu, kde způsobují potenciální estrogenní aktivitu. Kvůli této skutečnosti jsou deriváty v posledních několika letech stále více kritizovány, nátlak veřejnosti dokonce vyústil v zastavení použití některých derivátů kafru v Německu. Přehled povolených derivátů kafru je uvedený v Tab. 6 [28], [33, s. 36–37], [37, s.14].

#### *Terephthalylidene Dicamphor Sulfonic Acid*

Patří mezi novější filtry, které dokáží absorbovat UVA i UVB záření. Obchodní název pro tuto sloučeninu je Mexoryl SX nebo také název Ekamsul. Je zařazován mezi poměrně fotostabilní složky sunscreenů a zároveň nevykazuje tendence k perkutánní absorpci. Jeho významným účinkem je prevence několika aspektů fotostárnutí (např. snížení hloubky vrásek), jak naznačuje několik provedených dlouhodobých studií [39, s. 7–8]. Vykazuje dobrou schopnost ochrany proti pigmentaci kůže, hyperplazii nebo snížení hydratace a elasticity kůže [37, s. 14]. Negativní účinky typu zvýšené estrogenní aktivity nebo nestability při zvýšené teplotě se filtrů tohoto typu týkají pouze v omezené míře. V kvalitních opalovacích krémech by proto měly být preferovány [33, s. 37], [37, s. 14], [39].

#### *4-Methylbenzylidene Camphor*

Jinak také Enzakamen patřil mezi nejrozšířenější deriváty kafru v Evropě [32, s. 316]. Je jedním z nejvíce studovaných UV filtrů v kvůli negativnímu vlivu na mořské prostředí, kde způsobuje bělení korálů při expozičních koncentracích již 33 µg/l [30, s. 91]. Byly provedeny studie absorpce a následného účinku na endogenní reprodukční hormony tohoto derivátu kafru při topické aplikaci na kůži u zdravých dobrovolníků. Po čtrnáctidenní topické aplikaci

na celé tělo se hladiny některých hormonů nezměnily, nicméně došlo k malému výkyvu v hladinách mužského pohlavního hormonu testosteronu. U mužů byl také pozorován rozdíl v hladinách estradiolu a inhibinu B [38, s. 21].

Tabulka 6 Přehled derivátů kafru – upraveno podle [28], [33]

Název dle INCI	CAS	Číslo ES	Oblast ochrany	Maximální koncentrace
<i>4-Methylbenzylidene Camphor</i>	38102-62-4	–	UVB	4 %
<i>Camphor Benzalkonium Methosulfate</i>	52793-97-2	258-190-8	UVB	6 %
<i>Terephthalylidene Dicamphor Sulfonic Acid</i>	92761-26-7	410-960-6	UVA/UVB	10 % (jako kyselina)
<i>Benzylidene Camphor Sulfonic Acid</i>	56039-58-8	–	UVB	6 % (jako kyselina)
<i>Polyacrylamidomethyl Benzylidene Camphor</i>	113783-61-2	–	UVB	6 %

### Deriváty benzofenonu

Jsou krystalické pevné látky rozpustné v oleji. Jsou účinné v absorpci UVA záření, ale sekundární ochranu poskytují i v oblasti UVB. V kombinaci s dalšími UVB absorbéry zvyšují hodnoty SPF. Jsou mnohem méně alergenní než deriváty kyseliny p-aminobenzoové, nicméně stále nesou určité riziko fotokontaktu a kontaktní alergie. Řadíme je mezi nejrizikovější UV filtry z hlediska systémové absorpce a různým změnám hormonálních aktivit. Při použití vehikula můžeme blokovat nebo zvýšit percutánní absorpci UV filtrů. Využití hydrofobně modifikovaných polymerních nanočástic dokázalo zabránit absorpci benzofenonu-3 do kůže. Deriváty benzofenonu jsou přehledně uvedeny v Tab. 7 [32, s. 317, 789], [33, s. 36], [40, s. 139, 159].

#### *Benzophenone-3*

Je také známý pod názvem Oxybenzon a je účinný především v UVB oblasti, skvěle ochrání i v oblasti UVA. Má relativně špatnou rozpustnost a dodává se jako pevná látka. V nedávné době byl zakázán ve státě Hawaii, také kvůli ochraně korálových útesů. Tento krok následovaly další státy a státní souostrovní [30, s. 4], [28, s. 36].

*Benzophenone-4, Benzophenone-5*

Použití obou filtrů také uváděných pod názvem Sulisobenzon je méně časté, má špatnou stabilitu a je rozpustný ve vodě. Byl proveden experiment, při kterém byly lidská embrya podrobena expozici UV filtrům. Studie [36, s. 7] byla provedena s placentami dobrovolnic a ze všech testovaných derivátů benzofenonu bylo zjištěno, že u benzophenonu-4 je zvýšená tendence akumulace mezi typy sloučenin v placentě s koncentrací mezi 0,25–5,41 ng/g [32, s. 317].

Tabulka 7 Přehled derivátů benzofenonu – upraveno podle [28], [33]

Název dle INCI	CAS	Číslo ES	Oblast ochrany	Maximální koncentrace
<i>Benzophenone-3</i>	131-57-7	205-031-5	UVA/UVB	6 %
<i>Benzophenone-4</i>	4065-45-6	223-772-2	UVA/UVB	5 % (jako kyselina)
<i>Benzophenone-5</i>	6628-37-1	–	UVA/UVB	5 % (jako kyselina)
<i>Diethylamino Hydroxybenzoyl Hexyl Benzoate</i>	302776-68-7	443-860-6	UVA	10 %

**Deriváty dibenzoylmethanu**

Téměř 50 let po uvedení prvního sunscreenu „Ambre Solaire“ na trh byl objeven Avobenzon a jeho deriváty, které jako první poskytovaly ochranu proti UVA záření [36, s. 1–2].

*Butyl Methoxydibenzoylmethane*

Je také známý pod druhotným názvem Avobenzon a jeho maximální povolená koncentrace činí 5 % [28]. Pro každou zemi platí, co se UV filtrů týká, různé předpisy. V USA je Avobenzon jediným povoleným UVA1 filtrem ve formulacích [30, s. 170]. Je jedním z UV filtrů, který vykazuje nejvyšší počet produktů fotodegradace. Fotostabilitu Avobenzonu je možné vylepšit přidáním antioxidantů, jmenovitě vitaminu C, vitaminu E a ubichinonu [36, s. 4]. Společně s Mexoryl SX je Avobenzon využíván v širokospektrálních sunscreenech. Vykazuje synergické účinky s širokospektrálním UV filtrem Tinosorb S, o kterém bude pojednáno níže [36, s. 3], [39, s. 8].

### Deriváty triazonu

Jsou schváleny k používání jako UV filtry pouze v Evropě. V poslední době je vývoj nových filtrů založený na zvýšení molekulové hmotnosti na více než 500 Da a tím snížení absorpce do pokožky a zvýšení bezpečnosti a účinnosti těchto látek. Všechny filtry uvedené v Tabulce 8 mají molekulovou hmotnost výrazně převyšující 500 Da [37, s. 15]. Deriváty triazonu jsou vysoce účinné, fotostabilní a vykazují nezanedbatelné protizánětlivé účinky [32, s. 317], [37, s. 15].

#### *Bis-Ethylhexyloxyphenol Methoxyphenyl Triazine*

Můžeme jej najít také pod názvem Bemotrizinal nebo Tinosorb S. Poskytuje ochranu jak pro UVA, tak pro UVB záření. Řadí se mezi novější vysokomolekulární filtry, kterých se netýkají nebo týkají v omezené míře nedostatky typu systémových účinků, jako je např. hormonální aktivita. Zároveň se jedná o filtr s poměrně dobrou fotostabilitou, kterou tím pádem může vylepšovat i u jiných UV filtrů. Může synergizovat s některými dalšími UV filtry. Maximální povolená koncentrace činí 10 % [28], [33, s. 37], [37, s. 15], [39, s. 8].

#### *Ethylhexyl Triazone*

Poskytuje ochranu proti záření v UVB oblasti a jeho maximální povolená koncentrace je stanovena na 5 %. Jeho alternativní název je Uvinul T 150. Patří mezi novější organické filtry s omezenou mírou estrogenní aktivity [28], [33, s. 36].

Tabulka 8 Přehled derivátů triazonu – upraveno podle [28], [33]

Název dle INCI	CAS	Číslo ES	Oblast ochrany	Maximální koncentrace
<i>Ethylhexyl Triazone</i>	88122-99-0	402-070-1	UVB	5 %
<i>Diethylhexyl Butamido Triazone</i>	154702-15-5	–	UVB	10 %
<i>Bis-Ethylhexylphenol Methoxyphenyl Triazine</i>	187393-00-6	–	UVA/UVB	10 %

### Deriváty benzimidazolu

Při použití derivátů benzimidazolu využíváme několika povolených sloučenin uvedených v Tab. 9.

#### *Drometrizole Trisiloxane*

Mexoryl XL je alternativní název pro tento typ UV filtru, který dokáže absorbovat jak UVA, tak UVB záření. Jedná se o první fotostabilní filtr, který poskytuje širokospektrální ochranu. Pokud se kombinuje s Mexorylem SX, zvyšuje se tím fotoprotekční účinek přípravku díky synergickému působení těchto dvou látek. Jeho průnik kůží je minimální, jelikož disponuje vysokomolekulární hmotností vyšší než 500 Da [37, s. 15], [39, s. 8].

#### *Disodium Dibenzimidazole Tetrasulfonate*

Známy také jako Bisdisulizole disodium, je účinným vodou rozpustným UVA filtrem, který byl vytvořen jako modifikace molekuly fenylbenzimidazol sulfonové kyseliny. Tato molekula byla již dříve účinným filtrem proti UVA záření [34, s. 157].

Tabulka 9 Přehled derivátů benzimidazolu – upraveno podle [28], [33]

Název dle INCI	CAS	Číslo ES	Oblast ochrany	Maximální koncentrace
<i>Phenylbenzimidazole Sulfonic Acid</i>	27503-81-7	248-502-0	UVB	8 % (jako kyselina)
<i>Drometrizole Trisiloxane</i>	155633-54-8	–	UVA/UVB	15 %
<i>Disodium Dibenzimidazole Tetrasulfonate</i>	180898-37-7	429-750-0	UVA	10 % (jako kyselina)

### 4.2.2 Minerální UV filtry

Jsou významnými ochrannými složkami v kosmetických přípravcích určených pro ochranu pokožky před UV zářením. Původně se pro tyto UV filtry používal termín fyzikální UV filtry nebo blokátory, což vycházelo z jejich prvního známého mechanismu blokování slunečního záření fyzikálním způsobem, tedy pomocí odrazu a rozptylu viz Obr. 6. Nejznámějšími anorganickými UV filtry jsou TiO<sub>2</sub> (oxid titaničitý) a ZnO (oxid zinečnatý), které jsou tvořeny velkými částicemi o průměru ~0,1–1 μm. Tyto polovodiče mohou pohlcovat UV záření také tím, že přesunují elektrony z valenčního pásma do excitovaného stavu



vodivostního pásma. Na základě fyzikálních vlastností lze zařadit minerální UV filtry do skupiny insolubilních prášků/částic. Ke snížení účinnosti minerálních UV filtrů nebo dokonce poškození tkání může dojít po fotosenzitivní reakci UV filtru s denním světlem. Anorganické filtry však vykazují minimální potenciál pro alergickou senzibilizaci a vysokou fotostabilitu, proto jsou vhodné pro osoby s pokožkou náchylnou k podráždění [29, s. 1011]. Snížení možné nežádoucí fotoreaktivity lze dosáhnout potažením nanočástice jak anorganickými (aluminiový oxid, silika, zirkonia) tak organickými (silany, silikony, dimethikony) látkami. Využívají se i pro účely zesvětlování kůže, jelikož blokují stimulační účinek slunce na melanocyty [14, s. 81], [30, s. 189], [37, s. 12–13], [39, s. 8], [40, s. 139, 159, 231].

Efektivita minerálních filtrů závisí na velikosti a disperzi jejich částic. Minerální UV filtry se v minulosti projevovaly tvorbou neprůhledného, lepkavého a nadměrně lesklého filmu na kůži, což bránilo jejich kosmetickému využití. Díky vývoji technologií je však nyní možné získávat oxidy v mikronizované formě na úrovni nižší než 100 nm. Toto vede k vytvoření tenké, průhledné vrstvy na kůži, která se snadno nanáší a poskytuje kůži vynikající ochranu. Zároveň však může více docházet ke shlukování částic, proto jsou kladeny vyšší nároky na vehikula. Pro snadnější disperzi v oleji a stabilitu se částice pokrývají hydrofobními polymery. Začleněním silikonových emolientů do přípravku s minerálními UV filtry lze snížit nepohodlný pocit suché a lepkavé kůže. Přestože jsou nanomateriály velmi efektivní a dle Evropské komise SCCS jsou hodnoceny jako bezpečné, jejich použití stále vyvolává spoustu otázek. Hlavními kritickými body je toxikologický potenciál nanočástic, jejich možné pronikání zejména skrze poškozenou kůži (např. slunečním zářením) a jejich možné negativní účinky v plicích při vdechnutí. Většina studií se shoduje, že nanočástice pronikají maximálně na úroveň *stratum corneum* a do hlubších vrstev nepenetrují ani v případě poškozené pokožky [14, s. 81], [29, s. 1011], [37, s. 13], [40, s. 143], [41, s. 604].

#### *Titanium Dioxide*

Jeho maximální povolená koncentrace ve finálním výrobku činí 25 %. Existuje ve třech různých krystalických formách, a to anatas, brookit a rutil, s různými schopnostmi tlumení UV záření. Podle monografie FDA existují kombinace složek, např. Avobenzon s oxidem titaničitým, které nesmí být v jedné formulaci kosmetického přípravku kombinovány kvůli potenciálnímu riziku chemické interakce mezi nimi [28], [37, s. 12], [41, s. 528, 600].

### *Zinc Oxide*

V oblasti UVA s maximem stanoveným na 360 nm poskytuje velice účinnou ochranu proti UV záření. Způsobuje menší zblednutí než oxid titaničitý, jelikož má nižší index lomu a to 1,9. Minerální UV filtry jsou veřejnosti prezentovány jako šetrné k životnímu prostředí, nicméně v jedné studii [30, s. 100] se uvádí jejich potenciální toxické působení na mořskou biotu. Při vystavení korálů nanočásticím zinku po dobu 48 hodin v koncentraci 6,3 mg/l totiž došlo k jejich silnému bělení. Maximální povolená koncentrace je stanovena na 25 % i u nanoformy. Dle [28] se nesmí používat v aplikacích, jež mohou vést k expozici plic konečného uživatele při vdechování [30, s. 100], [32, s. 318].

### **4.2.3 Hybridní UV filtry**

Hybridní UV filtry jsou nová generace slunečních filtrů, které kombinují určité vlastnosti fyzikálních i chemických filtrů, čímž poskytují účinnou širokospektrální ochranu proti UVA i UVB záření. Představují inovativní využití technologie struktury mikrokrytalických částic, které fungují jako mikropigmenty i organické UV filtry současně. Jejich použití se vyznačuje minimálním zdravotním rizikem a dobrou fotostabilitou. Ke zlepšení účinnosti, aplikovatelnosti a snížení penetrace do hlubších vrstev kůže lze využít různé biofyzikální techniky, např. enkapsulaci v sol-gelovém skle mikrokapsle o průměru ~1 μm [39, s. 8]. Do této skupiny patří *Bis-Ethylhexyloxyphenol Methoxyphenyl Triazine* a *Methylene Bis-Benzotriazolyl Tetramethylbutylphenol* [28], [33, s. 37], [42, s. 124].

#### *Methylene Bis-Benzotriazolyl Tetramethylbutylphenol*

Najdeme ho také pod názvem Bisoktrizol nebo Tinosorb M a je povolený v maximální koncentraci 10 %. Jedná se o bezbarvou, ve vodě i tucích nerozpustnou látku, která dokáže UV záření absorbovat organickou molekulou, zároveň jej však odráží a rozptyluje. Je vyráběn synteticky z mikrojemných, vodou rozpustných organických částic [28], [33, s. 37], [39, s. 8].

#### *Bis-Ethylhexyloxyphenol Methoxyphenyl Triazine*

Jedná se o lipofilní, v oleji rozpustnou vysokomolekulární sloučeninu známou také pod názvem Bemotrizinol nebo Tinosorb S. Dokáže absorbovat a také odrážet záření v UVA i UVB oblasti, tudíž poskytuje širokospektrální ochranu v oblasti 280–380 nm. Maximální povolená koncentrace činí 10 % [28], [31, s. 66, 70], [33, s. 36], [39, s. 8].

#### 4.2.4 Přírodní oleje

Mezi podpůrné přírodní látky stimulující ochranné funkce pokožky nebo blokuující UV záření patří např. rostlinné oleje, extrakty z aloe, henna, kalciový prášek, jojobový olej, extrakt z rostliny *Polypodium leucotomos*, bambucké máslo, kyselina hyaluronová a další. Tyto látky mohou být obsaženy také v klasických přípravcích proti slunění, kde pomáhají zvyšovat hebkost a hydrataci pokožky. Jako další látky najdeme ve formulacích antioxidanty a reparační enzymy [9, s. 154], [14, s. 81], [33, s. 34].

Některé přírodní rostlinné oleje mohou vykazovat určitou míru sluneční ochrany, ale tato ochrana bývá omezená a také závisí na mnoha faktorech, jako je např. typ oleje a jeho kvalita. Nedoporučují se tedy jako samostatná forma ochrany, slouží spíše jako příjemná promašťovadla. Oleje s obsahem antioxidantů mohou navíc pomáhat chránit pokožku proti působení volných radikálů, jsou proto vhodné také do kosmetiky po opalování neboli „after sun“ [14, s. 81–82], [43].

Byly provedeny studie [43, s. 139], které zkoumaly hodnoty SPF pěti nejpropagovanějších přírodních olejů: olej z mrkvových semen, kokosový olej, olej z malinových semen, z šípkových semen a z pšeničných klíčků. Hodnoty SPF *in vitro* byly zkoumány na základě Mansurovy metody a byly naměřeny hodnoty: 0,1; 0,0; 0,4; 0,2 a 0,2 (analogicky k pěti uvedeným olejům). Hodnoty SPF *in vivo* byly měřeny pomocí ISO 24444:2019 metody: 2,5; 1,2; 2,6; 2,6; a 2,8. Naměřené hodnoty byly významně nižší, než uvádějí různé další kontroverzní studie na internetu. Pouze SPF hodnota *in vitro* 11,2 u tamanu oleje, který se získává z jader kalaby obvejčité (*Calophyllum inophyllum*) je významná, což pravděpodobně souvisí s vysokým obsahem kalofylolidů. Tamanu olej v koncentraci 0,1 mg/mL v petrolejovém éteru ukázal velice zajímavý absorpční profil v UVB oblasti, který je srovnatelný se standardním opalovacím krémem s obsahem *Homosalate* v ethanolu v koncentraci 0,2 mg/mL [43].

### 4.3 Regenerace kůže po opalování

Po opalování může být kůže poškozena slunečním zářením a vyžaduje nejméně 12 hodin [32, s. 332] na obnovu a reparační procesy. Regenerace kůže závisí na závažnosti poškození, ale zahrnuje obvykle procesy jako např. regeneraci buněk, tvorbu nových kožních vrstev a zmírnění šupinatění a svědění pokožky. „After sun“ kosmetika se používá po vystavení pokožky slunečnímu záření ke zklidnění a hydrataci pokožky. Většina těchto přípravků je ve formě emulzí (lotionů, krémů a sprejů) nebo gelů. V rámci kosmetických přípravků

určených pro péči o pokožku po expozici slunečnímu záření se běžně vyskytují aktivní složky, které mohou být rozděleny na hydratační látky, protizánětlivé látky, antioxidanty a další složky s příznivým účinkem. Tyto produkty jako jsou např. čajové polyfenoly, mohou obsahovat složky, které pomáhají snižovat zánět, zarudnutí a inhibovat UV fotokarcinogenezi. Dále také složky podporující regeneraci pokožky, jako jsou vitaminy C a E, které jsou antioxidanty, pomáhají tlumit fotochemické poškození. Dalšími ingrediencemi mohou být hydratační složky, jako je *Glycerin*, *Urea*, *Panthenol* nebo *Hyaluronic Acid*, které pomáhají udržet vlhkost v pokožce a zlepšit její texturu [14, s. 94, 97], [32, s. 108, 331–336].

Hydratační látky jsou klasické, dobře známé kosmetické ingredience z hydratačních denních či nočních krémů. Antioxidanty jsou blíže uvedeny v následující kapitole 5 věnované orální fotoprotekci. Do ostatních složek řadíme např. bambucké máslo, olivový olej a molekulární fotoprotektivní látky. Do protizánětlivých složek v přípravcích po slunění, které uleví od nepříjemného erytému a jeho příznakům bolesti a pálení, patří složky jako *Panthenol*, *Azulene*, *Bisabolol* a *Allantoin* [32, s. 333–335].

#### Komplexace ibuprofenu s cyklodextriny

Cyklické dextriny jsou cyklické oligosacharidy složené z pěti a více glukózových zbytků do prstence. Používají se také k ochraně před oxidací a zlepšení fotostability, nicméně komplexy ibuprofenu s cyklodextriny prokázaly svoji účinnost při redukci poškození kůže způsobeného UV zářením. Je důležitá lokální aplikace, okamžitě po vystavení se slunci, aby došlo ke snížení poškození epidermálních lipidů [35, s. 387–388].

## 5 ORÁLNÍ FOTOPROTEKCE

Orální fotoprotekce je inovativním přístupem k péči o pokožku zahrnující užívání doplňků stravy obsahujících složky s fotoprotektivními vlastnostmi k ochraně kůže před škodlivými účinky slunečního záření. Orální fotoprotektiva mohou být přijímány i konzumací běžných potravin, což je podle odborníků [32, s. 680] u některých látek (karotenoidy) nejbezpečnější varianta, obzvláště kvůli potenciálnímu předávkování doplňky stravy. Tyto složky mohou být přírodního původu, jako jsou antioxidanty, flavonoidy, karotenoidy, polyfenoly a další rostlinné extrakty. Mezi časté složky orální fotoprotekce patří vitamin C, vitamin E, beta-karoten, karotenoidy (lycopene, lutein, zeaxanthin), omega-3 mastné kyseliny a extrakt z *Polypodium leucotomos*. Nicméně, strategie orální fotoprotekce by neměla být vnímána jako alternativa k běžným opatřením topické fotoprotekce, jako jsou sunscreens, ochrana oděvem a omezení expozice slunci. Orální fotoprotekce představuje spíše synergii s těmito opatřeními, které pomáhají minimalizovat škodlivé účinky slunečního záření na kůži. V následujících subkapitolách jsou různé účinné látky, které byly testovány pro svůj orální fotoprotektivní účinek, nicméně většina z nich může být přidána i do topicky aplikovatelných přípravků [14, s. 96-97], [32, s. 679-681], [39, s. 10].

### 5.1.1 Deriváty vitaminů

#### Karotenoidy

Jsou produkovány rostlinami a dalšími fotosyntetickými organismy, kterým poskytuje ochranu před UV zářením. Lidské tělo není schopné samo produkovat karotenoidy, proto je nutné je doplňovat ve stravě. Je známo asi 600 karotenoidů, pro fotoprotekci je vhodný především beta-karoten. Hlavním karotenoidem je lykopen, jehož obsah najdeme v rajčatech. Některé studie [39, s. 10] naznačují jeho příznivý vliv na fotoprotekci kůže a na snížení rizika prostatového karcinomu [35, s. 388]. Dalšími karotenoidy jsou lutein a zeaxanthin, které v kombinaci s topickou aplikací také vykazují fotoprotektivní účinek, zároveň jsou však účinnými antioxidanty, stejně jako beta-karoten a lykopen. Studie [35, s. 388] prokázala, že podávání směsi beta-karotenu, lykopenu a luteinu ve stravě chrání před erytémem indukovaným UV zářením. S ohledem na jejich antioxidační aktivitu a schopnost filtrování modrého světla jsou karotenoidy také vhodnými složkami do sunscreenu. Zvýšení počtu konjugovaných vazeb, jako je tomu u karotenoidů, má za následek posun absorpčního maxima do oblasti viditelného světla [14, s. 96], [30, s. 190], [35, s. 388], [39, s. 10].

Tokoferol (vitamin E) a kyselina askorbová (vitamin C)

Vitamin E a C patří mezi nejdůležitější antioxidační látky, které účinně působí proti kyslíkatým reaktivním radikálům (ROS), vytvářeným UV zářením [14, s. 97], [32, s. 296]. Mohou být konzumovány orálně, nicméně jsou i běžnou součástí širokého portfolia kosmetických přípravků. Kombinace tokoferolu a askorbátu poskytuje mírný fotoprotektivní účinek [39, s. 10]. Podávání vyšší orální dávky vitamínu C a E poskytují ochranu lidské kůže před UV-indukovaným erytémem, přičemž každý vitamin sám o sobě působí méně účinně [40, s. 386]. Studie [14, s. 97] trvající 50 dní, kdy byla testovaným podávána velice vysoká dávka vitamínu E (2 g/den) a vitamínu C (3 g/ den), prokázala podstatné zvýšení tolerance kůže na erytém. Další zajímavou kombinaci nabízí přípravek Seresis®, obsahující karotenoidy, vitamin C a E, selenové kvasnice a proanthokyanidiny. Během orálního podávání tohoto přípravku došlo k inhibici exprese enzymů metaloproteináz, což značí jeho účinnost v prevenci fotostárnutí. Také byl zaznamenán jeho účinek na zpomalení vzniku UVB-indukovaného erytému [39, s. 10]. Také byly testovány kosmetické přípravky s různou koncentrací vitamínu C a bylo zjištěno, že topická aplikace vitamínu C vede k 27x vyšší hladině tohoto vitamínu v kůži než při jeho vysokém orálním příjmu [40, s. 379].

### 5.1.2 Živočišné a rostlinné extrakty

Extrakt zeleného čaje

Řadí se mezi rostlinné extrakty obsahující fotoprotektivní polyfenolické složky a také patří společně s *Polypodium leucotomos* a Pycnogenolem® k nejučinnějším známým antioxidantům. Mezi polyfenolické sloučeniny, které obsahuje zelený čaj, patří především epigallokatechin-3-gallát (EGCG), epi-galaktochin (EGC), epikatechin (EC) a epikatechin galát (ECG). Orální podávání polyfenolů zeleného čaje (GTPPs) chrání kůži myši před vznikem kožních nádorů způsobených UVB zářením [34, s. 210]. Tento účinek vychází z několika mechanismů, jako je např. indukce interleukinu 12, což zvyšuje opravu DNA a brání imunosupresi [39, s. 10]. Kromě toho je pozorována inhibice angiogenních faktorů a aktivace T-lymfocytů, což vede k odstranění nádorových buněk v mikroprostředí nádoru. Zároveň byla u myši výrazně potlačena UV indukovaná exprese kožních matrixových metaloproteináz, což značí potenciální antifotostárnoucí účinek GTPPs. Extrakt ze zeleného čaje je možné aplikovat i topicky na kůži, přičemž byl prokázán jeho fotoprotektivní účinek proti UVA záření [39, s. 10], [32, s. 328, 334].

### Polypodium leucotomos extrakt

Tento přírodní rostlinný extrakt obsahující polyfenoly je získaný z listů kapradiny *Polypodium leucotomos*. Je známý pro své antioxidační účinky, nízkou toxicitu a imunomodulační vlastnosti. Také byl používán jako adjuvantní léčba zánětlivých kožních onemocnění. Při orálním či topickém používání tohoto extraktu dochází ke snížení hladiny volných radikálů a reaktivních druhů kyslíku (ROS). Bylo prokázáno [34, s. 210], že zvyšuje dávky UV záření potřebné pro okamžité ztmavnutí pigmentu. Při orální dávce 7,5 mg/kg tělesné hmotnosti došlo ke snížení erytému, snížení tvorby dimerů tyminu, vyčerpání Langerhansových buněk, ale také k významným fotoprotektivním účinkům [34, s. 210]. Studie uvádí snížení UVA indukované delece cyklobutan pyrimidinových dimerů a poškození mitochondriální DNA při orálním užívání [32, s. 37], [39, s. 10].

### Omega-3 mastné kyseliny

Kromě svého pozitivního vlivu na zdraví srdce a cév se ukázaly jako užitečné i pro ochranu kůže před negativními účinky UV záření. Experimenty ukazují, že konzumace potravin bohatých na omega-3 mastné kyseliny či podávání jeho vysokých dávek může snížit riziko vzniku kožní rakoviny, zlepšit ochranu před aktinickým poškozením a snížit erytém indukovaný UVB zářením. Mohou mít také modulační účinek na zánět vyvolaný UVB zářením a následnou imunitní odpověď. Vyskytují se v rybím oleji, nicméně jeho konzumace v množství, které by mělo výše zmíněné požadované účinky, může vést k trávicím obtížím, jako je pálení žáhy a jiné [13, s. 67, 190], [14, s. 98], [34, s. 210], [39, s. 10].

### Genistein

Genistein řadíme mezi isoflavony vyskytující se v rostlinách (např. sójové boby), patří tak mezi přirozeně se vyskytující sloučeniny s významnou antioxidační aktivitou. Výzkumy [39, s. 10], [34, s. 210] naznačují, že má potenciál při prevenci proti vzniku rakoviny kůže. U zvířecích modelů se ukázalo, že je účinný při prevenci akutního i chronického photoagingu a snižuje riziko vzniku kožních nádorů vyvolaných UVB zářením. Zároveň vykazuje nízké hladiny toxicity ve studiích na zvířatech [32, s. 37, 133, 334], [34, s. 210].

## ZÁVĚR

Tato bakalářská práce podrobně analyzuje problematiku fotoprotekce a nabízí teoretický přehled o ochraně pokožky před negativními účinky slunečního záření. Práce se věnuje nejen důležitosti ochrany kůže proti UV záření, ale rovněž poskytuje ucelený souhrn možností, jak jí dosáhnout pomocí různých druhů orálních a topických látek s fotoprotektivním účinkem.

Práce také zahrnuje důležité aspekty kůže, jako je její anatomie, fyziologie a druhy kožních fototypů, které jsou úzce spojeny s problematikou fotoprotekce. Dále byla pozornost věnována rozdělení UV záření a účinkům tohoto záření na kůži, včetně popisu akutních i chronických změn na kůži po expozici slunečnímu záření. Stěžejní část práce představuje různé formy topických fotoprotektivních přípravků tzv. sunscreenů, včetně přísad, které tvoří jejich obsah. Byly kategorizovány a podrobně popsány jednotlivé skupiny UV filtrů, které jsou využívány k topické fotoprotekci. V této souvislosti byly diskutovány chemické, fyzikální a hybridní UV filtry, spolu s jejich specifickými vlastnostmi a mechanismy působení. Pozornost byla věnována regeneraci kůže po expozici slunečnímu záření. Důraz byl kladen také na problematiku orální fotoprotekce, která v současnosti představuje novou perspektivu v oblasti prevence a ochrany kůže.

Cílem této práce bylo poskytnout komplexní přehled o současných poznatcích v oblasti fotoprotekce kůže pomocí orálních a topických látek a zdůraznit význam prevence před škodlivými účinky UV záření na lidskou kůži. Věřím, že tato práce bude přínosem pro všechny čtenáře zainteresované v péči o kůži a přispěje k rozšíření vědomostí o účinných možnostech ochrany před slunečním zářením.



**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] MCDANIEL, David, FARRIS, Patricia a VALACCHI, Giuseppe. Atmospheric skin aging-Contributors and inhibitors. *Journal of Cosmetic Dermatology*. [online]. 2018, **17**(2), 124-137 [cit. 2022-09-19]. DOI: 10.1111/jocd.12518. ISSN 1473-2130. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jocd.12518>
- [2] DYLEVSKÝ, Ivan. *Funkční anatomie*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-3240-4.
- [3] DRAELOS, Zoe Diana. *Cosmetic Dermatology: Products and Procedures* [online]. USA: Blackwell Publishing, 10 March 2010n. 1. [cit. 2022-09-25]. ISBN 9781444317657. Dostupné z: <https://onlinelibrary-wiley-com.proxy.k.utb.cz/doi/book/10.1002/9781444317657>
- [4] KOLARSICK, Paul A. J., Maria Ann KOLARSICK a Carolyn GOODWIN. Anatomy and Physiology of the Skin. *Journal of the Dermatology Nurses' Association* [online]. 2011, **3**(4), 203-213 [cit. 2022-09-25]. ISSN 1945-760X. Dostupné z: [https://journals.lww.com/jdnaonline/fulltext/2011/07000/anatomy\\_and\\_physiology\\_of\\_the\\_skin.3.aspx](https://journals.lww.com/jdnaonline/fulltext/2011/07000/anatomy_and_physiology_of_the_skin.3.aspx)
- [5] MOHAMED, Sarah A. a Rachel HARGEST. *Surgical anatomy of the skin* [online]. 22 December 2021, **40**(1), 1-7 [cit. 2022-09-30]. Dostupné z: [https://www.surgeryjournal.co.uk/article/S0263-9319\(21\)00266-0/fulltext](https://www.surgeryjournal.co.uk/article/S0263-9319(21)00266-0/fulltext)
- [6] HOLIBKOVÁ, Alžběta a Stanislav LAICHMAN. *Přehled anatomie člověka*. 5. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2010. ISBN 978-80-244-2615-0.
- [7] RIBEIRO, Camila et al. *Daily Routine in Cosmetic Dermatology: Skin Anatomy, Histology, and Physiology* [online]. 2017, **1**, 3-14 [cit. 2022-09-30]. ISBN 978-3-319-12589-3. ISSN 2511-820X. Dostupné z: <https://link-springer-com.proxy.k.utb.cz/content/pdf/10.1007/978-3-319-12589-3.pdf>
- [8] KITTNAR, Otomar. *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3068-4.
- [9] MIKULKOVÁ, Monika. *Fotoprotekce a ošetření spálené kůže*. Medicína pro praxi [online]. Olomouc: Solen, 2018 [cit. 2022-11-07]. Dostupné z: <https://www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2018/03/08.pdf>

- [10] ETTLER, Karel. *Prostředky k ochraně kůže před UV zářením*. Praktické lékařství. [online]. Hradec Králové: 2009 [cit. 2022-11-07]. Dostupné z: <https://www.praktickelekarenstvi.cz/pdfs/lek/2009/03/07.pdf>
- [11] ŠTERNBERSKÝ, Jan. *Sluneční záření a jak se chránit před jeho negativními účinky*. Dermatologie v praxi [online]. Olomouc: Solen, 2016 [cit. 2022-11-07]. Dostupné z: <https://www.dermatologiepropraxi.cz/pdfs/der/2016/02/04.pdf>
- [12] D'ORAZIO, John et al. *UV radiation and the skin*. International journal of molecular sciences [online]. 2013, **14**(6), [2022-11-20] 12222–12248. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3709783/>
- [13] AHMAD, Shamim. *Ultraviolet light in human health, diseases and environment*. Cham, Switzerland: Springer, [online], 2017, [cit. 2022-11-20]. 1, (xxiv, 365 pages). Advances in Experimental Medicine and Biology. Dostupné z: <https://link-springer-com.proxy.k.utb.cz/book/10.1007/978-3-319-56017-5>
- [14] ETTLER, Karel. *Fotoprotekce kůže: ochrana kůže před účinky ultrafialového záření*. Praha: Triton, 2004. ISBN 80-7254-463-2.
- [15] KOUTCHMA, Tatiana N., L. J. FORNEY a Carmen I. MORARU. Ultraviolet light in food technology: principles and applications. Boca Raton: CRC Press, c2009, xx, 278 p. Contemporary food engineering. ISBN 9781420059519. [cit. 2022-11-21] Dostupné z: <https://proxy.k.utb.cz/login?url=http://marc.crcnetbase.com/isbn/9781420059519>
- [16] F. HOLICK, Michael. Biological Effect of Sunlight, Ultraviolet Radiation, Visible Light, Infrared Radiation and Vitamin D for Health, Anticancer Research Mar 2016, **36**(3), 1345-1356; [2022-11-21]. Dostupné z: <https://ar.iijournals.org/content/anticanres/36/3/1345.full.pdf>
- [17] ETTLER, Karel. Účinky UV záření na kůži a fotoprotekce. Med. Pro Praxi [online]. 2007, 6, 273-275 [cit. 2022-11-29]. Dostupné z: <https://www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2007/06/09.pdf>
- [18] KLAUZOVÁ, Kateřina. Poruchy pigmentace – melazma a jeho léčba. Prakt. Lékař [online]. 2010, **6**(4), 177-181 [cit. 2022-11-29]. Dostupné z: <https://www.praktickelekarenstvi.cz/pdfs/lek/2010/04/05.pdf>

- [19] GRANT, William. Roles of solar UV radiation and vitamin D in human health and how to obtain vitamin D. *Expert Review of Dermatology* [online]. 2007, **2**(5), 563-577 [cit. 2022-12-01]. DOI: 10.1586/17469872.2.5.563. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/228643728\\_Roles\\_of\\_solar\\_UV\\_radiation\\_and\\_vitamin\\_D\\_in\\_human\\_health\\_and\\_how\\_to\\_obtain\\_vitamin\\_D](https://www.researchgate.net/publication/228643728_Roles_of_solar_UV_radiation_and_vitamin_D_in_human_health_and_how_to_obtain_vitamin_D)
- [20] PIZINGER, Karel. *Dermatovenerologie*. Plzeň: Euroverlag, 2012. ISBN 978-80-7177-985-8.
- [21] PÉREZ-SÁNCHEZ, Almudena, Enrique BARRAJÓN-CATALÁN, María HERRANZ-LÓPEZ a Vicente MICOL. Nutraceuticals for Skin Care: A Comprehensive Review of Human Clinical Studies. *Nutrients* [online]. 2018, **10**(4) [cit. 2022-12-08]. DOI: 10.3390/nu10040403. ISSN 2072-6643. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2072-6643/10/4/403>
- [22] K. KATIYAR, Santosh. UV-induced immune suppression and photocarcinogenesis: Chemoprevention by dietary botanical agents [online]. 2007, **255**(1), 1-11. [cit. 2022-12-11]. DOI: 10.1016/j.canlet.2007.02.010. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1995595/pdf/nihms-29360.pdf>
- [23] POLICAROVÁ, Marie. Fotodermatózy. *Medicína pro praxi* [online]. 2016, **10**(2), 124-126. [cit. 2022-12-11]. Dostupné z: <https://www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2016/03/06.pdf>
- [24] ROSTOVÁ, Jana, Lenka BORSKÁ, Zdeněk FIALA a Jan KREJSEK. Chronický účinek ultrafialového záření na organismus. *Vojenské zdravotnické listy* [online]. 2006, **LXXV**(3-4), 111-119. [cit. 2023-02-14]. Dostupné z: <https://www.mmsl.cz/pdfs/mms/2006/03/06.pdf>
- [25] SVARC, Federico. A brief illustrated history on sunscreens and sun protection [online]. 2015, **87**(9-10): 929-936. [cit. 2023-02-16]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/283002256\\_A\\_brief\\_illustrated\\_history\\_on\\_sunscreens\\_and\\_sun\\_protection](https://www.researchgate.net/publication/283002256_A_brief_illustrated_history_on_sunscreens_and_sun_protection)
- [26] SAKKARAVARTHI, Vinupriya. History of sunscreen [online]. 2022, **2**(1) [cit. 2023-02-16]. DOI: 10.25259/CSDM\_11\_2022. ISSN 2768-6620. Dostupné z: <https://cosmoderma.org/history-of-sunscreen/>

- [27] 2006/647/ES. *Doporučení komise ze dne 22. září 2006 : o účinnosti prostředků na ochranu proti slunečnímu záření a o uváděných tvrzeních, která s nimi souvisí*. Brusel, 2006. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:265:0039:0043:cs:PDF>
- [28] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1223/2009 ze dne 30. listopadu 2009 o kosmetických přípravcích. In. Úřední věstník Evropské unie. Brusel, 2009. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A02009R1223-20221217&qid=1677661900103>
- [29] GEOFFREY KIRIIRI, MWANGI A. N., MARU S. M. Sunscreen products: Rationale for use, formulation development and regulatory considerations. *Saudi Pharmaceutical Journal* [online]. 2019, **27**, 1009-1018 [cit. 2023-03-04]. Dostupné také z: <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2019.08.003>
- [30] TOVAR-SÁNCHEZ A., SÁNCHEZ-QUILES D., BLASCO JULIÁN. Sunscreens in Coastal Ecosystems: Occurrence, Behavior, Effect and Risk. *Springer Nature Switzerland* [online]. 2020, **94**, 1-207 [cit. 2023-03-06]. ISBN 978-3-030-56077-5. Dostupné také z <https://doi.org/10.1007/978-3-030-56077-5>
- [31] OSTERWALDER ULI, SOHN MYRIAM, HERZOG BERND. Global state of sunscreens. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*. 2014, **30**(2-3), 62-80. DOI: 10.1111/phpp.12112. Dostupné také z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24734281/>
- [32] BAREL, A. O., Marc PAYE a Howard I. MAIBACH. *Handbook of cosmetic science and technology*. 3rd ed. New York: Informa Healthcare, c2009. ISBN 978-1-4200-6963-1.
- [33] MILETÍN, Miroslav. *Prostředky na ochranu pokožky proti škodlivým vlivům UV záření*. *Praktické lékarenství* [online]. 2011, **7**(1), 34-38 [cit. 2023-02-20]. Dostupné také z: <https://www.praktickelekarenstvi.cz/pdfs/lek/2011/01/09.pdf>
- [34] LIM, Henry W. a Zoe K. DRAELOS. *Clinical guide to sunscreens and photoprotection*. New York: Informa Healthcare, c2009. *Basic and clinical dermatology*, 43. ISBN 978-1-4200-8084-1.
- [35] MORABITO, K., N. C. SHAPLEY, K. G. STEELEY a A. TRIPATHI. Review of sunscreen and the emergence of non-conventional absorbers and their applications in ultraviolet protection. *International Journal of Cosmetic Science* [online]. 2011, **33**,

- 385-390 [cit. 2023-02-25]. DOI: 10.1111/j.1468-2494.2011.00654.x. Dostupné také z: <https://doi.org/10.1111/j.1468-2494.2011.00654.x>
- [36] JESUS A., E. SOUSA, M. T. CRUZ, H. CIDADE, J. M. S. LOBO, I. F. ALMEIDA. UV Filters: Challenges and Prospects. *Pharmaceuticals* [online]. 2022, **15**, 1-26 [cit. 2023-02-25]. Dostupné také z: <https://www.mdpi.com/journal/pharmaceuticals>
- [37] STIEFEL, C. a W. SCHWACK. Photoprotection in changing times – UV filter efficacy and safety, sensitization processes and regulatory aspects. *International Journal of Cosmetic Science*. 2015, **37**(1), 2-30 [cit. 2023-02-25]. DOI: 10.1111/ics.12165. ISSN 01425463. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/ics.12165>
- [38] LATHA M.S., MARTIS J., V SHOBHA, SHINDE R. S., BANGERA S. Sunscreen Agents A review. *The Journal of Clinical and Aesthetic Dermatology*. 2013, **6**(1), 16-26 [cit. 2023-03-07]. Dostupné také z:
- [39] GONZALEZ, S., GILABERTE Y., PHILIPS N., JUARANZ A. Current Trends in Photoprotection – A New Generation of Oral Photoprotectors. *The Open Dermatology Journal* [online]. 2011, **5**, 6-14 [cit. 2023-03-06]. Dostupné také z:
- [40] DRAELOS ZOE DIANA, THAMAN LAUREN A. *Cosmetic Formulation of Skin Care Products*. ISBN: 0-8493-3968-5
- [41] DAYAN NAVA. *Handbook of Formulating Dermal Applications: A Definitive Practical Guide*. Scrivener Publishing LLC [online]. 2016, 3-688 [cit. 2023-04-02]. DOI: 10.1002/9781119364221. ISBN: 9781119364221. Dostupné také z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119364221>
- [42] UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ. Analýza tuků a kosmetických přípravků. Zlín. Dostupné také z: <http://kosmetika.ft.utb.cz/Services/Downloader.ashx?id=387&disposition=inline>
- [43] ÁCSOVÁ, A., HOJEROVÁ, J., JANOTKOVÁ, L. ET AL. The real UVB photoprotective efficacy of vegetable oils: in vitro and in vivo studies. *Photochem Photobiol Sci* [online]. 2021, **20**, 139-151 [cit. 2023-04-05]. DOI: <https://doi.org/10.1007/s43630-020-00009-3>. Dostupné také z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s43630-020-00009-3#citeas>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

AgCl	Chlorid stříbrný
Da	Dalton
DNA	Deoxyribonukleová kyselina
EC	Epikatechin
ECG	Epikatechin galát
EGC	Epigalokatechin
EGCG	Epigalokatechin galát
EHMC	Ethxylhexyl methoxycinnamte
EU	Evropská unie
FDA	U.S. food and drug administration
GTPPs	Polyfenoly zeleného čaje
g	gram
IR	Infračervené
INCL	Mezinárodní názvosloví kosmetických ingrediencí
IU	International Unit
MED	Minimální erytémová dávka
mm	milimetr
mg/l	miligram na 1 litr
mg/kg	miligram na 1 kilogram
ng/g	nanogram na 1 gram
nm	nanometr
PABA	Kyselina 4-aminobenzoová
PLE	Polymorfní světelná erupce
ROS	Volný kyslíkový radikál
SPF	Sun protection factor

---

TiO <sub>2</sub>	Oxid titaničitý
USA	Spojené státy americké
UV	Ultrafialové záření
UVA	Dlouhovlnné ultrafialové
UVB	Středněvlnné ultrafialové
UVC	Krátkovlnné ultrafialové
VR	Viditelné záření
ZnO	Oxid zinečnatý
μg	Mikrogram
μg/l	Mikrogram na 1 litr

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1	Elektromagnetické spektrum – upraveno podle [15, s. 2] .....	12
Obrázek 2	Interakce UV záření s kůží – upraveno podle [12, s. 12227].....	14
Obrázek 3	Účinky UV záření na kůži: pozitivní (zelené) a negativní (červené) – upraveno podle [21, s. 5].....	18
Obrázek 4	Typické složení sunscreenu – upraveno podle [30, s. 189].....	22
Obrázek 5	Účinnost organického (vlevo) UV filtru a anorganického UV filtru – upraveno podle [29, s. 1013].....	23



**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1	Kožní fototypy pro středoevropskou oblast – upraveno podle [12, s. 12226].....	11
Tabulka 2	Vybrané látky s fotosenzibilujícím účinkem – upraveno podle [20, s. 25].....	17
Tabulka 3	Přehled derivátů kyseliny para-aminobenzoové – upraveno Podle [28], [33, s. 36].....	25
Tabulka 4	Přehled derivátů kyseliny skořicové – upraveno podle [28], [33].....	26
Tabulka 5	Přehled derivátů kyseliny salicylové – upraveno podle [28], [33].....	28
Tabulka 6	Přehled derivátů kafru – upraveno podle [28], [33].....	29
Tabulka 7	Přehled derivátů benzofenonu – upraveno podle [28], [33].....	30
Tabulka 8	Přehled derivátů triazonu – upraveno podle [28], [33].....	31
Tabulka 9	Přehled derivátů benzimidazolu – upraveno podle [28], [33].....	32