

# Látky rostlinného původu s fotoprotektivním účinkem v kosmetických přípravcích

Michaela Březíková

---

Bakalářská práce  
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

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

Akademický rok: 2023/2024

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Michaela Březiková**  
Osobní číslo: **T23779**  
Studijní program: **B0711A130009 Materiály a technologie**  
Specializace: **Biomateriály a kosmetika**  
Forma studia: **Kombinovaná**  
Téma práce: **Látky rostlinného původu s fotoprotektivním účinkem v kosmetických přípravcích**

## Zásady pro vypracování

Vypracujte literární studii na zadané téma.  
Zaměřte se na protekci pokožky proti UV záření, věnujte se problematice UV filtrů s důrazem na látky rostlinného původu a jejich využití v kosmetických přípravcích.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] Cefali LC, Ataide JA, Moriel P, Foglio MA, Mazzola PG. Plant based active photoprotectants for sunscreens. *Int J Cosmet Sci* 2016, 38(4):346-53. doi: 10.1111/ics.12316.
- [2] Mercurio DG, Wagemaker TA, Alves VM, Benevenuto CG, Gaspar LR, Maia Campos PM. In vivo photoprotective effects of cosmetic formulation containing UV filters, vitamins, Ginkgo biloba and red algae extracts. *J Photochem Photobiol B* 2015, 153:121-6. doi: 10.1016/j.jphotobiol.2015.09.016.
- [3] Dal Belo SE, Gaspar LR, Maia Campos PM. Photoprotective effects of topical formulations containing a combination of Ginkgo biloba and green tea extracts. *Phytother Res* 2011, 25(12):1854-60. doi: 10.1002/ptr.3507.
- [4] Saewan N, Jimtaisong A. Natural products as photoprotection. *J Cosmet Dermatol* 2015, 14(1):47-63. doi: 10.1111/jocd.12123.

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

Datum zadání bakalářské práce: **5. února 2024**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **17. května 2024**

L.S.

---

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

---

**Ing. Lucie Urbánková, Ph.D.**  
ředitel ústavu

## **PROHLÁŠENÍ AUTORKY 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, považuji 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 pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala. V případě publikace výsledků budu uvedena jako spoluautorka.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studentky: Michaela Březíková

.....  
podpis studentky

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá tématem rostlinných složek s fotoprotektivními schopnostmi a jejich možným využitím v kosmetice. Práce začíná úvodem do elektromagnetického vlnění. Další kapitola pokračuje stručným popisem interakce UV záření s pokožkou a vysvětlením reakcí kůže na UV záření. Poté je pozornost zaměřena na UV filtry a jejich vliv na mořský život a lidské zdraví. Poslední kapitola je věnována samotným rostlinným složkám s fotoprotektivní schopností.

Klíčová slova: ultrafialové záření, pigmentace, fotoprotekce, MAAs, polyfenoly, karotenoidy

## **ABSTRACT**

This bachelor's thesis deals with the topic of plant-based components with photoprotective abilities and their possible use in cosmetics. The thesis starts with an introduction to electromagnetic waves. The next chapter continues with a brief description of the UV light-skin interaction and an explanation of the skin's reactions to the UV radiation. Then the focus is directed to UV filters and their impact on marine life and human health. The last chapter is given to the plant-based components with photoprotective ability themselves.

Keywords: ultraviolet radiation, pigmentation, photoprotection, MAAs, polyphenols, carotenoids

V první řadě bych chtěla poděkovat mé vedoucí práce, Ing. Janě Pavlačkové, Ph.D., za její odborné rady a připomínky. Dále za její trpělivost, shovívavost, podporu a čas věnovaný mé práci.

Moje největší poděkování patří mojí mamce za její obrovskou podporu během tvorby bakalářské práce a během celého studia, které pro mě bylo tím dosud nejnáročnějším obdobím.

*„Všechno zlé je k něčemu dobré.“*

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>1 ELEKTROMAGNETICKÉ VLNĚNÍ</b> .....	<b>10</b>
1.1 ULTRAFIALOVÉ ZÁŘENÍ.....	11
1.2 OZONOVÁ VRSTVA .....	12
<b>2 INTERAKCE UV ZÁŘENÍ S KŮŽÍ</b> .....	<b>13</b>
2.1 KERATINIZACE .....	13
2.2 KYSELINA UROKANOVÁ .....	14
2.3 PIGMENTACE .....	14
2.4 AKUTNÍ REAKCE.....	15
2.5 CHRONICKÉ ZMĚNY .....	16
2.5.1 Aktinické stárnutí kůže .....	16
<b>3 FOTOPROTEKCE</b> .....	<b>17</b>
3.1 HISTORIE.....	17
3.2 PŘIROZENÁ FOTOPROTEKCE .....	18
3.3 PŘÍPRAVKY PROTI SLUNĚNÍ .....	18
3.3.1 Formy přípravků.....	19
3.3.2 Aplikace .....	20
3.3.3 Značení a tvrzení používaná pro přípravky proti slunění.....	21
3.4 PA A OCHRANNÝ FAKTOR .....	21
3.5 AKTIVNÍ SLOŽKY SUNSCREENŮ .....	23
<b>4 NEBEZPEČÍ UV FILTRŮ</b> .....	<b>25</b>
4.1 NEGATIVNÍ DOPAD NA VODNÍ ORGANISMY .....	25
4.2 NEGATIVNÍ DOPAD NA LIDSKÝ ORGANISMUS.....	26
<b>5 LÁTKY ROSTLINNÉHO PŮVODU S FOTOPROTEKTIVNÍM ÚČINKEM</b> .....	<b>29</b>
5.1 MYKOSPORINY A JIM PODOBNÉ AMINOKYSELINY .....	29
5.1.1 Mořské řasy .....	31
5.2 LÁTKY ROSTLINNÉHO PŮVODU S OBSAHEM POLYFENOLŮ .....	32
5.2.1 Flavonoidy.....	32
5.2.2 <i>Camellia sinensis</i> .....	34
5.2.3 <i>Ginkgo biloba</i> .....	34
5.2.4 <i>Silybum marianum</i> .....	35
5.2.5 <i>Vitis vinifera</i> .....	35
5.2.6 <i>Passiflora edulis</i> .....	35
5.2.7 <i>Spathodea campanulata</i> .....	35
5.3 KAROTENOIDY .....	35

5.3.1 Lykopen.....	36
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>37</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>39</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>51</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>53</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>54</b>



## ÚVOD

Kosmetické přípravky na rostlinné bázi jsou čím dál tím oblíbenější. Spotřebitelé je totiž považují za bezpečné a neškodné. Stejně tak je čím dál tím více zajímavá obsah kosmetických přípravků a jejich dopad na životní prostředí. Tato změna v chování spotřebitelů je způsobena snahou o zdravý a ekologický styl života.

Přípravky proti slunění jsou nezbytnou součástí každodenní péče o pleť, zejména v letních měsících, kdy je riziko vzniku karcinogenu kůže zvýšené. Narušená ozonová vrstva v některých koutech světa toto nebezpečí jen zvyšuje. Růst popularity přípravků proti slunění je proto zcela pochopitelný. Lidé hledají účinné způsoby, jak se chránit před škodlivými paprsky a udržovat si zdravý a mladistvý vzhled. Protože je kosmetický průmysl v neustálém růstu, očekává se, že popularita rostlinné kosmetiky bude pokračovat i v následujících letech. Současný kosmetický trh nabízí přípravky proti slunění s filtry fyzikálními, chemickými a hybridními. Výrobci certifikované biokosmetiky mají tedy jedinou možnost a tou jsou fyzikální filtry.

Rostliny mají vlastní ochranný systém, kterým se chrání vůči ultrafialovým paprskům. Disponují tedy látkami s fotoprotektivními vlastnostmi, z nichž nejznámější jsou rostlinná barviva flavonoidy a karotenoidy.

Cílem této bakalářské práce je vyhledat informace o rostlinných složkách s fotoprotektivní schopností a zhodnotit dle dostupných písemných pramenů jejich účinnost pro použití v kosmetických přípravcích. Dále bych ráda v této práci sdílela informace o škodlivých účincích UV filtrů a jejich dopadu na mořský život a lidské zdraví.

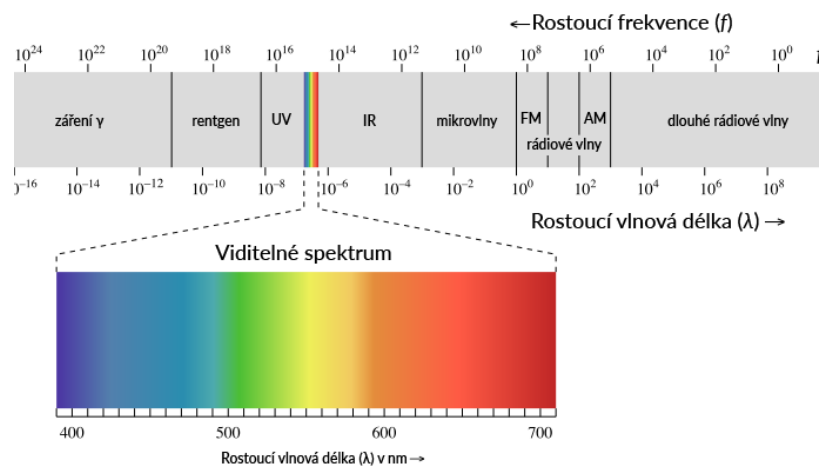
## 1 ELEKTROMAGNETICKÉ VLNĚNÍ

Do 19. století se mělo za to, že elektrina a magnetismus jsou dva odlišné jevy. To se však změnilo publikací skotského fyzika Clerka Maxwella (1831–1879), který zjistil, že světelný paprsek je příčná postupná vlna tvořená elektrickým a magnetickým polem [1], [2]. Elektromagnetické záření je charakterizováno několika fyzikálními veličinami, ke kterým patří frekvence vlnění  $f$ , vlnová délka  $\lambda$  a rychlost šíření vlnění  $v$ . Rostoucí frekvencí se zvyšuje nejen energie, ale také účinek na částice. Co to znamená? Čím kratší vlny, tím výrazněji se projevují vlastnosti záření. Jako důkaz je uveden výpočetní vztah (1) energie fotonu:

$$E = h \cdot f = \frac{h \cdot c}{\lambda} \quad (1)$$

kde  $h = 6,6260 \cdot 10^{-34}$  [J · s] je Planckova konstanta a  $c = 2,9979 \cdot 10^8$  [m · s<sup>-1</sup>] je rychlost světla.

Obrázek 1 zobrazuje elektromagnetické spektrum, které se podle frekvence a vlnové délky dělí na záření gama, rentgenové záření, ultrafialové (UV) záření, viditelné spektrum, infračervené záření, mikrovlny a radiové vlny. Záření dopadající na zemský povrch je filtrováno průchodem přes atmosféru. Z toho pouhých 5 % slunečního záření tvoří UV paprsky [3].



Obrázek 1 Elektromagnetické vlnění [4]

## 1.1 Ultrafialové záření

Ultrafialové záření se pohybuje na škále od 10 nm do 400 nm a dělí se podle vlnové délky na dlouhovlnné UVA (320–400 nm), středněvlnné UVB (290–320 nm) a krátkovlnné UVC (100–290 nm). Lidským okem je neviditelné a jediným přirozeným zdrojem je slunce. Ultrafialové záření nemá na hlubší průnik dostatečnou energii, proto zasahuje především *epidermis*, nejsvrchnější vrstvu kůže. Jestliže se podíváme z jiné perspektivy, UV záření je používáno k léčbě pacientů s chorobami jako je kožní tuberkulóza, křivice, lupénka a vitiligo, na něž nereagovala jiná metoda léčby, [5], [6]. Jedná se o tzv. fototerapii prováděnou vyškoleným zdravotnickým personálem pod dohledem dermatologa [5].

### UVA (320–400 nm)

Tvoří přibližně 90 % slunečního záření a zodpovídají za pigmentaci a předčasné stárnutí. Pronikají totiž až do *dermis*, což UVA paprskům umožňuje způsobit hlubší poškození kožní tkáně. Nicméně UVA záření je používáno jako hlavní typ světla ve většině solárií [7]. Mnozí lidé si mylně myslí, že chránit se vůči slunečním paprskům stačí jen v letním období, popř. při pobytu na horách. Jenomže paprsky UVA mají stejnou úroveň síly po celý rok, jsou aktivní i přes oblačnost a navíc mohou pronikat sklem [7].

### UVB (290–320 nm)

Tento typ záření je schopno způsobit popálení kůže [8]. Naštěstí je okolo 95 % UVB záření absorbováno ozonovou vrstvou [9]. Oproti UVA záření může být UVB záření blokováno sklem [7]. Jeho intenzita je závislá na ročním období a času. Vyhýbáním se UVB paprskům bude způsoben nedostatek vitamínu D. Při jeho nadměrné expozici dochází k přímému poškození DNA. Jak tedy bezpečně získáme vitamin D bez vážných následků? Z článku [10] vyplývá, že k udržení zdravé hladiny vitamínu D je pro lidi se světlou kůží dostačující expozice po dobu 10 až 30 minut, dle zvážení fototypu, a to třikrát týdně bez přípravku proti slunění. Lidé s tmavším odstínem kůže potřebují k udržení zdravé hladiny vitamínu D o něco delší čas [10].

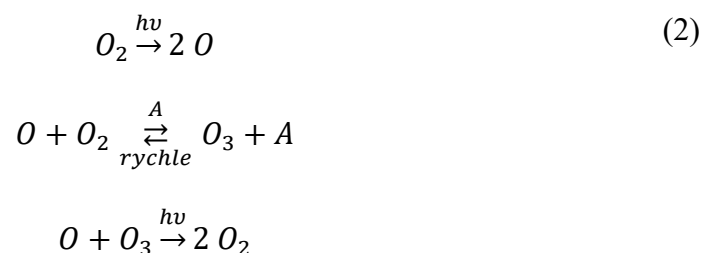
### UVC (100–290 nm)

Nebezpečné UVC záření je zcela blokováno ozonosférou (viz podkapitola 1.2). Pokud by člověk přišel do kontaktu s UVC paprsky, byť by se jednalo o velmi krátkou expozici, došlo by k těžkému poleptání kůže a poranění očí [5]. Předpokládá se, že rizika rakoviny kůže,

šedého zákalu nebo trvalé ztráty zraku jsou nízká, neboť UVC paprsky nepronikají hluboko do kůže [5].

## 1.2 Ozonová vrstva

Ozonová vrstva je součástí stratosféry a nachází se mezi 15 až 35 km nad zemí s vysokou koncentrací ozonu  $O_3$ , což je nestabilní modifikace kyslíku o třech atomech. Vzniká Chapmanovým cyklem (2) působením UV záření na dvouatomové molekuly kyslíku  $O_2$  [11], [12],

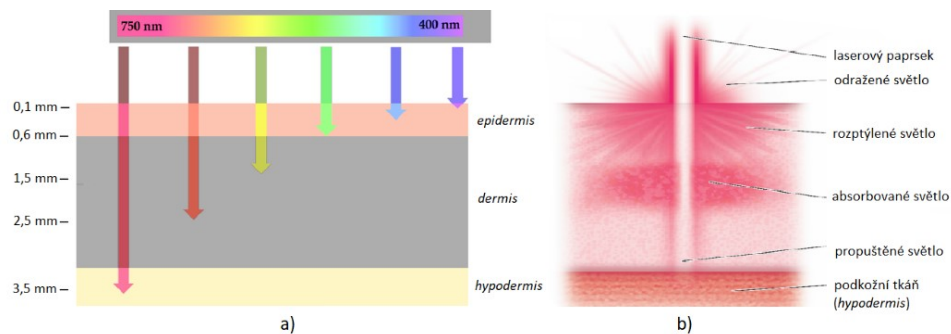


kde  $h\nu$  je sluneční záření obsahující dostatek energie na rozrušení chemické vazby a  $A$  je jakákoli nereaktivní molekula, která může absorbovat energii uvolněnou při reakci, aby stabilizovala  $O_3$  [13].

Funkcí ozonosféry je absorpce UV záření. Pohlcuje vlnové délky 100–294 nm, z čehož vyplývá, že UVA je zcela propustné, UVB částečně a před UVC jsme ještě stále chráněni. Nicméně ozonové díry propouští příliš mnoho agresivního UV záření, v důsledku čehož v Austrálii stoupá počet případů rakoviny kůže [14].

## 2 INTERAKCE UV ZÁŘENÍ S KŮŽÍ

Dennodenně jsme v přímém kontaktu s vnějším prostředím a tím se lidská kůže stává nejzranitelnějším orgánem. Naštěstí má vlastní ochranný systém, který funguje tak, že UV záření aktivuje složky imunitního systému a vyvolá zánětlivou reakci, která se projeví různými mechanismy [15]. Schéma znázorněné na Obr. 2a) ukazuje průřez kůže a hloubku proniknutí jednotlivých vlnových délek viditelného světla do kůže [16]. Nejhlouběji proniká



Obrázek 2 Interakce záření s kůží a) průnik viditelného světla; b) průnik červeného laseru, upraveno podle [17], [18]

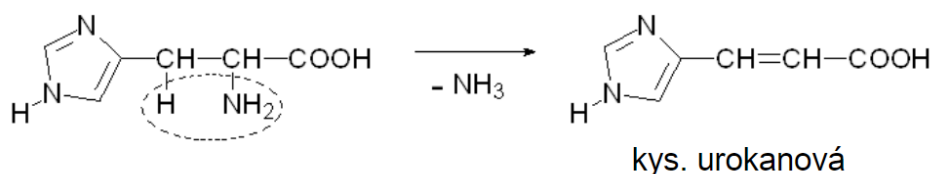
červené světlo. To je dáno tím, že při průniku světla o delší vlnové délce dochází k menšímu rozptylu a absorpci biologickými tkáněmi. Průnik světla do biologické tkáně je sám o sobě velmi komplexní proces, neboť světlo může být odraženo, rozptýleno, absorbováno nebo propuštěno [16]. Tyto čtyři primární interakce jsou excelentně graficky znázorněny na Obr. 2b) pro účinek laserového paprsku.

### 2.1 Keratinizace

Svrchní vrstva *epidermis* je složena z 5 vrstev – *stratum basale*, *stratum spinosum*, *stratum granulosum*, *stratum lucidum* a *stratum corneum*. Keratinocyty, buňky z nezrohovatělých vrstev, se tvoří v nejspodnější bazální vrstvě (*stratum basale*) a v průběhu postupného dozrávání jsou keratinizací proměňovány v korneocyty. Buňky se posouvají směrem k povrchu kůže, která je zakončena rohovou vrstvou (*stratum corneum*), kde odumírají a odlupují se ve formě šupin [19], [20]. Keratinizace je fyziologická odpověď na UV záření, při níž dochází ke hromadění keratinu v *epidermis* a trvá 2 až 4 týdny [3], [21]. Na povrchu pokožky vznikne vrstva z rohových buněk obsahující keratinové aminokyseliny (histidin, tyrosin, tryptofan), která absorbuje a odráží UV paprsky a jejich rozptyl do kůže. Tento jev lze pozorovat při výraznějším opálení, kdy se kůže začne jemně olupovat [3].

## 2.2 Kyselina urokanová

Kyselina urokanová je metabolitem aminokyseliny histidinu, který vzniká desaturační deaminací (viz Obr. 3). Působí jako chromatofor v *epidermis*, který absorbuje UV záření. Vylučuje se potem a patří do první linie ochrany kůže před UV zářením [22].



Obrázek 3 Desaturační deaminace histidinu za vzniku kyseliny urokanové [23]

## 2.3 Pigmentace

Rozeznáváme konstitucionální a fakultativní pigmentaci. Konstitucionální pigmentace je vrozená, geneticky podmíněná barva kůže, která není v přímém kontaktu s vnějšími faktory [24]. Patří sem třeba kůže vnitřní části paže. Fakultativní pigmentace je získána a vyvolána především slunečním zářením. Rozdíl v barvě kůže je dán obsahem tří pigmentů – melaninu, karotenu a hemoglobinu.

Melanin je pigment s vysokým obsahem tyrosinu, který je produkován melanocyty. Ukládá se ve speciální organele zvané melanosom, kde se rovněž zpracovává. Všechny melanocyty jsou propojeny se sousedícími keratinocyty, do nichž dendrity přenášejí pigment [25]. Taktéž patří do první linie poskytující ochranu proti poškození UV zářením a to tak, že blokuje UV záření a rozptýlí jej jako neškodné teplo [15]. Záření UVB zvyšuje produkci melaninu, čímž dochází ke ztmavnutí kůže.

Kůže produkuje melanin jako štít před poškozením UV zářením, kdy je tímto poskytována částečná ochrana před spálením, ovšem nejedná se o zdravě vypadající vzhled, který spousta lidí považuje za kosmeticky atraktivní, ale o obranyschopnost pokožky, která byla poškozena a snažila se jen chránit [6]. Opálení může vzniknout dvěma mechanismy, přičemž oba procesy jsou ovlivněny genetickými dispozicemi.

Časné pigmentační ztmavnutí vyvolané UVA zářením je prvním mechanismem projevující se šedivým zbarvením, které postupně hnědne. Začíná již během ozáření a vzniká v důsledku oxidace již přítomného melaninu. Ten je dále rozdělen do melanosomů, kde se buď posune do dendritických výběžků, nebo nahromadí u jádra keratinocyty [3], [26].

Pozdní pigmentace je naopak vyvolána UVB zářením, a jak již napovídá název mechanismu, projevuje se až za 72 hodin po ozáření a může přetrvávat až 8 týdnů. Dochází k syntéze nového melaninu, k ovlivnění tvaru melanocytů, růstu melanosomů a rychlosti transportu melaninu z melanocytů do keratinocytů [3], [26].

## 2.4 Akutní reakce

Mezi akutní reakce patří kromě pigmentace (viz podkapitola 2.3) také vznik erytému a syntéza vitamínu D.

### Erytém

Erytém, neboli zarudnutí, je projev zvýšeného objemu krve v žilních pleteních koria [26]. Pokud je vyvoláno UVB zářením, projeví se v průměru za 4 hodiny a vyvrcholí během 8. až 24. hodiny [27]. Většinou zmizí v průběhu několika dnů a je doprovázeno olupováním kůže. Starší lidé a lidé s velmi světlou kůží jsou náchylnější k déletrvajícimu erytému. Běloch potřebuje 30krát méně UVB záření k vyvolání erytému než černochoch [26]. Vznik zarudnutí závisí jak na vlastnostech kůže – stáří, tloušťka a oblast expozice, tak na vnějších faktorech – teplo, vítr a vlhkost.

### Syntéza vitamínu D

Vitamin D je obecný termín pro skupinu sekosteroidů nazývanou kalciferoly [28]. Vitamin D<sub>2</sub> je dominantní v rostlinách, kdežto vitamin D<sub>3</sub> v živočišných. Oba vitaminy jsou však v neaktivní formě, proto je potřeba je enzymaticky aktivovat. Syntézu vitamínu D umí jen UVB záření, nikoli UVA záření [14]. Při expozici kůže slunečnímu záření dochází k penetraci UVB fotonů do *epidermis*, kde jsou v plazmatické membráně absorbovány 7-dehydrocholesterolem [29]. Z něj fotochemicky vzniká cholekalciferol (vitamin D<sub>3</sub>), který je následně transportován proteinem vázajícím vitamin D (DBP—D-binding protein) do kapilárního řečiště [29]. V játrech probíhá jeho aktivace enzymem 25-hydroxylázou na 25-hydroxycholecalciferol (kalcidiol) a v ledvinách enzymem 1-hydroxylázou na 1,25-dihydrocholecalciferol (kalcitriol) [30].

Vitamin D<sub>3</sub> se v menším množství získává i z potravy. V tom případě pak nedochází k fotochemické přeměně, ale rovnou k transportu do jater. Udržuje koncentrace vápníku a fosfátu kvůli správné mineralizaci kostí a zároveň je důležitý pro jejich růst. Nedostatek vitamínu D způsobuje problémy s kostmi, u dětí může způsobit křivici a u dospělých osteomalacii nebo osteoporózu [30].

## 2.5 Chronické změny

### 2.5.1 Aktinické stárnutí kůže

Rozeznáváme aktinické (extrinické) a chronologické (intrinické) stárnutí. Ačkoliv chronologické stárnutí závisí pouze na času, aktinické stárnutí závisí na frekvenci slunění a na kožním pigmentu [31]. Odborně je nazýváno termínem „photoaging.“ Dlouhodobé vystavení kůže UV záření vede k degradaci kolagenových vláken a snížení obsahu elastinu [32]. Projevuje se jemnými a hrubými vráskami, nažloutlým zabarvením a suchou kůží. Photoaging je složitý biologický proces vyvolaný přímou absorpcí UV paprsků a fotochemickými reakcemi probíhajícími mezi reaktivními formami kyslíku (ROS – Reactive Oxygen Species) [31]. K největšímu poškození dochází v pojivové tkáni *dermis* [33]. Dlouhodobé působení UV záření může způsobit vznik aktinické elastózy, nerakovinného kožního onemocnění, které v překladu znamená „sluncem podmíněné elastické opotřebení kůže“ [14], [34]. Poškozením elastinových vláken v důsledku působení UV záření dochází k uvolňování enzymů, které rozkládají poškozený elastin [34]. Na nejvíce zasažených místech dochází ke vzniku nažloutlé a hrubé kůže s otevřenými póry připomínající pomerančovou kůru [35].



### 3 FOTOPROTEKCE

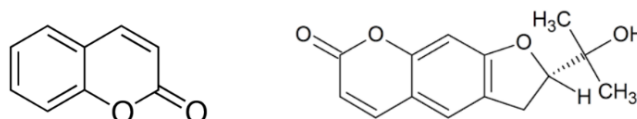
#### 3.1 Historie

Již staří Egypťané ve 4. tisíciletí př. n. l. svou kůži chránili před sluncem směsí zahrnující rýžové otruby, jasmín a vlčí bob. Rýžové otruby jsou schopné absorbovat UV záření, protože obsahují  $\gamma$ -Oryzanol – ester kyseliny ferulové a cykloartenolu (viz Obr. 4), jasmín pomáhá s opravou DNA a vlčí bob zesvětluje kůži [36], [37]. Primární však nebyla ochrana, ale jejich postavení v hierarchii kvůli barvě kůže, jejíž ideologie přetrvává dodnes v mnohých zemích, zejména v asijských.

Starověcí Řekové se chránili olivovým olejem. Pravdou ale je, že efektivně chránění vůči slunečnímu záření nebyli. Samotný olivový olej má totiž velmi nízký ochranný faktor (SPF – Sun Protection Factor) obvykle pohybující se pod hodnotou 8.

Na severoamerickém kontinentu domorodci, konkrétně národy Makah a Hesquiat, používali k prevenci a ke zklidnění popálenin extrakt z jedlovce západního (*Tsuga heterophylla*) [37].

Nejzajímavější je tradiční pudr thanaka používán více než 2000 let barmskými obyvateli (dnešní Myanmar). Vyrábí se ze dřeva a kůry stromů zvaných thanaka (např. *Limonia acidissima*, *Hesperethusa crenulata*) třením na kulaté kamenné desce zvané „kyauk pyin“ [38].



Obrázek 4 Kumarin (vlevo) [39], marmesin (vpravo) [40]

Získaný prášek se smíchá s vodou a ihned se aplikuje na kůži. Thanaka obsahuje dvě aktivní složky – kumarin a marmesin (viz Obr. 5), přičemž kumarin má antioxidační, antimikrobní a anti-aging vlastnosti a marmesin odpovídá za ochranu proti slunečnímu záření [41].

První známky o používání oxidu zinečnatého (ZnO) sahají až do 5. století př. n. l. Předpokládá se, že léčivá mast „pushpanjan“, o níž se psalo v ajurvédských textech Charaka Samhita, obsahovala uvedený oxid. Mast ale sloužila víceméně na hojení ran. Teprve až v 80. letech 20. století se vědci začali zajímat o jeho fotoprotektivní vlastnosti [42].

### 3.2 Přirozená fotoprotekce

Každý jsme se narodili s jedinečnou kůží, proto reakce na oslunění u každého probíhá jinak. Na základě evoluce a adaptace přírodním podmínkám vznikly rozdíly v pigmentaci kůže.

Objektivita klasifikace fototypů využívající vzhledové charakteristiky může mnohdy být vnímána rozporuplně. Působí to dojmem, jako by pouze lidé s odpovídající barvou vlasů a očí patřili k danému fototypu. Za více vypovídající je použití rozdělení podle reakce kůže na sluneční záření z autorského díla Karla Ettlera – Fotoprotekce kůže [43] viz Tab. 1.

Tabulka 1 Rozdělení kožních fototypů podle reakce kůže na sluneční záření [43]

Fototyp	Reakce kůže
I	Vždy zrudne, nepigmentuje
II	Zrudne, pigmentuje jen mírně
III	Zrudne zřídka, pigmentuje
IV	Nerudne, pigmentuje dobře
V	Arabové
VI	Černoši

### 3.3 Přípravky proti slunění

V souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č.1223/2009 odst. 7 [44], jsou přípravky proti slunění klasifikovány jako kosmetické přípravky a musí splňovat společná kritéria uvedená v příloze nařízení komise (EU) č. 655/2013 [45], konkrétně dodržování právních předpisů, pravdivost, důkazní prostředky, poctivost, čestnost a přijímání informovaných rozhodnutí. Nesmí se opomenout doporučení komise 2006/647/ES [46], které dodává, aby za přípravky proti slunění byly považovány pouze ty výrobky, jejichž výhradním či převážným účelem je chránit pokožku vůči UV záření pohlcením, rozptylem nebo odrazem paprsků.

Přípravky proti slunění jsou nazývány také jako opalovací krémy nebo tzv. sunscreeny. Podle vědeckých poznatků mohou zabránit předčasnému stárnutí kůže a chránit před potlačením imunitního systému v důsledku expozice slunečním zářením [46]. Měly by být účinné jak proti UVA, tak proti UVB. Bohužel, nelze zaručit úplnou ochranu před působením UV záření. Od roku 2002 navíc v Evropské Unii platí zákaz používání termínu „sunblock“, dle doporučení Cosmetics Europe, dříve COLIPA [47].

### 3.3.1 Formy přípravků

#### Emulzní forma

Za emulze jsou považovány lotiony nebo krémy, které jsou obvykle vyrobeny ze dvou vzájemně nemísitelných kapalných fází [48]. Jsou dva základní typy emulzí, a to emulze voda v oleji (V/O) a olej ve vodě (O/V). Tento typ formy se snadno dávkuje, roztírá na kůži a minimalizuje nežádoucí interakce mezi aktivními složkami [48]. Nicméně stabilizace této formy při vysokých teplotách je náročná [48], [49].

#### Gelová forma

Dělí se do čtyř kategorií – vodné, hydroalkoholické, mikroemulzní a bezvodé [49]. Vodné gely musí být na bázi vody a solubilizátory, kterými zde mohou být neionické povrchově aktivní látky, organická činidla a fosfátové estery [48]. Při kontaktu s vodou nebo potem se snadno smyje a poskytuje nízké SPF ve srovnání s ostatními typy gelů [48]. Hydroalkoholické gely se skládají z alkoholu ve spojení s vodou. Tento typ gelu je schopen chladivého efektu, ale snadno se smyje, může dráždit a také poskytuje nízké SPF [48]. Naopak mikroemulzní gely mají vysoké SPF a na kůži zanechávají hladký a rovnoměrný vzhled. [48]. Bezvodé formy se podobají mastím a jsou na bázi minerálního oleje v kombinaci s oxidem křemičitým (*Silica*).

#### Aerosolová forma

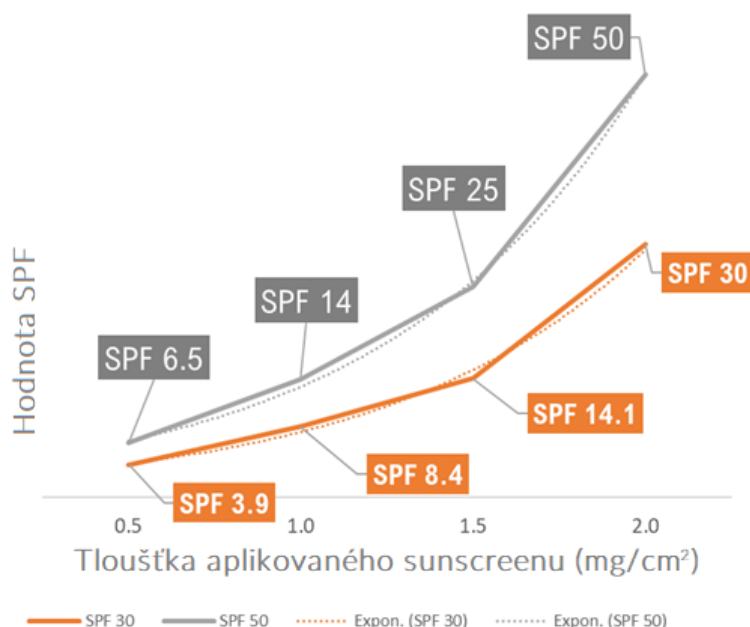
Aerosolové přípravky proti slunění se aplikuje snadno, ale může dojít k nerovnoměrnému nanesení ochranného filmu. Je pro ně typické, že jsou na olejové bázi, čímž se snižuje jejich účinnost [48].

#### Tyčinky

Pro jejich nízkou hmotnost a malé rozměry jsou nejpraktičtější formou. Dělí se do třech kategorií – matné, poloprůhledné a průhledné [49]. Tyčinky jsou vyráběny tak, že se ke dvěma primárním složkám emulze – olej a složka rozpustná v oleji, přidají vosky [48], [49].

### 3.3.2 Aplikace

Aplikace přípravků proti slunění by měla být každodenní rutinou u lidí s nízkým fototypem a u lidí, kteří berou léky způsobující fotosenzitivitu. Důležité je časté a opakované nanášení přípravku proti slunění i při zvýšené oblačnosti. Aby bylo dosaženo skutečného stupně ochrany deklarovaného na přípravku, je třeba aplikovat na tělo dospělého jedince  $2 \text{ mg/cm}^2$  sunscreenu, což se rovná přibližně 36 g [46]. Bohužel, pro průměrného člověka je to nereálné. Jako příklad lze uvést aplikaci levnějšího přípravku proti slunění značky SUNDANCE o objemu 100 ml s SPF 50 po zaokrouhlení za cenu 94,90,- Kč. Jedno balení by nám vyšlo pouze na tři použití. Když pominu veškeré ostatní faktory, finančně si to průměrný Čech nemůže dovolit, pokud by se měl během léta natírat každý den, kdy je UV záření nejintenzivnější, a zároveň dodržovat znovupoužití co 2 hodiny. Francouzská studie [50], financována Vichy Laboratories, o 58 dobrovolnících zjistila, že lidé na sebe aplikují v průměru  $0,5 \text{ mg/cm}^2$ , což je o 75 % méně [50]. Pokud by byl aplikován opalovací krém o hodnotě SPF 30 v uvedeném množství  $0,5 \text{ mg/cm}^2$ , jeho skutečná hodnota SPF by byla pouhých 3,9 (viz Obr. 6). Hodnota SPF deklarovaná na výrobku je totiž zachována pouze v případě, že je výrobek na kůži aplikován ve  $2 \text{ mg/cm}^2$  [51]



Obrázek 5 Vliv množství aplikovaného sunscreenu na skutečnou hodnotu SPF [51]

### 3.3.3 Značení a tvrzení používaná pro přípravky proti slunění

Součástí informací uváděných na obalech kosmetických přípravků jsou různé symboly. Nejčastěji jsou uváděny piktogramy nebo slovní termíny informující o složení přípravku (Bio, Vegan, Cruelty Free) a o době použitelnosti (otevřený kelímek). Nicméně u přípravků proti slunění jsou použity další typy značení.

Jestliže je opalovací přípravek označen jako širokospektrální (Broad Spectrum), bude nás chránit před UVA i UVB zářením. Místo toho mohou být také používány symboly UVA a UVB, protože ne vždy jsou přípravky účinné proti oběma typům záření.

Symbol „Reef-safe“ nebo „Reef-friendly“ označuje bezpečnost pro mořské živočichy. Takové produkty nesmí obsahovat nanočástice a chemické filtry, parfémy, konzervační látky a další škodlivé ingredience [52]. Obecně vzato většina opalovacích přípravků není vhodná pro mořský život (viz podkapitola 4.1).

Tvrzení voděodolný „Waterproof“ pro přípravek označuje odolnost nejen vůči vodě, ale i potu a dešti. Dle tohoto kritéria jsou přípravky kategorizovány jako voděodolné „Water Resistant“, a vysoce voděodolné „Very Water Resistant“. Rozdíl spočívá v efektivitě. Voděodolný přípravek musí mít po 40 minutách ve vodě stále poloviční ochranu. Vysoce voděodolné mají tuto podmínku dvojnásobně vyšší – 80 minut.

## 3.4 PA a ochranný faktor

Stupeň ochrany UVA (PA – Protection Grade of UVA) je systém hodnocení (Tab. 2) vyvinutý v Japonsku, kdy přibývající znaménka „+“ informují spotřebitele o úrovni ochrany před UVA zářením [53]. Přestože se systém v roce 2013 rozšířil o PA +++++, ne všechny státy na tuto změnu přistoupily a používají třístupňový systém s PA +++ jako nejvyšším stupněm UVA ochrany [54].

Tabulka 2 Úroveň ochrany podle PA [53]

Kategorie	PA
Určitá ochrana proti UVA záření	+
Mírná ochrana proti UVA záření	++
Vysoká ochrana proti UVA záření	+++
Velmi vysoká ochrana proti UVA záření	++++

Fotoprotektivní účinnost je charakterizována slunečním ochranným faktorem SPF, jehož hodnota je podíl (3) minimální erytérové dávky ( $MED_P$ ) na kůži po aplikování 2 mg/cm<sup>2</sup> sunscreenu a minimální erytérové dávky bez sunscreenu ( $MED_U$ ) [55]. Jinými slovy informuje, za jak dlouho nám zčervená pokožka působením slunečního záření při použití přípravku proti slunění v porovnání s expozicí bez patřičné ochrany [56]. Minimální erytérová dávka (MED) je definována jako nejnižší dávka UV záření, která během 24 hodin po ozáření způsobí zánětlivou reakci kůže [57].

$$SPF = \frac{MED_P}{MED_U} \quad (3)$$

Podle pravidel EU je SPF 50+ považována za nejvyšší možnou hodnotou a SPF 6 za nejnižší akceptovatelnou hodnotu pro přípravky proti slunění [47], [58]. Tabulka (Tab. 3) obsahuje kompletní rozsah hodnot se zařazením do kategorie dle úrovně ochrany.

Opalovací přípravky proti slunění s SPF 15 a vyšším mají povoleno uvádět tvrzení, že snižují riziko vzniku rakoviny kůže a předčasného stárnutí kůže zapříčiněné slunečním zářením [59].

Tabulka 3 Úroveň ochrany podle SPF [53]

Kategorie	SPF	Naměřené SPF
Nízká ochrana	6	6 až 9,9
	10	10 až 14,9
Střední ochrana	15	15 až 19,9
	20	20 až 24,9
	25	25 až 29,9
Vysoká ochrana	30	30 až 49,9
	50	50 až 59,9
Velmi vysoká ochrana	50+	60 ≤

### 3.5 Aktivní složky sunscreenů

#### Chemické filtry

Aby chemické neboli organické filtry skutečně fungovaly, musí se nejprve absorbovat do pokožky. Proto je nutné počkat 15 až 30 minut po aplikaci přípravku proti slunění před vystavením se slunečnímu záření [58], [60]. Teprve pak začnou chemické filtry chránit kůži absorbováním UV záření, které je následně přeměňováno v teplo a uvolňováno z těla [61]. Mělo by se jednat o látky fotostabilní a termostabilní. Klasifikují se na UVA filtry (antraniláty, benzofenony, dibenzoylmethany) a na UVB filtry (cinnamáty, deriváty kafru, deriváty kyseliny p-aminobenzoové, salicyláty) [48]. Chemicky se jedná o aromatické sloučeniny konjugované karbonylovou skupinou [58]. Ač se chemické filtry mohou pyšnit dobrou rozšířitelností a absencí bílého povlaku, pro přírodu a lidské zdraví tak prospěšné nejsou (viz podkapitola 4.1 a podkapitola 4.2).

#### Fyzikální filtry

Fyzikální, minerální nebo také anorganické filtry fungují na principu rozptýlení a odražení UV záření. Mezi tento typ patří dva oxidy kovů – oxid titaničitý  $\text{TiO}_2$  a oxid zinečnatý  $\text{ZnO}$ . Oxid titaničitý primárně chrání vůči UVB záření, kdežto oxid zinečnatý vůči UVA záření [62]. Nejideálnější je tedy jejich vzájemná kombinace. Účinnost minerálních filtrů závisí na velikosti částic a jejich rozptýlení [60]. Oproti chemickým filtrům fungují ihned po aplikaci na kůži a jsou bezpečné, jelikož se neabsorbují do kůže [63]. Nicméně mají estetickou nevýhodu a tou je bílý povlak po nanesení na pokožku způsobený většími částicemi [63]. Tomu se dá předejít jejich zmenšením na nanočástice mikronizací, která se na příslušných oxidech kovů provádí od počátku 90. let [55], [48]. Když jsou částice menší než vlnová délka viditelného světla, viditelné světlo je propuštěno a částice se zdají být průhledné [62]. Podle článku 19 odst. 1 písm. g) nařízení (ES) č. 1223/2009 musí být tato úprava vždy uvedena ve složení za názvem přísady v závorce se slovy „nano“ [44]. Již několik let se zkoumá fosfát ceritý ( $\text{CePO}_4$ ) jako potenciální minerální filtr, který vykazuje nízkou interakci s organickými filtry a vysokou stabilitou po aplikaci na kůži [64]. Na základě studie [65] z roku 2024 je slibným kandidátem pro použití v přípravcích proti slunění [65].

### Hybridní filtry

Kombinuje minerální a chemický UV filtr, což mu dává schopnost odrážet i absorbovat UV záření [66]. Používají se u dermokosmetických přípravků [67]. Známými zastupiteli hybridních filtrů jsou Tinosorb M (*Methylene Bis-Benzotriazolyl Tetramethylbutylphenol*) a Tinosorb S (*Bis-Ethylhexyloxyphenol Methoxyphenyl Triazine*) od německého výrobce BASF [68], [69].

### Látky rostlinného původu

V průběhu evoluce se rostlinám, živočichům a mikrobům podařilo vyvinout vlastní ochranné mechanismy, který jim pomáhají vyrovnat se s UV zářením [70]. Jeden z mechanismů spočívá v absorpci UV energie fotonem a následné emise méně škodlivé energie [71]. Je známo, že kromě fotoprotektivní schopnosti mají i antioxidační účinky, proto by mohly být využívány v přípravcích proti slunění. Nicméně vzhledem k závažnosti následků UV záření je zapotřebí dalších studií, které by nám umožnily získat přesnější informace o jejich doporučeném dávkování a o jejich účinnosti v prevenci rakoviny kůže [63].

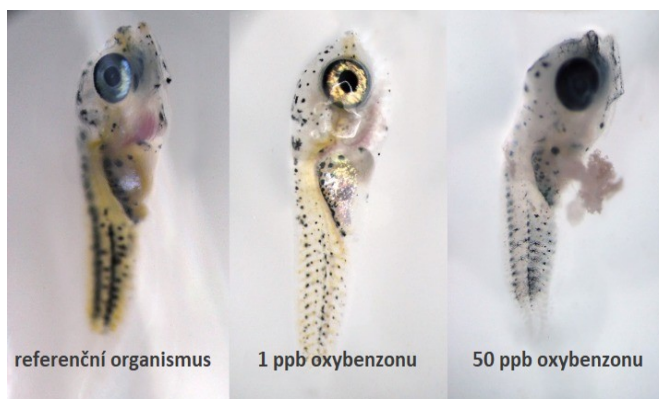


## 4 NEBEZPEČÍ UV FILTRŮ

### 4.1 Negativní dopad na vodní organismy

Syntetické UV filtry mají negativní dopad na život vodních organismů. Dochází k hormonálním změnám a endokrinnímu narušení u ryb, savců a obratlovců, ohrožení mláďat savců při kojení, dochází k produkci peroxidu vodíku a bělení korálů, což vede k jejich úhynu [72], [73]. Třeba Oxybenzon je známý endokrinní disruptor, což jsou látky měnící funkci endokrinního systému, a je schopen feminizace rybích samců [74].

Na Obr. 7 vlevo je zdravá larva *Pseudochromis fridmani* jako referenční organismus. Při koncentraci 1 ppb (= 0,001  $\mu\text{g/g}$ ) Oxybenzon došlo k výrazné barevné změně, načež koncentrace 50 ppb (= 0,05  $\mu\text{g/g}$ ) byla pro larvu letální.



Obrázek 6 Působení Oxybenzonu na larvu *Pseudochromis fridmani*. Upraveno podle [73].

Je třeba zdůraznit, že k ohrožení vodních organismů dochází i prostřednictvím vodního odpadu, který se následně může dostat do vodních toků a moří. Již zmiňovaný Oxybenzon je během 20 až 30 minut detekovatelný v moči [74].

Nezisková vědecká organizace Haereticus Environmental Laboratory (dále jen HEL), zabývající se ochranou divoké přírody a ekosystémů, vytvořila seznam chemikálií HEL List, které ohrožují vodní prostředí a živočichy [75]. V důsledku negativního dopadu syntetických UV filtrů některé státy již zavedly zákaz prodeje opalovacích krémů obsahujících Oxybenzon, Oktokrylen a Avobenzon [52], [76].

Tabulka 4 Kosmetické přísady z HEL List (\* = pouze jejich nanočásticová forma) [75]

Název INCI	Chemický název	Funkce
<i>4-Methylbenzylidene Camphor</i>	3-(4-Methylbenzyliden)-dl-kafr/ Enzakamen	UV filtr
<i>Benzophenone-3</i>	2-Hydroxy-4-methoxybenzofenon/Oxybenzon	UV filtr
<i>Benzylparaben</i>	Benzyl-4-hydroxybenzoát	konzervant
<i>Butylparaben</i>	Butyl 4-hydroxybenzoát	konzervant
<i>Butyloctyl Salicylate</i>	Butyloctyl salicylát	rozpouštědlo
<i>Ethylhexyl Methoxycinnamate</i>	2-Ethylhexyl-(4-methoxycinnamát)/Oktinoxat	UV filtr
<i>Ethylhexyl Salicylate</i>	2-Ethylhexylsalicylát/Oktisalát	UV filtr
<i>Ethylparaben</i>	Ethyl-4-hydroxybenzoát	konzervant
<i>Homosalate</i>	3,3,5-Trimethylcyclohexyl-2- hydroxybenzoát/Homosalát	UV filtr
<i>Methylparaben</i>	Methyl-4-hydroxybenzoát	konzervant
<i>Octocrylene</i>	2-Ethylhexyl-3,3-difenyl-2- kyanoprop-2-enoát/Oktokrylen	UV filtr
<i>PABA</i>	Kyselina paraaminobenzoová	UV filtr
<i>Propylparaben</i>	Propyl-4-hydroxybenzoát	konzervant
<i>*Titanium Dioxide (nano)</i>	Oxid titaničitý	UV filtr
<i>Triclosan</i>	5-Chlor-2-(2,4-dichlorfenoxy)fenol	konzervant
<i>*Zinc Oxide (nano)</i>	Oxid zinečnatý	UV filtr

Do seznamu mimo jiné patří veškeré mikroplasty, nanočástice a některé polymery. V roce 2022 vyšel rozhovor s Craig Downs, výkonným ředitelem neziskové organizace HEL, který uvedl, že do seznamu mají v plánu zařadit i chemický UV filtr Avobenzon (*Butyl Methoxydibenzoylmethane*) [77].

## 4.2 Negativní dopad na lidský organismus

Stále se jedná o diskutabilní problematiku, kdy se mohou závěry jednotlivých studií lišit. Skrytým nebezpečím pro lidi jsou i bazény s chlorovanou vodou, neboť chlor reaguje s organickými UV filtry za vzniku nebezpečných produktů [78]. Byl zaznamenán nárůst toxicity UV filtrů, u kterých došlo k chloraci v důsledku kontaktu s chlorovanou bazénovou

vodou [79]. V posledních letech byla zvýšena pozornost k některým chemickým filtrům. Environmental Working Group (dále jen EWG) shrnula zdravotní rizika šesti chemických filtrů a dvou minerálních filtrů přehledně, viz Tab. 5 [80]. Některé organické filtry, jako jsou benzofenony a PABA, mohou způsobit ekzematické dermatitidy, pocit pálení a bylo zjištěno, že zvyšují riziko rakoviny kůže [48].

Tabulka 5 Souhrn zdravotních problémů spojených s aktivními složkami sunscreenů, upraveno podle [80]

<b>UV filtr</b>	<b>Proniknutí kůže</b>	<b>Narušení hormonální rovnováhy</b>	<b>Kožní alergie a jiné obavy</b>
<i>Benzophenone-3</i>	ano	ano	ano
<i>Ethylhexyl Methoxycinnamate</i>	ano	ano	ano
<i>Homosalate</i>	ano	ano	ano
<i>Ethylhexyl Salicylate</i>	ano	ne	ne
<i>Octocrylene</i>	ano	ne	ano
<i>Butyl Methoxydibenzoylmethane</i>	ano	ano	ano
<i>Titanium Dioxide</i>	ne	ne	ano – obavy z inhalace
<i>Zinc Oxide</i>	ne	ne	ano – obavy z inhalace

Alarmující výsledky byly zjištěny již ve studii [81] z roku 2004, kdy Oxybenzon byl přítomen v 96,8 % vzorků moči z celkového počtu 2 517 [81]. Oxybenzon je spojován s rizikem vzniku kontaktní dermatitidy a fotokontaktní dermatitidy, přičemž v závažných případech může dojít i k anafylaxi [82]. Dne 7. července 2022 vyšlo Nařízení Komise (EU) č. 2022/1176, kterým se mění nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1223/2009, pokud jde o používání některých filtrů ultrafialového záření v kosmetických přípravcích.

V této legislativně došlo ke změně povolená maximální koncentrace Oxybenzonu z 6 % na 2,2 % [83]. Kvůli zdravotním rizikům v souvislosti s Oxybenzonem EWG doporučuje vybírat přípravky proti slunění, které neobsahují tuto látku [80].

V lednu 2020 byla zveřejněna klinická studie [84] od amerického Úřadu pro kontrolu potravin a léčiv (FDA – Food and Drug Administration), ve které bylo testováno šest chemických filtrů – Avobenzon, Homosalát, Oktinoxat, Oktisalát, Oktokrylen a Oxybenzon. Všechny byly zaregistrovány v krevním oběhu, a to i po jednom použití. Jejich koncentrace v krvi přetrvávala ve značném množství, a to i po několika dnech od aplikace [85].

Francouzsko-americkou studií [86] z března 2021 bylo prokázáno, že chemický UV filtr Oktokrylen je schopen přeměny na Benzofenon, látku podezřelou z karcinogenní aktivity, prostřednictvím retro-aldolové kondenzace [87], [88]. Vědeckým výborem pro bezpečnost spotřebitelů (SCCS) bylo prohlášeno, že je si vědom této skutečnosti [88].

Dne 3. 4. 2024 v Evropské Unii vyšlo Nařízení Komise (EU) č. 2024/996, kterým se chemický filtr *4-Methylbenzylidene Camphor* zakazuje s platností od 1. května 2025, protože „...existují dostatečné důkazy o tom, že *4-Methylbenzylidene Camphor* může působit jako látka narušující činnost žláz s vnitřní sekrecí a má účinky jak na štítnou žlázu, tak na estrogenní systémy, a že není možné odvodit maximální koncentraci pro jeho bezpečné použití.“ [89]

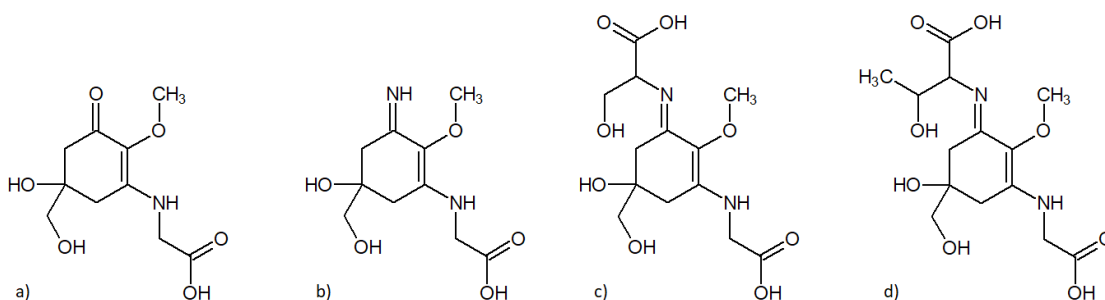
Americká nezisková organizace EWG také nedoporučuje používat práškové produkty nebo spreje obsahující ZnO a TiO<sub>2</sub> o jakékoli velikosti částic kvůli obavám z možné inhalace. Vdechnutí nanočástic by mohlo být nebezpečné, protože plíce mají potíže se zpracováním malých částic a mohly by putovat z plic do krevního řečiště. Pro hlubší zjištění, do jaké míry mohou nanočástice poškodit buňky a orgány, je třeba věnovat více výzkumů. I přesto EWG věří, že přípravky proti slunění obsahující ZnO a TiO<sub>2</sub> patří mezi ty nejlepší na trhu [90]. Navíc většina nanočástic dokáže produkovat radikály ROS a jsou dostatečně malé k tomu, aby se dostaly hlouběji do kůže skrz *stratum corneum* [48].

## 5 LÁTKY ROSTLINNÉHO PŮVODU S FOTOPROTEKTIVNÍM ÚČINKEM

Stovky milionů let byly u rostlin vyvíjeny strategie pro přežití před UV zářením. Jejich systém ochrany proti UV záření připomíná fotochemickou bariéru lidské kůže [91]. V této kapitole bude představeno několik nadějných látek rostlinného původu, které by mohly být v budoucnu přínosem pro kosmetický průmysl kvůli svým fotoprotektivním schopnostem, biodegradabilitě a biokompatibilitě.

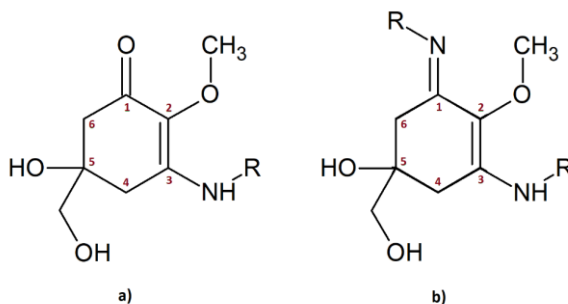
### 5.1 Mykosporiny a jim podobné aminokyseliny

Některým organismům se podařilo vyvinout biochemickou a mechanickou obranyschopnost vůči poškození UV zářením. Mezi tyto organismy patří sinice, houby, mikrořasy, mořské řasy, korály, lišejníky, ale i sladkovodní a mořští živočichové [72]. Zmíněné organismy spojuje přítomnost průhledných, ve vodě rozpustných sloučenin zvaných MAAs (Mycosporine-like Amino Acids). Podle chemické struktury se MAAs dělí na mykosporiny a MAA (Mycosporine-like Amino Acid). Ač se na první dojem může zdát, že se jedná o synonyma, není tomu tak. Jejich chemická struktura se liší, mykosporiny mají jeden modifikovaný aminokyselinový zbytek (Obr. 11a, b), zatím, co MAA (Mycosporine-like Amino Acid) mají dva aminokyselinové zbytky (Obr. 11 c, d).

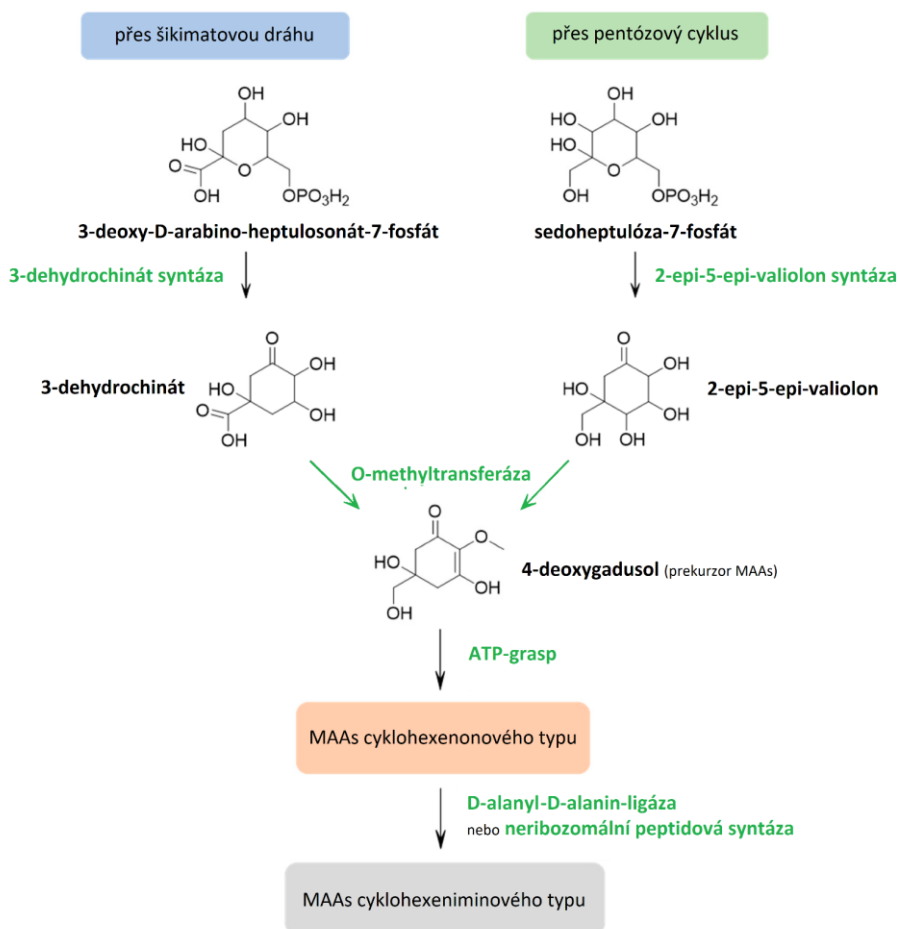


Obrázek 7 Obrázek 8 Mykosporin-glycin (a), palythin (b), šinorin (c), porfyra-334 (d) [92]

Poloha C3 je vždy substituována aminoskupinou, kdežto poloha C1 může být substituována buď oxo- nebo imino- skupinou.



Obrázek 8 Mykosporin (vlevo), MAA (vpravo) [92]



Obrázek 9 Biosyntéza MMAs, upraveno podle [72]

MAAs vznikají biosyntézou, která probíhá šikimátovou dráhou nebo pentózovým cyklem. Šikimátovou dráhou se prostřednictvím enzymu 3-dehydrochinát syntázy z 3-deoxy-D-arabino-heptulosonát-7-fosfátu vyrobí 3-dehydrochinát, který se následně přemění na prekursor 4-deoxygadusol za pomoci enzymu O-methyltransferázy.

V pentózovém cyklu sedoheptulóza-7-fosfát poskytne 2-epi-5-epi-valiolon za pomoci enzymu 2-epi-5-epi-valiolon syntázy a následně dojde k přeměně molekuly na 4-deoxygadusol.

Objeveny byly poprvé v 60. letech 20. století, ale zájem o ně se začal zvyšovat až teprve v posledních dvou dekadách [93]. Tyto látky jsou pro kosmetický průmysl zajímavé svými vlastnostmi, jako je vysoké absorpční maximum v rozsahu od 310 do 365 nm, fotostabilita, schopnost bránit tvorbě dimerů thyminu vznikající působením UV záření, odolnost vůči několika abiotickým stresorům (např. teplota, slanost, pH) a schopnost absorbovat UV záření a rozptýlit energii bez vytváření reaktivních fotoproduktů [32]. Koncentraci MAAs v organismu určuje množství světla, teplota, hloubka, slanost, pH a živiny [94]. Zvýšený obsah MAAs byl zjištěn v prostředí se zásaditým pH, se silným UV zářením a s vysokou koncentrací fosfátů a dusičnanů [72]. Nejoblíbenější metodou pro detekci MMAs je vysokoúčinná kapalinová chromatografie (HPLC) [72].

Ve studii [95] bylo prokázáno, že testované formulace opalovacích přípravků obsahující MAAs vykazovaly podobné SPF hodnoty jako referenční opalovací krém složený ze syntetických UV filtrů v podobných procentuálních hodnotách [95]. Nicméně přírodní přípravky proti slunění nejsou jediným možným využitím MMAs, neboť prokazují i antioxidační, protizánětlivou a antiaging schopnost, což by se dalo uplatnit v pleťových krémech či pleťových sérech. Mohly by dokonce najít uplatnění i v biomateriálech, jelikož šinorin, mykosporin-glycin a porfyrin-334 prokázaly významný vliv na hojení ran u lidských keratinocytů [94].

### 5.1.1 Mořské řasy

Klasifikují se na zelené řasy (*Chlorophyta*), červené řasy alias ruduchy (*Rhodophyta*) a hnědé řasy alias chaluhy (*Phaeophyta*). Jsou velmi důležitými obyvateli oceánů, neboť poskytují přístřeší a potravu mořským živočichům, ale také umí absorbovat znečišťující látky. Mořské řasy jsou schopné fotosyntézy a uvolňují tedy kyslík – jsou zodpovědné za 50 % až 80 % kyslíku na Zemi [96]. Kromě toho je odhadováno, že zachycují přibližně 175 milionů tun uhlíku, což představuje 10 % celosvětových automobilových emisí [96].

Přibližný obsah MMAs v mořských řasách byl získán týmem Yingying Sun a spol. Nejméně bylo detekováno u hnědých řas, které vykazovaly hodnoty nepřesahující 0,2 mg/g suché hmotnosti [97]. U zelených řas se obsah MMAs pohyboval mezi 0,0045 až 0,275 mg/g suché hmotnosti, avšak u druhů patřících do řádu *Prasiolales* byl zjištěn obsah vyšší

než 3,5 mg/g [97]. Nejvyšší obsah MMAs byl nalezen u červených řas, jejíž hodnoty se u většiny druhů pohybovaly mezi 2 až 20 mg/g suché hmotnosti, přičemž řasy patřící do rodu *Rhodomenia* měly průměrný obsah 75,85 mg/g suché hmotnosti MMAs [97]. Podle studie [98] je extrakt z červené řasy *Porphyra Umbilicalis* výbornou aktivní ingrediencí, která by mohla nahradit organické filtry v přípravcích proti slunění, neboť vykazovala jedinečné účinky z hlediska ochrany před poškozením DNA slunečním zářením [98].

Z mořských řas se MAAs zatím získávají především extrakcí pevná látka/kapalina v polárním rozpouštědle, jako je ethanol, methanol nebo jejich směs s vodou, nicméně jejich nízký obsah a rozpustnost ve vodě jsou stále velkou výzvou [72]. Další problém spočívá v chirálním centru, které komplikuje chemickou syntézu MAAs [99]. K nalezení efektivnějších metod by investice do výzkumů byla nezbytná [94].

Švýcarská společnost Mibelle AG Biochemistry vyvinula patentované komplexy Helioguard™ 365 a Noriguard-nc, které jsou založeny na zapouzdření směsi MAAs z červené řasy *Porphyra Umbilicalis* do lipozomů [100], [101]. Směs je vytvořena ze šinorin a porfyra-334. Komplex Helioguard™ 365 do svých výrobků zahrnuli třeba výrobci profesionální kosmetiky Ekseption a Maximum Active Dermaceuticals (M.A.D.). Dalším patentovaným komplexem je HELIONORI® od francouzské společnosti Gelyma, jehož směs je složena z šinorinu, porfyru a palythinu. Všechny tyto komplexy poskytují ochranu vůči UVA záření, naopak minimální ochranu vůči škodlivějšímu UVB záření [72].

## 5.2 Látky rostlinného původu s obsahem polyfenolů

Polyfenoly jsou sekundární rostlinné metabolity, do které se řadí fenolové kyseliny, flavonoidy, třísloviny, kumariny a stilbeny [102]. Fenolické sloučeniny absorbují UV záření na základě přítomnosti chromoforů v jejich molekule [103].

### 5.2.1 Flavonoidy

Některé rostliny potřebují slunce pro fotosyntézu a tedy se mu nemohou zcela vyhýbat. Proto byly u těchto rostlin vyvinuty speciální pigmenty – flavonoidy, které se po expozici UVB záření začnou hromadit a působit jako sunscreen [104]. Flavonoidy jsou sekundární metabolity rostlin mající fotoprotektivní, antioxidační, a protizánětlivé schopnosti. Přispívají také k prevenci rakoviny [105]. Přítomnost konjugovaných dvojných vazeb nebo aromatických jader v molekulách flavonoidů jim dává schopnost absorbovat



UV záření o rozsahu 200–400 nm [106]. Podle chemické struktury se dělí na flavony, flavonoly, flavanony, isoflavonoidy, katechiny a antokyany [107].

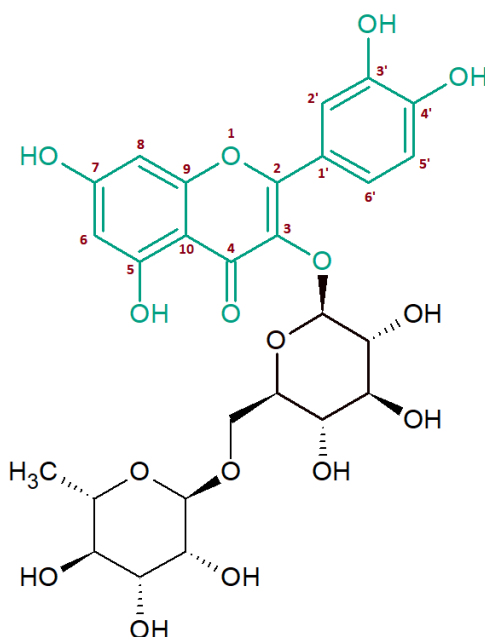
Pro tuto část jsou významné látky kvercetin a rutin. Metodou *in vitro* bylo zjištěno, že vykazují hodnoty SPF podobné hodnotám chemického filtru *Homosalate* [108]. [109].

#### Kvercetin

Zdrojem kvercetinu jsou jablka, hrozny, cibule, rajčata, čaj a *Ginkgo biloba* [110], [109]. Chemický základ kvercetinu je složen z 2-fenylchroman-4-on, na který je vázáno pět hydroxylových skupin, a to v pozicích 3, 3', 4', 5 a 7 (Obr. 16). Jeho zbarvení je zářivě citronově žluté a je dobře rozpustný v polárních aprotických rozpouštědlech. Svůj název získal podle dubu sametového *Quercus velutina*, z jehož kůry je získáván [111]. Kvercetin by mohl mít synergický efekt v kombinaci s oxidem zinečnatým, protože ve studii [112] byly pro tuto kombinaci naměřeny hodnoty SPF  $29.70 \pm 4.96$  a pro UVA-PF  $16.42 \pm 1.67$  [112].

#### Rutin

Rutin je glykosidová forma kvercetinu, známý také jako vitamin P. Chemická struktura rutinu (kvercetin-3-O-rutinosid) vychází z již zmíněného kvercetinu, na němž je hydroxyskupina v pozici C3 substituována disacharidem rutinózou, který je tvořen glukózou a ramnózou.



Obrázek 10 Chemická struktura rutinu, kvercetin je barevně odlišen [92]

Pro rutin je charakteristická žlutá až žlutozelená barva podobná síře, avšak bez zápachu (viz Obr. 11). Poprvé byl objeven v routě vonné *Ruta graveolens*, podle které byl pojmenován. Je syntetizován u vyšších rostlin jako ochrana vůči UV záření a chorobám [113]. Kvantitativní analýza rutinu je prováděna chromatografickými metodami jako je tenkovrstvá chromatografie (TLC) a vysokoúčinná kapalinová chromatografie (HPLC) [113]. Plodem kaktusu *Hylocereus polyrhizus* je dračí ovoce, jehož slupka je bohatá na rutin a právě z jejího extraktu byla naměřena hodnota SPF až 35,02 [114]. Autoři studie [112] se domnívají, že by rutin mohl mít synergický efekt s  $\text{TiO}_2$ , neboť v této kombinaci byla hodnota SPF  $34.29 \pm 8.31$  a hodnota UVA-PF  $16.25 \pm 2.71$  [112].

### 5.2.2 *Camellia sinensis*

Čerstvě sklizené listy čajovníku čínského (*Camellia sinensis*) se zpracovávají pro každý druh čaje jinak [115]. Zelený čaj je vyráběn z čerstvých listů a obsahuje čtyři hlavní typy polyfenolů – epikatechin, epikatechin-3-gallát, epigallokatechin a epigallokatechin-3-gallát. Jsou schopné eliminovat škodlivé radikály ROS vznikající v důsledku UV záření [116]. Kromě polyfenolů obsahuje kofein, a alkaloidy theobromin a theofylin [117]. Nejrozsáhleji prozkoumaný epigallokatechin-3-gallát tvoří přibližně 65 % z celkového obsahu katechinů [115]. Má zklidňující a fotoprotektivní vlastnosti, nicméně nejedná se o náhradu za každodenní používání přípravku proti slunění. Při obsahu 1–5 % si umí poradit s mastnotou pleti [118]. Má pozitivní účinky při léčbě několika kožních problémů jako je lupénka, atopický ekzém nebo poškození kůže UV zářením [119]. K zabránění oxidaci a polymeraci polyfenolů je podstatné, aby listy prošly fermentačním procesem, který tyto nežádoucí účinky eliminuje [112]. Ve studii [120] byla při koncentraci 400  $\mu\text{g/ml}$  extraktu ze zeleného čaje naměřena hodnota SPF  $31.02 \pm 0.72$  za použití UV-VIS spektrofotometru [120]. Bohužel se jedná o vysoce nestabilní látku, a to i ve své nejpřirozenější formě [119]. Jeho kombinace s rostlinným extraktem *Ginkgo biloba* zkoumaná ve studii [121] se ukázala jako vhodná, neboť se jejich fotoprotektivní účinky vzájemně doplňovaly [122].

### 5.2.3 *Ginkgo biloba*

Jinan dvoulaločný (*Ginkgo biloba*) je dvoudomý opadavý strom s charakteristickým vějířkovitým tvarem listů, který je znám pro své léčivé účinky. Extrakty z *Ginkgo biloba* obsahují flavonoidy, biflavony a terpenilaktony [123], [122]. Je používán v produktech jako antioxidant, neboť působí proti volným radikálům [122]. Při experimentu na myších byly kladně vyhodnoceny fotoprotektivní účinky extraktu z *Ginkgo biloba* [122].

#### 5.2.4 *Silybum marianum*

Ostropestřec mariánský (*Silybum marianum*) je lékařská rostlina obsahující těkavé oleje a sekundární metabolity, jako je polyfenol silymarin [115]. Byl poprvé izolován v 17. století a je získáván ze semen ostropestřce [124]. Dokáže snížit poškození, které bylo způsobeno UVB zářením nebo chemikáliemi [110].

#### 5.2.5 *Vitis vinifera*

Olej z hroznových jader je bohatý na mononenasyčené mastné kyseliny a antioxidanty [125]. Obsah polyfenolů v jadérkách hroznového vína může dosáhnout až 70 % [116]. Ve slupce červených hroznů dominují antokyany, zatímco v stoncích a jadérkách flavonoidy [126]. Dále obsahuje resveratrol (trans-3,4',5-trihydroxystilben), který má výborné antioxidační a protizánětlivé vlastnosti [116]. Přídavek extraktu z hroznových jader může vylepšit účinnost syntetických přípravků proti slunění [126].

#### 5.2.6 *Passiflora edulis*

Po zpracování plodu mučenky jedlé (*Passiflora edulis*) je vyhazováno obrovské množství vedlejšího odpadu – slupek a semen. Extrakty ze semen jsou používány v různých odvětvích, včetně kosmetického průmyslu, kde vynikají svou silnou antioxidační aktivitou a účinností ochrany před UV zářením. Jeho SPF hodnota je srovnatelná s látkami, jako je Oxybenzon a Oktinoxát [127]. Slupky obsahují významné množství fenolických sloučenin, [128].

#### 5.2.7 *Spathodea campanulata*

Oranžově-šarlatové květy afrického tropického stromu *Spathodea* zvonkovitá (*Spathodea campanulata*) mají protisluneční aktivitu. Studií [129] bylo prokázáno, že extrakt z květů *Spathodea campanulata* má schopnost absorbovat UV záření [129] a vykazuje přiměřenou absorpci UV záření v rozsahu 280-330 nm [116]. Je tedy vhodná jako bezpečnější alternativa ke škodlivým chemickým filtrům [116].

### 5.3 Karotenoidy

Karotenoidy jsou lipofilní sekundární metabolity s fotoprotektivním potenciálem, které představují rozsáhlou skupinu žluto-oranžových barviv [130]. Barevné karotenoidy jsou pro rostliny nezbytné, protože jejich absencí utrpí vážné fotooxidační poškození vedoucí k záhybnu [131]. Dělí se na karoteny a xanthofyly. Zásadní rozdíl spočívá v jejich chemické struktuře, kdy karoteny jsou uhlovodíkové sloučeniny bez kyslíků a xanthofyly obsahují

atomy kyslíku [130]. Některé karotenoidy jsou prekurzorem vitamínu A [132], [131]. V komplexu s kyselinou glycyrrhizovou vykazují silnou aktivitu pohlcující radikály, čímž by mohly být atraktivní pro kosmetický průmysl [133]. Z chemického hlediska se jedná o tetraterpenoidy, které jsou složeny většinou z několika izoprenových jednotek. Díky své lipofilní povaze se ukládají v buněčných membránách uvnitř lipidové dvojvrstvy [130].

### 5.3.1 Lykopen

Lykopen je jasně červené rostlinné barvivo, které se získává hlavně z rajčat, ale i z grapefruitu, papáji nebo goji bobulí [107], [134]. V kosmetickém průmyslu je používán pro silné antioxidační a fotoprotektivní účinky. Kromě toho byly zjištěny jeho další výhody, jako lepší hydratace, zlepšení textury či pružnost pokožky [134]. Umí snížit škodlivé účinky, které má UV záření na kůži a zvýšit ochranu před krátkodobými a kumulativními účinky UV záření [117]. V rajčatech je přibližně 0,72 mg lykopenu na každých 100 g [135]. Francouzská společnost Lessonia vyvinula přírodní komplex LycoMega®, který kombinuje rajčatový olej obsahující lykopen a brusinkový olej obsahující omega 3 kyseliny. Komplex slouží k ochraně keratinocytů před škodlivými účinky UV záření [136]. Je 100% přírodního původu a vyhovuje požadavkům certifikátu ECOCERT [137]. Přípravek proti slunění Tomato Lycopene SPF 20 od americké značky 100% Pure obsahuje lykopen, který je zde klíčovou složkou chránící před znečištěným vzduchem, volnými radikály a UV zářením [138]

## ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo zaměřit se na ochranu pokožky vůči UV záření a problematiku UV filtrů s důrazem na rostlinné složky, které mají fotoprotektivní účinek a tudíž vykazují odolnost vůči UV záření a mohly by být použity v kosmetických přípravcích.

Ultrafialové záření je součástí elektromagnetického vlnění, jehož princip byl vysvětlen v první kapitole. Záření UV prochází ozonovou vrstvou, kde jsou propuštěny pouze UVB a UVA paprsky. Ty přicházejí do kontaktu s kůží a následně se buď odrazí, rozptylují, absorbují nebo propouští. Vlivem UV záření dochází ke změnám vzhledu kůže. Záření UVB způsobuje popálení kůže a erytémy, ale má i pozitivní schopnost, kterou je syntéza vitamínu D. Aktinické stárnutí kůže je charakteristické pro UVA záření. Třetí kapitola je věnovaná způsobům ochrany kůže vůči UV záření, přípravkům proti slunění a jeho aktivním složkám.

Zaměřila jsem se na přípravky proti slunění, neboť zde spatřuji problém, který vyžaduje zvýšenou pozornost a kterému je věnovaná kapitola 4. Při hlubším zkoumání problematiky aktivních složek přípravků proti slunění byly zjištěny nepříjemné až tragické okolnosti týkající se chemických filtrů, které mají fatální následky především na mořský život. Bělení korálů, kterými je zajišťováno přibližně 50 % kyslíku na zemi [139], může vést ke katastrofálním následkům. Negativnímu dopadu chemických filtrů na přírodu není věnovaná dostatečná pozornost, což spotřebitele činí nevědomými. Navzdory všem dosud zveřejněným výzkumům, studiím a názorům odborníků, které zdůrazňují nebezpečí spojené s chemickými filtry, je stále povolena výroba přípravků proti slunění s obsahem těchto látek. Volba přípravku proti slunění proto leží zcela v rukou spotřebitele, který si při výběru musí případná rizika zvážit sám. Zákaz chemického filtru *4-Methylbenzylidene Camphor* může být startujícím bodem pro zvýšení požadavků Evropské Unie na chemické filtry, případně postupným zákazem či omezením látek uvedených v Tab. 4.

Poslední kapitola byla věnována samotným rostlinným složkám. Byly vybrány tři rozsáhlé skupiny látek, které vykazují fotoprotektivní schopnost. Mykosporyny a jim podobné aminokyseliny, látky rostlinného původu obsahující polyfenoly a karotenoidy. Výsledkem ze získaných informací bylo zjištěno, že každá skupina látek má alespoň jednoho zástupce, který by mohl být součástí přípravků na slunění ať už samostatně nebo v komplexu s jiným filtrem. Ze získaných vědomostí usuzuji, že silnými kandidáty je extrakt MAAs z červené

mořské řasy *Porphyra Umbilicalis*, což potvrzuje i jedna již zmíněná studie [98], dále extrakt z *Camellia sinensis*, pokud by byl kombinován s jinou látkou, neboť jeho nevýhoda spočívá v nestabilitě [119] a posledně lykopen, který je již klíčovou ingrediencí přípravku proti slunění Tomato Lycopene SPF 20 od značky 100% Pure. Efektivní se zdá být kombinace extraktu z *Camellia sinensis* s rostlinným extraktem *Ginkgo biloba* [121]. Pro zájemce o přípravky s malým dopadem na ekologii by mohl být lákavý extrakt z *Passiflora edulis* jako fotoprotektivní složka přípravku proti slunění, ovšem zatím pro tuto látku není dostatek studií, které by tento potenciál dokazovaly.

Nahrazení dosavadních UV filtrů za rostlinné látky má však dalekou budoucnost. Neexistují zatím jednodušší metody, které by urychlily extrakci. Produkce rostlinných aktivních složek je velmi nákladná, a to ovlivňuje i cenu výsledného produktu. Lidé odjakživa šetří a průměrný zákazník raději sáhne po levnější variantě se stejným efektem. Hrozí tedy, že výrobce by byl ztrátový a nakonec se výroby takového produktu vzdal. Mám za to, že je klíčové najít ekonomicky výhodnější metodu pro získávání těchto rostlinných náhražek. Dalším problémem je nedůvěřivost lidí pro nové a neznámé přísady. To by mohlo být vyřešeno zájmem vlivné známé značky, která by se odhodlala zahrnout rostlinnou alternativu do formulace svého výrobku proti slunění. Jednotlivci, kteří nejsou zcela připravení akceptovat rostlinné alternativy, je další aspekt, který je nutno zohlednit. Přesto s trpělivostí a sdílením informací by postupně mohlo dojít ke změně jejich vnímání.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HALLIDAY, David; RESNICK, Robert a WALKER, Jearl. *Fyzika: vysokoškolská učebnice obecné fyziky. Překlady vysokoškolských učebnic*. Brno: VUTIUM, 2001. ISBN 80-214-1868-0.
- [2]. *Historical survey*. Online. Encyclopedia Britannica. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/electromagnetism/Historical-survey>. [cit. 2024-05-14].
- [3] RAJNOCHOVÁ SVOBODOVÁ, Alena. *Poškození kůže působením slunečního záření, možnosti ochrany a prevence*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012. ISBN 978-80-244-3183-3.
- [4] *Světlo: Elektromagnetické vlnění, spektrum a fotony*. Online. In: Khan Academy. Dostupné z: <https://cs.khanacademy.org/science/obecna-chemie/xfed2aace53b0e2de:atomy-a-jejich-vlastnosti/xfed2aace53b0e2de:fotoelektronova-spektroskopie/a/light-and-the-electromagnetic-spectrum>. [cit. 2024-05-16].
- [5] *Ultraviolet (UV) Radiation*. Online. U.S. Food and Drug Administration. 2020. Dostupné z: <https://www.fda.gov/radiation-emitting-products/tanning/ultraviolet-uv-radiation>. [cit. 2024-05-16].
- [6] *Radiation: The known health effects of ultraviolet radiation*. Online. World Health Organization. 2017. Dostupné z: <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/radiation-the-known-health-effects-of-ultraviolet-radiation>. [cit. 2024-05-16].
- [7] *UV Radiation & Your Skin: The Facts. The Risks. How They Affect You*. Online. Skin Cancer Foundation. 2021. Dostupné z: <https://www.skincancer.org/risk-factors/uv-radiation/>. [cit. 2024-05-16].
- [8] DONGLIKAR, Mukund Manikrao a SHARADA LAXMAN, Deore. Sunscreens: A review. Online. *Pharmacognosy Journals*. 2016, roč. 8, č. 3, s. 171-179. Dostupné z: <https://doi.org/10.5530/pj.2016.3.1>. [cit. 2024-05-15].
- [9] *Ultraviolet Waves. Retrieved*. Online. NASA. 2016. Dostupné z: [https://science.nasa.gov/ems/10\\_ultravioletwaves/](https://science.nasa.gov/ems/10_ultravioletwaves/). [cit. 2024-05-16].
- [10] *How to Safely Get Vitamin D From Sunlight*. Online. Healthline. 2023. Dostupné z: <https://www.healthline.com/nutrition/vitamin-d-from-sun#time-of-day>. [cit. 2024-05-15].
- [11] *Ozónová vrstva a skleníkový efekt*. Online. Ostravská Univerzita: Katedra fyziky Přírodovědecké fakulty. S. 29. Dostupné z: [http://artemis.osu.cz/Student/OVSE\\_tex.pdf](http://artemis.osu.cz/Student/OVSE_tex.pdf). [cit. 2024-05-15].
- [12] 7.3: *Depletion of the Ozone Layer*. Online. LibreTexts Chemistry. 2020. Dostupné z: <https://chem.libretexts.org/@go/page/1383>. [cit. 2024-05-15].
- [13] *The Primary Cause of Global Warming is Ozone Depletion*. Online. The Ozone Depletion Theory of Global Warming. Dostupné z: <https://ozonedepletiontheory.info/primary-cause-of-warming/>. [cit. 2024-05-15].

- [14] ADLER, Yael. *Kůže zblízka: vše o našem největším orgánu*. Esence. Praha: Euromedia, 2018. ISBN 978-80-7549-532-7.
- [15] MOHANIA, Dheeraj; CHANDEL, Shikha; KUMAR, Parveen; VERMA, Vivek; DIGVIJAY, Kumar et al. Ultraviolet Radiations: Skin Defense-Damage Mechanism. Online. *Ultraviolet Light in Human Health, Diseases and Environment. Advances in Experimental Medicine and Biology*. 2017, s. 71-87. ISBN 978-3-319-56016-8. Dostupné z: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-56017-5\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-56017-5_7). [cit. 2024-05-15].
- [16] RODRIGUES, José A. a CORREIA, José H. Enhanced Photodynamic Therapy: A Review of Combined Energy Sources. Online. *Cells*. 2022, roč. 11, č. 24. ISSN 2073-4409. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/cells11243995>. [cit. 2024-05-16].
- [17] RODRIGUES, José A. a CORREIA, José H. Enhanced Photodynamic Therapy: A Review of Combined Energy Sources. Online. *Cells*. 2022, roč. 11, č. 24. ISSN 2073-4409. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/cells11243995>. [cit. 2024-05-16].
- [18] GUPTA, Kamal. *Lasers in Proctology*. Online. 2022. ISBN 9811958254. Dostupné z: [https://www.google.cz/books/edition/Lasers\\_in\\_Proctology/4oedEAAAQBAJ?hl=cs&gbpv=0](https://www.google.cz/books/edition/Lasers_in_Proctology/4oedEAAAQBAJ?hl=cs&gbpv=0). [cit. 2024-05-16].
- [19] *Jak kůže funguje – Struktura a funkce kůže*. Online. Eucerin. Dostupné z: <https://www.eucerin.cz/o-kuzi/zakladni-informace/struktura-a-funkce-kuze>. [cit. 2024-05-16].
- [20] *Kůže*. Online. Wikiskripta. Dostupné z: <https://www.wikiskripta.eu/w/K%C5%AF%C5%BEE>. [cit. 2024-05-16].
- [21] *What happens in keratinization?* Online. Byju's. Dostupné z: <https://byjus.com/question-answer/what-happens-in-keratinization/>. [cit. 2024-05-16].
- [22] KODÍČEK, Milan; VALENTOVÁ, Olga a HYNEK, Radovan. *Biochemie: chemický pohled na biologický svět*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2015. ISBN 978-80-7080-927-3.
- [23] Biochemický ústav LF MU (J.D.). Aminokyseliny. Prezentace. 2013. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/11363935/> [cit. 2024-05-17].
- [24] PARK, Jung-Hun a LEE, Mu-Hyoung. A Study of Skin Color by Melanin Index According to Site, Gestational Age, Birth Weight and Season of Birth in Korean Neonates. Online. *Journal of Korean Medical Science*. 2005, roč. 20, č. 1. ISSN 1011-8934. Dostupné z: <https://doi.org/10.3346/jkms.2005.20.1.105>. [cit. 2024-05-15].
- [25] *Melanocyty*. Online. Anna Brandejs. Dostupné z: <https://www.annabrandejs.cz/slovník-pojmu/melanocyty-a2468>. [cit. 2024-05-15].
- [26] ROSTOVÁ, Jana; BORSKÁ, Lenka; FIALA, Zdeněk a KREJSEK, Jan. Vybrané akutní účinky UV záření na organismus. *Vojenské zdravotnické listy*. 2006, roč. 75, č. 1, s. 17-24. ISSN 0372-7025. Dostupné také z: <https://www.mmsl.cz/pdfs/mms/2006/01/04.pdf>.
- [27] BRENNER, Michaela a HEARING, Vincent J. The Protective Role of Melanin Against UV Damage in Human Skin †. Online. *Photochemistry and Photobiology*. 2008,



roč. 84, č. 3, s. 539-549. ISSN 0031-8655. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2007.00226.x>. [cit. 2024-05-15].

[28] Příběh vitamínu D. Online. *Živa*. 2015, roč. 4, s. 159-161. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/pribeh-vitaminu-d.pdf>. [cit. 2024-05-15].

[29] HOLICK, Michael F; CHEN, Tai C; LU, Zhiren a SAUTER, Edward. Vitamin D and Skin Physiology: A D-Lightful Story. Online. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2007, roč. 22, č. S2, s. V28-V33. ISSN 0884-0431. Dostupné z: <https://doi.org/10.1359/jbmr.07s211>. [cit. 2024-05-15].

[30] *Vitamin D*. Online. National Institutes of Health. Dostupné z: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminD-HealthProfessional/>. [cit. 2024-05-15].

[31] RIGEL, Darrell S.; WEISS, Robert A.; LIM, Henry W. a DOVER, Jeffrey S. *Photoaging*. CRC Press, 2004. ISBN 978-0262661515

[32] SINGH, Anjali; ČÍŽKOVÁ, Mária; BIŠOVÁ, Kateřina a VÍTOVÁ, Milada. Exploring Mycosporine-Like Amino Acids (MAAs) as Safe and Natural Protective Agents against UV-Induced Skin Damage. Online. *Antioxidants*. 2021, roč. 10, č. 5. ISSN 2076-3921. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/antiox10050683>. [cit. 2024-05-15].

[33] SCHARFFETTER–KOCHANEK, Karin; BRENNEISEN, Peter; WENK, Jutta; HERRMANN, Gernot; MA, Weijian et al. Photoaging of the skin from phenotype to mechanisms. Online. *Experimental Gerontology*. 2000, roč. 35, č. 3, s. 307-316. ISSN 05315565. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0531-5565\(00\)00098-X](https://doi.org/10.1016/S0531-5565(00)00098-X). [cit. 2024-05-15].

[34] *Solární elastóza*. Online. My Pathology Report. 2023. Dostupné z: <https://www.mypathologyreport.ca/cs/pathology-dictionary/solar-elastosis/>. [cit. 2024-05-16].

[35] *Změny na kůži vyvolané sluncem*. Online. Wikiskripta. Dostupné z: [https://www.wikiskripta.eu/w/Zm%C4%9Bny\\_na\\_k%C5%AF%C5%BEi\\_vyvolan%C3%A9\\_sluncem](https://www.wikiskripta.eu/w/Zm%C4%9Bny_na_k%C5%AF%C5%BEi_vyvolan%C3%A9_sluncem). [cit. 2024-05-16].

[36] *THE HISTORY OF SUNSCREEN*. Online. Block Island Organics. 2016. Dostupné z: <https://www.blockislandorganics.com/Blog/post/2016/04/06/The-History-of-Sunscreen.aspx>. [cit. 2024-05-15].

[37] *10 Pre-Sunscreen Methods for Dealing with the Sun*. Online. Mental Floss. 2021. Dostupné z: <https://www.mentalfloss.com/article/64312/10-pre-sunscreen-methods-dealing-sun>. [cit. 2024-05-15].

[38] Thanaka: Traditional Burmese Sun Protection. Online. *Journal of Drugs in Dermatology*. 2014, roč. 13, č. 3, s. 306-307. Dostupné z: <https://jddonline.com/articles/thanaka-traditional-burmese-sun-protection-S1545961614P0306X>. [cit. 2024-05-16].

[39] *Kumarin*. Online. In: Wikipedia. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Kumarin>. [cit. 2024-05-17].

[40] *Marmesin*. Online. In: Wikipedia. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Marmesin>. [cit. 2024-05-17].

- [41] Thanaka: Traditional Burmese Sun Protection. Online. *Journal of Drugs in Dermatology*. 2014, roč. 13, č. 3, s. 306-307. Dostupné z: <https://jddonline.com/articles/thanaka-traditional-burmese-sun-protection-S1545961614P0306X/>. [cit. 2024-05-15].
- [42] *Zinc Oxide: Historical Uses and Modern Benefits*. Online. DERMASCOPE. 2016. Dostupné z: <https://www.dermascope.com/resources/7983-zinc-oxide-historical-uses-and-modern-benefits>. [cit. 2024-05-15].
- [43] ETTLER, Karel. *Fotoprotekce kůže: ochrana kůže před účinky ultrafialového záření*. Praha: Triton, 2004. ISBN 80-725-4463-2.
- [44] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1223/2009 ze dne 30. listopadu 2009 o kosmetických přípravcích, In: Úřední věstník Evropské unie [online]. Brusel. 2009 [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX%3A32009R1223>
- [45] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č.655/2013 ze dne 10.7.2013, kterým se stanoví společná kritéria pro odůvodnění tvrzení používaných v souvislosti s kosmetickými přípravky, In: Úřední věstník Evropské unie [online]. Brusel. 2013 [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=OJ:L:2013:190:TOC>
- [46] Doporučení komise 2006/647/ES ze dne 22.9.2006 o účinnosti prostředků na ochranu proti slunečnímu záření a o uváděných tvrzeních, která s nimi souvisí, In: Úřední věstník Evropské unie [online]. Brusel. 2006 [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=OJ:L:2006:265:TOC>
- [47] *IMPORTANT USAGE AND LABELLING INSTRUCTIONS FOR SUN PROTECTION PRODUCTS*. Online. Cosmetics Europe. 2009. Dostupné z: [https://www.cosmeticseurope.eu/files/9814/6408/4022/CR-23-Sunscreens\\_Labelling.pdf](https://www.cosmeticseurope.eu/files/9814/6408/4022/CR-23-Sunscreens_Labelling.pdf). [cit. 2024-05-16].
- [48] NGOC; TRAN; MOON; CHAE; PARK et al. Recent Trends of Sunscreen Cosmetic: An Update Review. Online. *Cosmetics*. 2019, roč. 6, č. 4. ISSN 2079-9284. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/cosmetics6040064>. [cit. 2024-05-17].
- [49] NIKAM, Rutuja; BACHHAV, Piyush; PAWAR, Mansi; SHARMA, Yogesh a PATIL, Dhananjay. A Review: Formulation of Sunscreen. Online. *Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 2023, roč. 12, č. 3, s. 45-50. ISSN: 2320-1215. Dostupné z: <https://doi.org/10.4172/2320-1215.12.3.005>. [cit. 2024-05-17].
- [50] JEANMOUGIN, Michel; BOULOC, Anne a SCHMUTZ, Jean-Luc. A new sunscreen application technique to protect more efficiently from ultraviolet radiation. Online. 2014, roč. 30, č. 6, s. 323-331. ISSN 0905-4383. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/phpp.12138>. [cit. 2024-05-15].
- [51] *Applying less than the recommended amount of sunscreen?* Online. Happy Skin Days. 2020. Dostupné z: <https://happyskindays.com/applying-less-than-the-recommended-amount-of-sunscreen/>. [cit. 2024-05-16].
- [52] *HAWAII SUNSCREEN BAN: WHAT YOU NEED TO KNOW*. Online. REESE, Margaux. Colore Science. 2022. Dostupné z: <https://www.colorescience.com/blogs/blog/hawaii-sunscreen-ban>. [cit. 2024-05-15].

[53] *Understanding the PA Sunscreen Rating System*. Online. Paula's Choice Skincare. 2023. Dostupné z: <https://www.paulaschoice.com/expert-advice/skincare-advice/sunscreen/what-does-pa-sunscreen-symbol-mean.html>. [cit. 2024-05-17].

[54] *PA ++++ IN SUNSCREEN: WHAT IT MEANS & WHY IT MATTERS*. Online. Colore Science. 2023. Dostupné z: <https://www.colorescience.com/blogs/learn/what-is-pa>. [cit. 2024-05-16].

[55] ETTLER, Karel. Fotoprotekce v dětském věku. *Pediatric pro praxi*. 2021, roč. 22, č. 2, s. 142–146.

[57] Analýza tuků a kosmetických přípravků [online]. Zlín. Projekt operačního programu, RČ CZ.1.07/2.2.00/28.0132. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická. 129s. [cit. 2024-05-17]. Dostupné po přihlášení z: <http://kosmetika.ft.utb.cz/EntityDisplayTab.aspx?id=15>

[58] SICOURET PÉREZ, Eva. Efektivní fotoprotekce. Online. *Praktické lékařství*. 2012, roč. 8, č. 4, s. 187–189. Dostupné z: <https://www.praktickelekarenstvi.cz/pdfs/lek/2012/04/10.pdf>. [cit. 2024-05-15].

[59] PANTELIC, Molly N.; WONG, Nikita; KWA, Michael a LIM, Henry W. Ultraviolet filters in the United States and European Union: A review of safety and implications for the future of US sunscreens. Online. *Journal of the American Academy of Dermatology*. 2023, roč. 88, č. 3, s. 632-646. ISSN 01909622. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2022.11.039>. [cit. 2024-05-17].

[60] *Jak fungují přírodní UV filtry?* Online. Dr.Max. 2021. Dostupné z: <https://www.drmax.cz/clanky/jak-funguji-prirodni-uv-filltry>. [cit. 2024-05-16].

[61] *The difference between physical and chemical sunscreen*. Online. Piedmont. Dostupné z: <https://www.piedmont.org/living-real-change/the-difference-between-physical-and-chemical-sunscreen>. [cit. 2024-05-16].

[62] SMIJS, Threes a PAVEL. Titanium dioxide and zinc oxide nanoparticles in sunscreens: focus on their safety and effectiveness. Online. *Nanotechnology, Science and Applications*. ISSN 1177-8903. Dostupné z: <https://doi.org/10.2147/NSA.S19419>. [cit. 2024-05-17].

[63] SANTANDER BALLESTÍN, Sonia a LUESMA BARTOLOMÉ, María José. Toxicity of Different Chemical Components in Sun Cream Filters and Their Impact on Human Health: A Review. Online. *Applied Sciences*. 2023, roč. 13, č. 2. ISSN 2076-3417. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app13020712>. [cit. 2024-05-17].

[64] SEIXAS, Vitor a SERRA, Osvaldo. Stability of Sunscreens Containing CePO<sub>4</sub>: Proposal for a New Inorganic UV Filter. Online. *Molecules*. 2014, roč. 19, č. 7, s. 9907-9925. ISSN 1420-3049. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules19079907>. [cit. 2024-05-17].

[65] KOZLOVA, Taisiya O.; VASILYEVA, Darya N.; KOZLOV, Daniil A.; KOLESNIK, Irina V.; TEPLONOGOVA, Maria A. et al. A Comparative Study of Cerium (III) and Cerium(IV) Phosphates for Sunscreens. Online. *Molecules*. 2024, roč. 29, č. 9. ISSN 1420-3049. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules29092157>. [cit. 2024-05-17].

- [66] *Hybrid Sunscreen, Explained By a Derm.* Online. CeraVe. Dostupné z: <https://www.cerave.com/skin-smarts/skin-concerns/sun-protection/what-is-hybrid-sunscreen>. [cit. 2024-05-17].
- [67] *UV filtry chemické & fyzikální.* Online. Aroma KH. 2022. Dostupné z: <https://www.aromakh.cz/blog/uv-filtry-chemicke-fyzikalni>. [cit. 2024-05-16].
- [68] *TINOSORB® S.* Online. BASF. Dostupné z: <https://www.personal-care.basf.com/products-formulation/products/products-detail/TINOSORB%20S/30481068>. [cit. 2024-05-17].
- [69] *TINOSORB® M.* Online. BASF. Dostupné z: <https://www.personal-care.basf.com/products-formulation/products/products-detail/TINOSORB/30482916>. [cit. 2024-05-17].
- [70] *All about ozone and the ozone layer.* Online. United Nations Environment Programme. Dostupné z: <https://ozone.unep.org/ozone-and-you>. [cit. 2024-05-16].
- [71] RABINOVICH, Lana a KAZLOUSKAYA, Viktoriya. Herbal sun protection agents: Human studies. Online. *Clinics in Dermatology*. 2018, roč. 36, č. 3, s. 369-375. ISSN 0738081X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2018.03.014>. [cit. 2024-05-17].
- [72] GERALDES, Vanessa a PINTO, Ernani. Mycosporine-Like Amino Acids (MAAs): Biology, Chemistry and Identification Features. Online. *Pharmaceuticals*. 2021, roč. 14, č. 1. ISSN 1424-8247. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ph14010063>. [cit. 2024-05-15].
- [73] THE COVERUP FILM. [@thecoverupfilm8160]. *Reefs At Risk – is your sunscreen killing the reef?* Online, video. 22. 4. 2017. Dostupné z: Youtube, <https://www.youtube.com/watch?v=28qWIPeOkvI>. [cit. 2024-05-15].
- [75] *Protect Land + Sea Certification.* Online. Haereticus Environmental Laboratory. Dostupné z: <https://haereticus-lab.org/protect-land-sea-certification-3/>. [cit. 2024-05-15].
- [74] Art P [@artp73]. *Haereticus Lab hawaii radio interview 6 23 16.* Online, video. 27. 6. 2016. Dostupné z: Youtube, [https://www.youtube.com/watch?v=4\\_c5KWH-mu4](https://www.youtube.com/watch?v=4_c5KWH-mu4). [cit. 2024-05-15].
- [76] *Hawaii bans sunscreens that harm coral reefs.* Online. MOULITE, Maritza. CNN. 2018. Dostupné z: <https://edition.cnn.com/2018/07/03/health/hawaii-sunscreen-ban/index.html>. [cit. 2024-05-15].
- [77] *PART 1 - The Problem With Chemical Sunscreens / Interview with Craig Downs.* Online. BEYER, Julia. Suntribe. 2022. Dostupné z: <https://suntribesunscreen.com/cs/part1-the-problem-with-chemical-sunscreens-interview-with-craig-downs/>. [cit. 2024-05-15].
- [78] SCHNEIDER, Samantha L. a LIM, Henry W. Review of environmental effects of oxybenzone and other sunscreen active ingredients. Online. *Journal of the American Academy of Dermatology*. 2019, roč. 80, č. 1, s. 266-271. ISSN 01909622. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2018.06.033>. [cit. 2024-05-15].

[79] MANASFI, Tarek; COULOMB, Bruno a BOUDENNE, Jean-Luc. Occurrence, origin, and toxicity of disinfection byproducts in chlorinated swimming pools: An overview. Online. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2017, roč. 220, č. 3, s. 591-603. ISSN 14384639. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.01.005>. [cit. 2024-05-17].

[80] *Sunscreens are now EWG Verified®*. Online. EWG's Guide to Sunscreens®. Dostupné z: <https://www.ewg.org/sunscreen/report/the-trouble-with-sunscreen-chemicals/>. [cit. 2024-05-17].

[81] CALAFAT, Antonia M.; WONG, Lee-Yang; YE, Xiaoyun; REIDY, John A. a NEEDHAM, Larry L. Concentrations of the Sunscreen Agent Benzophenone-3 in Residents of the United States: National Health and Nutrition Examination Survey 2003–2004. Online. *Environmental Health Perspectives*. 2008, roč. 116, č. 7, s. 893-897. ISSN 0091-6765. Dostupné z: <https://doi.org/10.1289/ehp.11269>. [cit. 2024-05-17]

[82] *WHY DOESN'T TYPOLOGY USE OXYBENZONE?* Online. Typology Paris. Dostupné z: <https://uk.typology.com/library/why-doesnt-typology-use-oxybenzone>. [cit. 2024-05-17].

[83] *Nařízení Komise (EU) 2022/1176 ze dne 7. července 2022, kterým se mění nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1223/2009, pokud jde o používání některých filtrů ultrafialového záření v kosmetických přípravcích*. In: Úřední věstník Evropské unie [online]. Brusel. 2022. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2022/1176/oj/ces>. [cit. 2024-05-17].

[84] MATTA, Murali K.; FLORIAN, Jeffry; ZUSTERZEEL, Robbert; PILLI, Nageswara R.; PATEL, Vikram et al. Effect of Sunscreen Application on Plasma Concentration of Sunscreen Active Ingredients. Online. *JAMA*. 2020, roč. 323, č. 3. ISSN 0098-7484. Dostupné z: <https://doi.org/10.1001/jama.2019.20747>. [cit. 2024-05-16].

[85] ROSNER, Amit. *Be On The Safe Side. Only 2 Sunscreen Filters Are Considered Safe, Says The FDA*. Online. Dostupné z: <https://www.clearya.com/blog/safe-sunscreen-filters-according-to-science>. [cit. 2024-05-16].

[86] DOWNS, C. A.; DINARDO, Joseph C.; STIEN, Didier; RODRIGUES, Alice M. S. a LEBARON, Philippe. Benzophenone Accumulates over Time from the Degradation of Octocrylene in Commercial Sunscreen Products. Online. *Chemical Research in Toxicology*. 2021, roč. 34, č. 4, s. 1046-1054. ISSN 0893-228X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/acs.chemrestox.0c00461>. [cit. 2024-05-16].

[87] *Is My Sunscreen Safe?* Online. Yale Medicine. 2022. Dostupné z: <https://www.yalemedicine.org/news/is-sunscreen-safe>. [cit. 2024-05-16].

[88] *OPINION on Octocrylene*. Online. Scientific Committee on Consumer Safety. Dostupné z: [https://health.ec.europa.eu/system/files/2022-08/sccs\\_o\\_249.pdf](https://health.ec.europa.eu/system/files/2022-08/sccs_o_249.pdf). [cit. 2024-05-17].

[89] *Nařízení Komise (EU) 2024/996 ze dne 3. dubna 2024, kterým se mění nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1223/2009, pokud jde o používání látek vitamin A, Alpha-Arbutin a Arbutin a některých látek s vlastnostmi, které potenciálně narušují činnost žláz s vnitřní sekrecí, v kosmetických přípravcích*, In: Úřední věstník Evropské unie [online]. Brusel. 2024 [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=32024R0996>

- [90] *Nanoparticles in sunscreens*. Online. 2023. Dostupné z: <https://www.ewg.org/sunscreen/nanoparticles-in-sunscreen/>. [cit. 2024-05-17].
- [91] KORKINA, Liudmila; KOSTYUK, Vladimir; POTAPOVICH, Alla; MAYER, Wolfgang; TALIB, Nigma et al. Secondary Plant Metabolites for Sun Protective Cosmetics: From Pre-Selection to Product Formulation. Online. *Cosmetics*. 2018, roč. 5, č. 2. ISSN 2079-9284. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/cosmetics5020032>. [cit. 2024-05-17].
- [92] ChemSketch, v.12.01.38526, Advanced Chemistry Development, Inc. (ACD/Labs), Toronto, ON, Canada, [www.acdlabs.com](http://www.acdlabs.com).
- [93] KAGEYAMA, Hakuto a WADITEE-SIRISATTHA, Rungaroon. Mycosporine-Like Amino Acids as Multifunctional Secondary Metabolites in Cyanobacteria: From Biochemical to Application Aspects. Online. *Studies in Natural Products Chemistry*. 2018, s. 153-194. ISBN 9780444641793. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64179-3.00005-0>. [cit. 2024-05-15].
- [94] PENG, Jiahui; GUO, Fangyu; LIU, Sishi; FANG, Haiyan; XU, Zhenshang et al. Recent Advances and Future Prospects of Mycosporine-like Amino Acids. Online. *Molecules*. 2023, roč. 28, č. 14. ISSN 1420-3049. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules28145588>. [cit. 2024-05-15].
- [95] DE LA COBA, Francisca; AGUILERA, José; KORBEE, Nathalie; DE GÁLVEZ, María; HERRERA-CEBALLOS, Enrique et al. UVA and UVB Photoprotective Capabilities of Topical Formulations Containing Mycosporine-like Amino Acids (MAAs) through Different Biological Effective Protection Factors (BEPFs). Online. *Marine Drugs*. 2019, roč. 17, č. 1. ISSN 1660-3397. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/md17010055>. [cit. 2024-05-15].
- [96] COTAS, João; GOMES, Louisa; PACHECO, Diana a PEREIRA, Leonel. Ecosystem Services Provided by Seaweeds. Online. *Hydrobiology*. 2023, roč. 2, č. 1, s. 75-96. ISSN 2673-9917. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/hydrobiology2010006>. [cit. 2024-05-15].
- [97] SUN, Yingying; ZHANG, Naisheng; ZHOU, Jing; DONG, Shasha; ZHANG, Xin et al. Distribution, Contents, and Types of Mycosporine-Like Amino Acids (MAAs) in Marine Macroalgae and a Database for MAAs Based on These Characteristics. Online. *Marine Drugs*. 2020, roč. 18, č. 1. ISSN 1660-3397. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/md18010043>. [cit. 2024-05-15].
- [98] MERCURIO, D.G.; WAGEMAKER, T.A.L.; ALVES, V.M.; BENEVENUTO, C.G.; GASPAR, L.R. et al. In vivo photoprotective effects of cosmetic formulations containing UV filters, vitamins, Ginkgo biloba and red algae extracts. Online. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. 2015, roč. 153, s. 121-126. ISSN 10111344. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2015.09.016>. [cit. 2024-05-17].
- [99] PAUMIER, Nathan. *Microbial Sunscreens, Roasted Carrot and Feta Risotto & Bewilderment*. Online. BRB w/ Nathan P. 2023. Dostupné z: <https://nathanpaumier.substack.com/p/brb-w-nathan-p-microbial-sunscreens>. [cit. 2024-05-15].

- [100] *How to formulate with Helioguard™ 365*. Online. Mibelle Biochemistry. 2021. Dostupné z: <https://mibellebiochemistry.com/how-formulate-helioguardtm-365>. [cit. 2024-05-15].
- [101] *COMPOSITIONS AND METHODS USING PALYTHINE* (Velká Británie). Přihl.: 22. 07. 2016. Uděl.: 29. 04. 2020. EP 3324923 B1. Dostupné také z: <https://patents.google.com/patent/WO2017013441A1/en>
- [102] MOHD-NASIR, Hasmda a MOHD-SETAPAR, Siti Hamidah. Natural Ingredients in Cosmetics from Malaysian Plants: A Review. Online. *Sains Malaysiana*. 2018, roč. 47, č. 5, s. 951-959. ISSN 01266039. Dostupné z: <https://doi.org/10.17576/jsm-2018-4705-10>. [cit. 2024-05-17].
- [103] DE LIMA CHERUBIM, Débora Jackeline; BUZANELLO MARTINS, Cleide Viviane; OLIVEIRA FARIÑA, Luciana a DA SILVA DE LUCCA, Rosemeire Aparecida. Polyphenols as natural antioxidants in cosmetics applications. Online. *Journal of Cosmetic Dermatology*. 2020, roč. 19, č. 1, s. 33-37. ISSN 1473-2130. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/jocd.13093>. [cit. 2024-05-17].
- [104] FERREYRA, María Lorena Falcone; SERRA, Paloma a CASATI, Paula. Recent advances on the roles of flavonoids as plant protective molecules after UV and high light exposure. Online. *Physiologia Plantarum*. 2021, roč. 173, č. 3, s. 736-749. ISSN 0031-9317. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/ppl.13543>. [cit. 2024-05-17].
- [105] SHARMA, Mehak a SHARMA, Ajay. A Review on Nature Based Sunscreen Agents. Online. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2023, roč. 1110, č. 1. ISSN 1755-1307. Dostupné z: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1110/1/012047>. [cit. 2024-05-15].
- [106] LI, Liyan; CHONG, Lan; HUANG, Tao; MA, Yunge; LI, Yingyan et al. Natural products and extracts from plants as natural UV filters for sunscreens: A review. Online. *Animal Models and Experimental Medicine*. 2023, roč. 6, č. 3, s. 183-195. ISSN 2576-2095. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/ame2.12295>. [cit. 2024-05-15].
- [107] SIVAMANI, Raja K.; JAGDEO, Jared R.; ELSNER, Peter a MAIBACH, Howard I. *Cosmeceuticals and Active Cosmetics*. Online. 3rd. CRC Press, 2016. ISBN 978-1-4822-1417-8. Dostupné z: <https://rudiapt.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/11/cosmeceuticals-and-active-cosmetics-3rd-ed-2016.pdf>. [cit. 2024-05-16].
- [108] CHOQUENET, Benjamin; COUTEAU, Céline; PAPARIS, Eva a COIFFARD, Laurence J. M. Quercetin and Rutin as Potential Sunscreen Agents: Determination of Efficacy by an in Vitro Method. Online. *Journal of Natural Products*. 2008, roč. 71, č. 6, s. 1117-1118. ISSN 0163-3864. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/np7007297>. [cit. 2024-05-17].
- [109] Photoprotection of natural flavonoids. Online. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 2013. ISSN 22313354. Dostupné z: <https://doi.org/10.7324/JAPS.2013.3923>. [cit. 2024-05-17].
- [110] MANSURI, Rani; DIWAN, Anupama; KUMAR, Harshit; DANGWAL, Khashti a YADAV, Dharmender. Potential of Natural Compounds as Sunscreen Agents.

Online. *Pharmacognosy Reviews*. 2021, roč. 15, č. 29, s. 47-56. ISSN 09737847. Dostupné z: <https://doi.org/10.5530/phrev.2021.15.5>. [cit. 2024-05-17].

[111] SAMIECOVÁ, Markéta. *Flavonolové glykosidy*. Bakalářská práce. Fakulta technologická: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2023.

[112] JOSÉ, Marcos Teixeira de Alencar Filho; PEDRITA, Alves Sampaio; EMANUELLA, Chiara Valença Pereira; RAIMUNDO, Gonçalves de Oliveira Júnior; FABRÍCIO, Souza Silva et al. Flavonoids as photoprotective agents: A systematic review. Online. *Journal of Medicinal Plants Research*. 2016, roč. 10, č. 47, s. 848-864. ISSN 1996-0875. Dostupné z: <https://doi.org/10.5897/JMPR2016.6273>. [cit. 2024-05-17].

[113] NABAVI, Seyed Mohammad a SILVA, Ana Sanches. *Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements*. Online. Academic Press, 2019. ISBN 978-0-12-812491-8. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/profile/Nafiu-Abdulrazaq/publication/330049231\\_Papaya\\_Carica\\_papaya\\_L\\_Pawpaw/links/5dda9282458515dc2f4b65ee/Papaya-Carica-papaya-L-Pawpaw.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Nafiu-Abdulrazaq/publication/330049231_Papaya_Carica_papaya_L_Pawpaw/links/5dda9282458515dc2f4b65ee/Papaya-Carica-papaya-L-Pawpaw.pdf). [cit. 2024-05-16].

[114] VIJAYAKUMAR, Ramya; ABD GANI, Siti Salwa; ZAIDAN, Uswatun Hasanah; HALMI, Mohd Izuan Effendi; KARUNAKARAN, Thiruventhan et al. Exploring the Potential Use of *Hylocereus polyrhizus* Peels as a Source of Cosmeceutical Sunscreen Agent for Its Antioxidant and Photoprotective Properties. Online. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2020, roč. 2020, s. 1-12. ISSN 1741-427X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1155/2020/7520736>. [cit. 2024-05-15].

[115] SAEWAN, Nisakorn a JIMTAISONG, Ampa. Natural products as photoprotection. Online. *Journal of Cosmetic Dermatology*. 2015, roč. 14, č. 1, s. 47-63. ISSN 1473-2130. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/jocd.12123>. [cit. 2024-05-17].

[116] BALAKRISHNAN, K P a NARAYANASWAMY, Nithya. Botanicals as sunscreens: Their role in the prevention of photoaging and skin cancer. Online. *International Journal of Research in Cosmetic Science*. 2011, roč. 1, č. 1, s. 1-12. Dostupné z: [https://urpjournals.com/wp-content/uploads/32\\_1.pdf](https://urpjournals.com/wp-content/uploads/32_1.pdf). [cit. 2024-05-17].

[117] ANITHA, D.; REDDY, Kolavali Yalla; VENKATESH, P. a RAANI, M. Jhansi. A REVIEW – HERBAL SUNSCREEN AGENTS ON SKIN PROTECTION. Online. *EUROPEAN JOURNAL OF PHARMACEUTICAL AND MEDICAL RESEARCH*. 2016, roč. 3, č. 11, s. 308-313. ISSN 2394-3211. Dostupné z: [https://storage.googleapis.com/journal-uploads/ejpmr/article\\_issue/1477963228.pdf](https://storage.googleapis.com/journal-uploads/ejpmr/article_issue/1477963228.pdf). [cit. 2024-05-17].

[118] *Epigallocatechin Gallate*. Online. Paula's Choice Skincare. 2023. Dostupné z: <https://www.paulaschoice.com/ingredient-dictionary/ingredient-epigallocatechin-gallate.html>. [cit. 2024-05-17].

[119] FRASHERI, Lorenz; SCHIELEIN, Maximilian C.; TIZEK, Linda; MIKSCHL, Petra; BIEDERMANN, Tilo et al. Great green tea ingredient? A narrative literature review on epigallocatechin gallate and its biophysical properties for topical use in dermatology. Online. *Phytotherapy Research*. 2020, roč. 34, č. 9, s. 2170-2179. ISSN 0951-418X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/ptr.6670>. [cit. 2024-05-17].



[120] ANWAR, EFFIONORA a RIZKAMIARTY, SHIFA. FORMULATION AND EVALUATION OF COSMETIC FOUNDATION USING EPIGALLOCATECHIN GALLATE AS A SUN PROTECTION. Online. *International Journal of Applied Pharmaceutics*. 2020, s. 130-134. ISSN 0975-7058. Dostupné z: <https://doi.org/10.22159/ijap.2020.v12s1.FF029>. [cit. 2024-05-17].

[121] CEFALI, Letícia Caramori; ATAIDE, Janaina Artem; FERNANDES, Ana Rita; SANCHEZ-LOPEZ, Elena; SOUSA, Ilza Maria de Oliveira et al. Evaluation of In Vitro Solar Protection Factor (SPF), Antioxidant Activity, and Cell Viability of Mixed Vegetable Extracts from *Dermophandra mollis* Benth, *Ginkgo biloba* L., *Ruta graveolens* L., and *Vitis vinifera* L. Online. *Plants*. 2019, roč. 8, č. 11. ISSN 2223-7747. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/plants8110453>. [cit. 2024-05-17].

[122] CEFALI, L. C.; ATAIDE, J. A.; MORIEL, P.; FOGGIO, M. A. a MAZZOLA, P. G. Plant-based active photoprotectants for sunscreens. Online. *International Journal of Cosmetic Science*. 2016, roč. 38, č. 4, s. 346-353. ISSN 0142-5463. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/ics.12316>. [cit. 2024-05-15].

[123] BELO, Susi Elaine Dal; GASPAR, Lorena Rigo a CAMPOS, Patrícia Maria Berardo Gonçalves Maia. Photoprotective Effects of Topical Formulations Containing a Combination of *Ginkgo biloba* and Green Tea Extracts. Online. *Phytotherapy Research*. 2011, roč. 25, č. 12, s. 1854-1860. ISSN 0951-418X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/ptr.3507>. [cit. 2024-05-17].

[124] *Clinics in Dermatology*. Online. 2009, roč. 27, č. 5. 2009. ISSN 0738081X. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0738081X09001278>. [cit. 2024-05-17].

[125] DE SOUZA SANCHES, Paola; MICHALSKI DE OLIVEIRA PEIXOTO, Laila; CONTI DOS SANTOS, Thamyres; QUINTANILHA DA SILVA, Carina; BAPTISTA BRITO, Gabriela et al. Influence of grape seed oil on sun protection factor in sunscreen formulations: a study using Central Composite Design approach. Online. *Drug Analytical Research*. 2022, roč. 6, č. 1, s. 40-45. ISSN 2527-2616. Dostupné z: <https://doi.org/10.22456/2527-2616.125327>. [cit. 2024-05-17].

[126] YAROVAYA, Liudmila a KHUNKITTI, Watcharee. Anti-inflammatory activity of grape seed extract as a natural sun protection enhancer for broad-spectrum sunscreen. Online. *Conference: Cosmetic & Beauty International Conference 2019 Sustainable Cosmetic & Beauty Innovations 7-9 October 2019*. 2019, s. 1-8. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/337102468\\_Anti-inflammatory\\_activity\\_of\\_grape\\_seed\\_extract\\_as\\_a\\_natural\\_sun\\_protection\\_enhancer\\_for\\_broad-spectrum\\_sunscreen](https://www.researchgate.net/publication/337102468_Anti-inflammatory_activity_of_grape_seed_extract_as_a_natural_sun_protection_enhancer_for_broad-spectrum_sunscreen). [cit. 2024-05-16].

[127] LOURITH, Nattaya; KANLAYAVATTANAKUL, Mayuree a CHINGUNPITAK, Jiraporn. Development of sunscreen products containing passion fruit seed extract. Online. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2017, roč. 53, č. 1. ISSN 1984-8250. Dostupné z: <https://doi.org/10.1590/s2175-97902017000116116>. [cit. 2024-05-17].

[128] FERREIRA, Sara M.; GOMES, Sandra M. a SANTOS, Lúcia. A Novel Approach in Skin Care: By-Product Extracts as Natural UV Filters and an Alternative to Synthetic Ones. Online. *Molecules*. 2023, roč. 28, č. 5. ISSN 1420-3049. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules28052037>. [cit. 2024-05-17].

[129] PATIL, S.B.; PATIL, V. V.; GHODKE, D. S.; KONDAWAR, M.S.; NAIKWADE, N.S. et al. Formulation of gel and its UV protective study of some medicinal flowers. Online. *Research Journal of Topical and Cosmetic Sciences*. 2011, roč. 2, č. 2, s. 64-65. Dostupné

z: [https://rjtcsonline.com/HTML\\_Papers/Research%20Journal%20of%20Topical%20and%20Cosmetic%20Sciences\\_PID\\_2011-2-2-5.html](https://rjtcsonline.com/HTML_Papers/Research%20Journal%20of%20Topical%20and%20Cosmetic%20Sciences_PID_2011-2-2-5.html). [cit. 2024-05-17].

[130] FLIEGER, Jolanta; RASZEWSKA-FAMIELEC, Magdalena; RADZIKOWSKA-BÜCHNER, Elżbieta a FLIEGER, Wojciech. Skin Protection by Carotenoid Pigments. Online. *International Journal of Molecular Sciences*. 2024, roč. 25, č. 3. ISSN 1422-0067. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ijms25031431>. [cit. 2024-05-17].

[131] BARTLEY, G E a SCOLNIK, P A. Plant carotenoids: pigments for photoprotection, visual attraction, and human health. Online. *The Plant Cell*. 1995, roč. 7, č. 7, s. 1027-1038. ISSN 1040-4651. Dostupné z: <https://doi.org/10.1105/tpc.7.7.1027>. [cit. 2024-05-17].

[132] *Carotenoid Biosynthesis and Regulation in Plants*. Online. AOCs Lipid Library. Dostupné z: <https://lipidlibrary.aocs.org/chemistry/physics/plant-lipid/carotenoid-biosynthesis-and-regulation-in-plants>. [cit. 2024-05-17].

[133] MORABITO, Kenneth B. *Advancing Point-of-Care Applications through Ultraviolet Protective Mechanisms and Disease Diagnostics*. Dissertation. Providence, Rhode Island: Division of Biology and Medicine, Brown University, 2013. Dostupné také z: <https://repository.library.brown.edu/studio/item/bdr:320480/>

[134] *LYCOPENE*. Online. BIOOO. Dostupné z: <https://encyklopedie.biooo.cz/vyhledat-slozeni/lycopene/>. [cit. 2024-05-17].

[135] ZHANG, Xiaofeng; ZHOU, Qilun; QI, Yue; CHEN, Xiaoli; DENG, Jinlan et al. The effect of tomato and lycopene on clinical characteristics and molecular markers of UV-induced skin deterioration: A systematic review and meta-analysis of intervention trials. Online. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. S. 1-20. ISSN 1040-8398. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2164557>. [cit. 2024-05-17].

[136] *LYCOMEGA*. Online. Lessonia. Dostupné z: <https://www.lessonia.com/en/ingredient/lycomega/>. [cit. 2024-05-17].

[137] *LycoMega®*. Online. SpecialChem. Dostupné z: <https://cosmetics.specialchem.com/product/i-lessonia-lycomega>. [cit. 2024-05-17].

[138] *PLEŤOVÝ KRÉM LYKOPEN Z RAJČAT SPF 20*. Online. 100% Pure. Dostupné z: <https://www.100percentpure.cz/slunecni-kosmetika/pletovy-krem-lykopen-z-rajcat-spf-20/>. [cit. 2024-05-17].

[139] *Protecting Our World's Coral Reefs*. Online. SeaQuest. Dostupné z: <https://visitseaquest.com/blog/protecting-our-worlds-coral-reefs/>. [cit. 2024-05-17].

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

BASF	zkratka z původního názvu Badische Anilin- & Soda-Fabrik
CePO <sub>4</sub>	fosfát ceritý
COLIPA	Hlas evropského kosmetického, toaletního a parfumérského průmyslu
DBP	protein vázající vitamin D
DNA	deoxyribonukleová kyselina
EWG	Environmental Working Group
FDA	Food and Drug Administration
g	gram
HEL	Haereticus Environmental Laboratory
HPLC	vysokoúčinná kapalinová chromatografie
INCI	Mezinárodní nomenklatura kosmetických přísad
J	Joule
m	metr
MAAs	mykosporiny a jim podobné aminokyseliny
M.A.D.	Maximum Active Dermaceuticals
mg	miligram
nm	nanometr
O/V	olej ve vodě
PA	stupeň ochrany UVA
pH	potenciál vodíku
ppb	jedna miliardtina z celku
př. n. l.	před naším letopočtem
ROS	reaktivní formy kyslíku
s	sekunda
SCCS	Vědecký výbore pro bezpečnost spotřebitelů

---

SPF	sluneční ochranný faktor
TiO <sub>2</sub>	oxid titaničitý
TLC	tenkovrstvá chromatografie
UV	ultrafialové záření
UVA	ultrafialové záření typu A
UVA-PF	UVA ochranný faktor)
UVB	ultrafialové záření typu B
UVC	ultrafialové záření typu C
V/O	voda v oleji
ZnO	oxid zinečnatý
μg	mikrogram

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 Elektromagnetické vlnění [4] .....	10
Obrázek 2 Interakce záření s kůží a) průnik viditelného světla; b) průnik červeného laseru, upraveno podle [17], [18] .....	13
Obrázek 3 Desaturační deaminace histidinu za vzniku kyseliny urokanové [23] .....	14
Obrázek 4 Kumarin (vlevo) [39], marmesin (vpravo) [40] .....	17
Obrázek 5 Vliv množství aplikovaného sunscreenu na skutečnou hodnotu SPF [51] .....	20
Obrázek 6 Působení Oxybenzonu na larvu <i>Pseudochromis fridmani</i> . Upraveno podle [73]. .....	25
Obrázek 7 Obrázek 8 Mykosporin-glycin (a), palythin (b), šinorin (c), porfyra-334 (d) [92] .....	29
Obrázek 8 Mykosporin (vlevo), MAA (vpravo) [92] .....	30
Obrázek 9 Biosyntéza MMAs, upraveno podle [72] .....	30
Obrázek 10 Chemická struktura rutinu, kvercetin je barevně odlišen [92] .....	33

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Rozdělení kožních fototypů podle reakce kůže na sluneční záření [43] .....	18
Tabulka 2 Úroveň ochrany podle PA [53].....	21
Tabulka 3 Úroveň ochrany podle SPF [53] .....	22
Tabulka 4 Kosmetické přísady z HEL List (* = pouze jejich nanočásticová forma) [75] ..	26
Tabulka 5 Souhrn zdravotních problémů spojených s aktivními složkami sunscreenů, upraveno podle [80].....	27

