

Kosmetické přípravky jako ochrana proti slunečnímu záření

Alžběta Dudová

Bakalářská práce
2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky
akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Alžběta Dudová**
Osobní číslo: **T16349**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie výroby tuků, kosmetiky a detergentů**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Kosmetické přípravky jako ochrana proti slunečnímu záření**

Zásady pro vypracování:

V literární rešerši zpracujte problematiku ochrany lidského organismu před slunečním zářením. Zaměřte se na bezpečnost a účinnost UV filtrů používaných v kosmetice. Získané poznatky kriticky zhodnoťte.
V praktické části ověřte protekční potenciál formulací proti slunění metodou in vitro pro stanovení SPF a UVA-PF.
Zjištěné výsledky diskutujte a formulujte závěry.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Vědecké články z databází Web of Science, Scopus a další; databáze elektronických knih (např. Knovel). BAUMAN, L. Cosmetic Dermatology Principles and Practice. 2nd ed. US: The McGraw-Hill Companies, 2009. DRAELOS, Z. D. Cosmetic Dermatology Products & Procedures. 1st ed. UK: Blackwell Publishing, 2010. BAKI, G. and KENNETH S. A. Introduction to cosmetic formulation and technology. US: Wiley, 2015. GIACOMONI, P. U. Sun Protection in Man. US: Elsevier, 2001.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jana Pavlačková, Ph.D.

Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Datum zadání bakalářské práce:

2. ledna 2019

Termín odevzdání bakalářské práce:

20. května 2019

Ve Zlíně dne 12. března 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

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

Příjmení a jméno: Dudová Alžběta.....

Obor: TVTKD.....

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/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 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/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);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ 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, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ 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, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jim dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Literární rešerše bakalářské práce popisuje vlivy ultrafialového záření na kůži. Následuje charakteristika chemických a fyzikálních UV filtrů používaných v kosmetických přípravcích. V praktické části byl sledován protekční potenciál kosmetických formulací s TiO₂ a Pongamolem proti slunečnímu záření pomocí *in vitro* metody před a po UV radiaci.

Klíčová slova: ultrafialové záření, UV filtry, TiO₂, Pongamol, SPF, UVA-PF, UV protekce

ABSTRACT

The literary research of this bachelor thesis describes the effects of ultraviolet radiation on the skin. This is followed by the characterization of chemical and physical UV filters used in protective cosmetic products. The practical part studied the protective potential of cosmetic formulation with TiO₂ and Pongamol against sunlight with help of *in vitro* method before and after UV radiation.

Keywords: ultraviolet radiation, UV filters, TiO₂, Pongamol, SPF, UVA-PF, UV protection

Tímto bych chtěla velice poděkovat vedoucí mé práce, paní Ing. Janě Pavlačkové, Ph.D. za její ochotu, trpělivost, veškeré odborné rady a čas, který mi věnovala při psaní mé bakalářské práce. Zároveň bych chtěla poděkovat firmě Nobilis Tilia s.r.o. za poskytnutí kosmetických přípravků k testování. Můj dík patří také mé rodině a mým blízkým, kteří mě vždy v průběhu studia podporovali.

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

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 KŮŽE.....	12
1.1 ANATOMIE KŮŽE	12
1.2 FYZIOLOGIE KŮŽE	13
2 SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ.....	14
2.1 DEFINICE A ROZDĚLENÍ SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ.....	14
2.1.1 Ultrafialové záření.....	14
2.1.2 Faktory ovlivňující intenzitu UV záření	16
3 VLIV UV ZÁŘENÍ NA KŮŽI.....	17
3.1 ČASNÉ NEBOLI AKUTNÍ ZMĚNY KŮŽE PO EXPOZICI UV ZÁŘENÍ	17
3.1.1 Solární erytém	17
3.1.2 Pigmentace	17
3.1.3 Fotodermatózy.....	18
3.1.4 Imunosuprese	18
3.1.5 Syntéza vitamínu D.....	19
3.2 POZDNÍ NEBOLI CHRONICKÉ ZMĚNY KŮŽE PO EXPOZICI UV ZÁŘENÍ.....	19
3.2.1 Předčasné stárnutí kůže	19
3.2.2 Fotokarcinogeneze	20
4 FOTOPROTEKCE	22
4.1 KOSMETICKÉ PŘÍPRAVKY SLOUŽÍCÍ K OCHRANĚ KŮŽE VŮČI UV ZÁŘENÍ.....	22
4.2 FILTRY ULTRAFIALOVÉHO ZÁŘENÍ	23
4.2.1 Chemické filtry.....	23
4.2.2 Fyzikální filtry.....	26
4.2.3 Hybridní filtry	27
4.2.4 Přírodní oleje.....	27
4.3 OCHRANNÝ FAKTOR SPF	28
4.4 UV INDEX	30
4.5 <i>IN VIVO</i> VS. <i>IN VITRO</i> METODY STANOVENÍ SPF	30
4.5.1 <i>In vivo</i> metoda	30
4.5.2 <i>In vitro</i> metoda	31
5 CÍLE PRÁCE	32
II PRAKTICKÁ ČÁST	33
6 METODIKA	34
6.1 POUŽITÉ POMŮCKY.....	34
6.2 POUŽITÉ ZAŘÍZENÍ.....	34
6.2.1 Spektrofotometr UV-VIS Cary 100	34
6.2.2 SUNTEST CPS+.....	35

6.3	TESTOVANÉ FORMULACE	35
6.4	ORGANIZACE MĚŘENÍ.....	36
6.4.1	Příprava vzorků na substrát	36
6.4.2	Vlastní měření	37
7	ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT	38
8	VÝSLEDKY A DISKUZE	40
8.1	VÝSLEDKY MĚŘENÝCH PARAMETRŮ TESTOVANÝCH VZORKŮ	40
	ZÁVĚR	46
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	47
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	53
	SEZNAM OBRÁZKŮ	54
	SEZNAM TABULEK.....	55
	SEZNAM PŘÍLOH.....	56

ÚVOD

Problematiku slunečního záření nelze vystihnout pouze v kladném či záporném slova smyslu. Z jednoho pohledu je k životu naprosto nezbytné, na stranu druhou nadměrný pobyt na slunci může mít na lidskou kůži negativní účinky. Ty se projevují v různých formách, které jsou v této práci blíže specifikovány. A právě z důvodu, že se těmto ohrožením vystavujeme každý den, je potřebné volit ochranu, díky které můžeme nepříznivé vlivy záření potlačit či jim téměř zabránit.

Byť popularita opálené pokožky stále roste, existují cesty, jak jí dosáhnout bezpečně a bez zbytečného hazardování se zdravím. Pokud toužíme po zdravé, zářivé a pevné pokožce, musíme dodržovat jistá pravidla spojená ať už s cíleným sluněním či bezděkým pobytem na slunci. Pojďme společně najít odpověď na otázku, jak dosáhnout trendu bronzového odstínu kůže s minimalizací rizik s tím spojených.

Jednou z velké škály možností je využívání kosmetických přípravků obsahujících filtry ultrafialového záření, ať už chemické či fyzikální, jejichž prokazatelné účinky byly již mnohokrát vědecky podloženy. Dnes existuje řada přípravků, které lze velmi jednoduše začlenit do každodenního života, aniž by komplikovaly obvyklou péči o pokožku. Filtry ultrafialového záření jsou běžnou součástí přípravků určených proti slunění, ale také například denních krémů, vlasové kosmetiky, dekorativní kosmetiky, a to jak make-upů, pudrů či produktů na rty.

Z bohaté tržní nabídky kosmetických přípravků si každý může vybrat dle svých preferencí, přičemž se může přiklonit k přírodní formulaci produktu, který by případně neobsahoval chemické UV filtry. Testování tohoto typu přípravků na přírodní bázi je předmětem praktické části bakalářské práce.

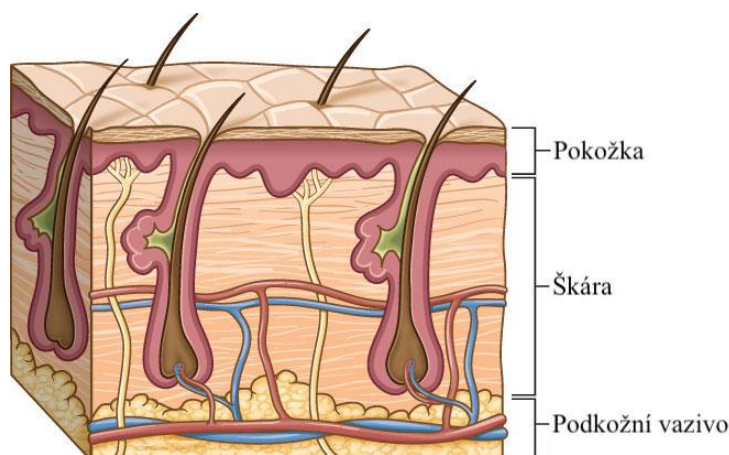
I. TEORETICKÁ ČÁST

1 KŮŽE

Položme si otázku, který orgán našeho těla je největší. Pravděpodobně by se dalo očekávat, že valná většina lidí by začala uvažovat nad některým z vnitřních orgánů. Nicméně opak je pravdou a neexistuje větší orgán nežli kůže. Spousta funkcí kůže je životně důležitá. Je možné tvrdit, že je stejně živá, jako je například i samotné srdce, akorát se činnosti kůže projevují méně nápadně. Kůže nás chrání neustále, doslova 24 hodin denně, před vnějšími negativními vlivy, má schopnost regulovat naši teplotu a v neposlední řadě funguje jako smyslový orgán [1, s. 9], [2, s. 16].

1.1 Anatomie kůže

Lidská kůže (lat. *cutis*, řec. *derma*) je orgán tvořící ochrannou schránku našeho organismu. U dospělých jedinců kůže zaujímá plochu 1,5–2 m² a její hmotnost se pohybuje v rozmezí 7–15 % z celkové hmotnosti lidského těla. Kůže se skládá ze tří vrstev, a to z pokožky, škára a podkožního vaziva viz Obr. 1 [1, s. 11], [3, s. 19], [4, s. 283], [5, s. 156].



Obr. 1. Vrstvy kůže – upraveno podle [6]

Pokožka

Vrstva kůže, která přichází do přímého styku s vnějším okolím, se nazývá pokožka (*epidermis*). Je tvořena 5 vrstvami: *stratum basale*, *stratum spinosum*, *stratum granulosum*, *stratum lucidum* a *stratum corneum*. Buňky, kterých je v pokožce nejvíce (80–90 %) se nazývají keratinocyty, jedná se o rohovějící buňky dlaždicového epitelu. Neméně důležitými buňkami jsou melanocyty, které syntetizují kožní barvivo – melanin, Merklův buňky sloužící jako receptory a Langerhansovy buňky mající imunologickou funkci. Keratinocyty podstupují postupný proces rohovění zvaný keratinizace. Tento proces, kdy se keratinocyty postupně mitoticky dělí, diferencují a postupují směrem vzhůru od škára

a v nejsvrchnější vrstvě pokožky *stratum corneum* se odlupují ve formě šupinek, trvá přibližně 15–30 dní, přičemž k jejich nejrychlejšímu odlučování dochází na obličejí [1, s. 11], [3, s. 19, 21], [4, s. 283] [5, s. 159].

Škára

Střední a vazivovou vrstvou kůže je škára (*dermis*). Pokožka a škára jsou od sebe odděleny bazální membránou, která je propustná, díky čemuž může být bezcévnatá pokožka vyživována. Nejčtenějším typem buněk ve škáře jsou fibroblasty. Tuhost a pevnost kůže je zajišťována kolagenními vlákny, zatímco pružnost kůže zajišťují vlákna elastická [1, s. 13].

Podkožní vazivo

Nejhlubší vrstvou kůže tvořenou řídkým vazivem je podkožní vazivo (*hypodermis*). Téměř v celém podkožním vazivu může být uložen tuk, který má izolační funkci, slouží jako zásobárna energie a vitaminů rozpustných v tucích [1, s. 14], [4, s. 283].

Kožní adnexa

Kůže obsahuje tzv. přídatky kůže neboli kožní adnexa. Ta můžeme rozdělit na deriváty rohové, mezi které patří nehty, vlasy a chlupy, a dále deriváty žlázové, kam spadají mazové, potní a mléčné žlázy [1, s. 14], [5, s. 162].

1.2 Fyziologie kůže

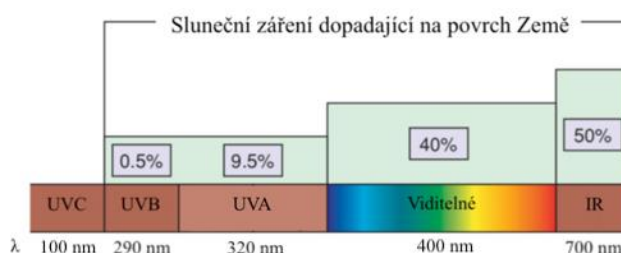
Kůže je pro nás životně důležitá. Plní řadu funkcí, z nichž jednou z nejvýznamnějších je funkce ochranná. Brání nás před řadou chemických či fyzikálních faktorů jako je například chlad, teplo či ultrafialové (UV) záření. Nepostradatelnou součástí, jež se nachází na povrchu naší pokožky, je mírně kyselý film, který je tvořen převážně potem a mazem. Chrání nás před celou řadou mikroorganismů. Kůže také zabraňuje případné dehydrataci, díky tukové tkáni napomáhá termoregulaci, syntetizuje nezbytné látky jako je melanin a také obsahuje velké množství receptorů, díky čemuž plní významnou smyslovou funkci. V neposlední řadě má klíčový efekt na naše psychické rozpoložení, neboť kůže je neustále v našem zorném poli [1, s. 15], [3, s. 19].

2 SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ

Energii ve formě slunečního záření potřebujeme, aby život na této planetě byl vůbec možný. Nejen, že je sluneční záření potřebné k fotosyntéze zelených rostlin, díky nimž dochází k obnově kyslíku v atmosféře [7], ale také pozitivně ovlivňuje naši psychiku a je nezbytné k syntéze vitamínu D. Ovšem i na řadu kožních onemocnění může mít více než příznivý vliv. Naopak s sebou přináší i jistá rizika ve formě akutních a chronických onemocnění [1, s. 17], [8, s. 134].

2.1 Definice a rozdělení slunečního záření

Sluneční záření je forma elektromagnetického vlnění skládající se z několika oblastí: gama, rentgenová, UV, viditelná a infračervená oblast. Záření je před samotným dopadem na zemský povrch filtrováno atmosférou, kdy záření kratších vlnových délek, než 290 nm, jsou odseparována. Kůži ovlivňuje záření v rozsahu od 290 nm v UV pásmu do 2500 nm v infračerveném pásmu viz Obr. 2 [1, s. 17], [9, s. 11], [10, s. 22].



Obr. 2. Spektrum slunečního záření – upraveno podle [11, s. 245]

2.1.1 Ultrafialové záření

Zhruba 5 % slunečního záření, které dopadá na zemský povrch, je ve formě UV záření, které má ze zdravotního hlediska na kůži největší vliv. Z důvodu zaměření mé bakalářské práce si UV spektrum rozebereme trochu blíže, abychom v další kapitole mohli pochopit spojitost mezi UV radiací a kůží. Spektrum UV záření můžeme rozdělit dle vlnové délky na tři části: UVA, UVB a neškodlivější UVC, které je pohlcováno ozonovou vrstvou nacházející se ve stratosféře [1, s. 17], [8, s. 134], [12, s. 21].

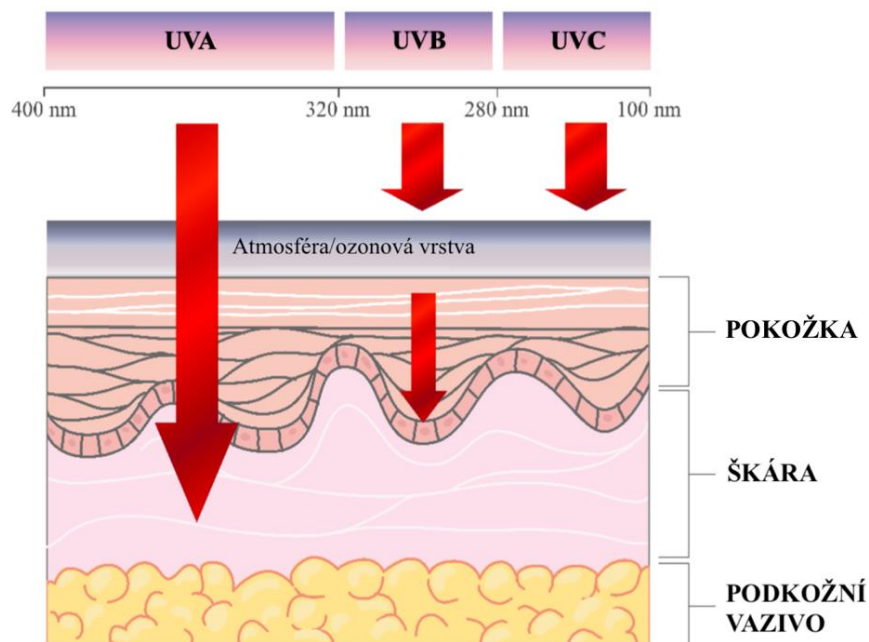
UVA záření

UVA záření, někdy také označováno jako pigmentotvorné, má vlnovou délku v rozmezí 320 až 400 nm dle Doporučení Komise 2006/647/ES [13]. Průnik UVA záření do kůže je mnohem větší v porovnání s UVB zářením, neboť zasahuje do šikry téměř v celé její

hloubce (viz Obr. 3). Tím může narušovat a poškozovat kolagenní a elastická vlákna. Výsledkem je předčasné stárnutí kůže tzv. photoaging. Díky vystavení kůže UVA záření dochází k oxidaci melaninu, což vede ke zhnědnutí kůže. Tohoto jevu se mimo jiné využívá i v soláriích. V poslední době vzrostla obliba využívání UVA záření ke speciálním dermatologickým fototerapiím např. k léčbě lupénky či vitiliga [1, s. 21], [7], [14, s. 99].

UVB záření

UVB záření je podle Doporučení Komise 2006/647/ES [13] vymezeno v oblasti vlnové délky od 290 do 320 nm. Jedná se o středněvlnné záření, které je částečně pohlcováno ozonovou vrstvou. Byť neproniká do tak hlubokých vrstev jako výše zmíněné UVA záření (viz Obr. 3), je mnohem více nebezpečné. Vyvolává kožní záněty, zarudnutí kůže neboli erytémy a podílí se na rozvoji rakoviny kůže, a to asi 1000krát více než UVA záření. Dalším negativem trendu snědé pokožky je brzké stárnutí kůže a možný vznik tmavých rozlehlých pigmentových skvrn. Na druhou stranu se díky UVB záření přeměňuje vitamin D v lidském těle na svou aktivní formu. K tomu, aby tento proces byl vůbec možný, je nutné vystavovat slunečnímu záření kůži v oblasti obličeje a předloktí po dobu jedné hodiny týdně. UVB záření také stimuluje syntézu melaninu, čímž podporuje proces zhnědnutí kůže [1, s. 22], [7], [14, s. 99].



Obr. 3. Průnik UV záření do kůže – upraveno podle [15, s. 3]

UVC záření

UVC záření je nejtoxičtější částí slunečního záření. Jeho vlnová délka se nachází v rozmezí 100–280 nm. Zároveň má nejvyšší energii ze všech UV záření, čemuž odpovídají i jeho biologické účinky. Na všechny existující formy života působí genotoxicky a mutageně. Nicméně zásluhou ozonové vrstvy nedopadá na zemský povrch a díky toho se neúčastní patologických změn v lidském těle. Na druhou stranu se pro své dezinfekční účinky využívá jako germicidní prostředek, a to např. na operačních sálech či v laboratořích [1, s. 22–23], [9, s. 11].

2.1.2 Faktory ovlivňující intenzitu UV záření

Ne na všech místech na Zemi je intenzita a množství dopadajícího UV záření stejná. Navíc se proměňuje i se změnou ročního období, či v průběhu dne a závisí tedy i na čase. Ultrafialové záření ovlivňuje především velikost tzv. zenitového úhlu neboli výška Slunce. Zenitový úhel říká, že čím výše je Slunce nad obzorem, tím větší je intenzita UV záření. Z tohoto tvrzení vyplývá, že právě v poledních hodinách je intenzita UV záření největší [9, s. 12–13], [16, s. 74].

Dalším faktorem může být oblačnost. V případě jasné oblohy je intenzita UV záření vysoká, ale s přibývajícím oblačností klesá.

Jiný z vlivů ovlivňující UV záření je bezesporu nadmořská výška. Čím výše se nacházíme, tím více roste intenzita UV záření, neboť v atmosféře ubývá pohlcujících látek (prachových či kouřových), které by podíl UV záření absorbovaly [16, s. 73].

Neméně důležitým faktorem je ozonová vrstva. Jak jsem již výše naznačila, je schopna absorbovat značnou část UV paprsků, například je schopna odfiltrvat až 90 % UVB. [9, s. 14–15].

Nakonec je třeba zmínit vliv odrazu UV paprsků od povrchu země. Množství, které je odraženo zpět do atmosféry, je dáno vlastnostmi povrchu. Povrchy jako je tráva, voda či hlína, odráží méně než 10 %, zatímco čerstvě napadený sníh odráží kolem 80 % záření. [9, s. 12–13], [10, s. 23].

3 VLIV UV ZÁŘENÍ NA KŮŽI

Záření nacházející se v oblasti UV může na kůži vyvolat dva druhy účinku. A to účinky časné, mezi které řadíme solární erytém, pigmentace, fotodermatózy, imunosuprese a syntézu vitamínu D. Dále pak účinky pozdní, kam patří předčasné stárnutí kůže a fotokarcinogeneze.

3.1 Časné neboli akutní změny kůže po expozici UV záření

3.1.1 Solární erytém

Pravděpodobně nejčastějším a určitě jedním z nejnápadnějších projevů akutní reakce kůže je erytém (úžeh). Mnohdy bývá spojený s dalšími klasickými známkami zánětu, jako je přehřátí, zarudnutí a bolest. U velmi těžkých případů popálení se objevuje otok či puchýře. Zpravidla jde o popáleniny 1. a 2. stupně. Tyto změny lze pozorovat během několika hodin, přičemž svého vrcholu dosahují mezi 12–24 hodinami [1, s. 27], [8, s. 135–136].

Erytém vzniká důsledkem vyšší permeability cév a tím zvýšeného objemu krve v povrchových a hlubokých pleteních škráry průměrně o 38 %, než je obvyklé. Tohoto jevu, kdy jej lze dobře zaznamenávat, se mimo jiné využívá při hodnocení účinnosti sunscreenů – přípravku proti slunění; tzv. minimální erytémová dávka (MED – Minimal Erythema Dose) udává minimální jednotnou dávku UV záření, která vyvolá jasně ohraničený erytém na ozářené kůži [1, s. 28], [17].

Nicméně nezávisí pouze na dávce UV záření, erytém může být ovlivněn i dalšími faktory. Záleží také na vlnové délce působícího světla, tedy na typu UV záření. Nejvýraznější erytémový potenciál má UV záření o vlnové délce kolem 300 nm. Dále hraje roli např. tloušťka kůže, věk, lokalizace postiženého místa či fototyp [1, s. 28].

3.1.2 Pigmentace

Pigmentace neboli zhnědnutí je jednou z prvních reakcí kůže na UV záření. Jedná se vlastně o hlavní obranu pokožky proti dalšímu UV záření [1, s. 43].

Po expozici kůže UVA záření se vyvíjí časné pigmentační ztmavnutí (IPD – Immediate Pigment Darkening), které se objevuje již v rádech několika minut jako šedivé zabarvení. Toto ztmavnutí kůže je způsobeno oxidací již existujícího melaninu [1, s. 43], [11, s. 101].

Po silné expozici UVB záření hovoříme o tzv. pozdním pigmentačním ztmavnutí (DPD – Delayed Pigment Darkening). Při procesu zvaném melanogeneze se zvyšuje

aktivita enzymu tyrosinázy a počet melanocytů, které aktivně produkují melanin. Melanogeneze je rozeznatelná po 3 až 4 dnech a přetrvává v rozmezí 2–8 týdnů ve formě hnědého zbarvení kůže. Výsledné zvýšení melaninu chrání proti dalšímu poškození UV zářením tím, že obklopuje buněčné jádro a absorbuje UV fotony a volné radikály dříve, než mohou reagovat s DNA [11, s. 101], [18, s. 76, 366].

3.1.3 Fotodermatózy

Jedná se o souhrnný název pro rozsáhlé spektrum kožních onemocnění vyvolávajících zvýšenou citlivost kůže vůči UV záření [1, s. 29], proto budou v dalším níže uvedeném textu prezentovány některé z těchto chorob.

Fotoalergické reakce

Fotoalergické reakce (fotoalergická dermatitida) jsou vzácné, neinfekční reakce z přecitlivělosti opožděného typu. Mechanismus reakce je totožný s mechanismem u jiných alergických reakcí. Dochází k aktivaci chemické látky UV zářením (především UVA vlnových délek), která se naváže na bílkovinu, čímž vznikne antigen. Jakmile dojde k další expozici, projeví se typická kontaktní dermatitida, kterou lze charakterizovat typickým zarudnutím, pupínky až puchýřky. Mezi alergeny můžeme zařadit antibakteriální látky (např. triclosan, bithionol), složky parfémů, absorbující složky ve fotoprotektivních přípravcích (např. cinnamáty, salicyláty, benzofenony) a další [18, s. 501, 547].

K fotoalergickým reakcím řadíme i sluneční kopřivku. Ta se projevuje během pár minut po expozici UVA i UVB záření. Je lehce rozeznatelná pro své charakteristické svědění a objevující se pupínky. Typickými oblastmi výskytu jsou výstřih, krk a paže. Zpravidla sama odezní do 24 hodin [1, s. 30–31].

Xeroderma pigmentosum

Jde o velmi neobvyklé, autozomálně recesivně dědičné onemocnění. Postižený jedinec trpí poruchou endonukleáz. První stádium nemoci se projevuje ve formě skvrn, ty ale s postupem času metamorfují v tumory (bazaliomy, spinaliomy a melanomy). Bohužel, i přes mnohé fotoprotektivní možnosti dnešní doby nemocný jedinec umírá kolem 30 let [1, s. 31], [18, s. 62].

3.1.4 Imunosuprese

Ultrafialová oblast má vliv na lidský imunitní systém. Imunosupresí nazýváme stav snížené imunity. Po UV expozici začíná složitý proces, kdy dochází k poškození DNA,

kyselina urokánová mění svou konfiguraci z *trans* na *cis* formu a vyplavují se protizánětlivé cytokiny, histaminy, neuropeptidy a neurohormony. Patrně z toho důvodu klesá množství Langerhansových buněk v pokožce a dochází k jejich přenosu do lymfatických uzlin. Tím pádem je schopnost Langerhansových buněk prezentovat antigeny potlačena, což vede ke zmenšení rezistence vůči virovým, parazitickým, bakteriálním a systémovým infekcím [1, s. 31], [8, s. 136], [10, s. 37].

3.1.5 Syntéza vitamínu D

V neposlední řadě nelze vynechat jeden z klíčových účinků UV záření na kůži, zmíněného již v kapitole 2, a to syntézu vitamínu D. Již řadu let je známo, že expozice UVB záření indukuje keratinocyty v pokožce, aby převáděly 7-dehydrocholesterol na vitamin D₃. Nicméně tento proces syntézy vitamínu D klesá s věkem. Vitamin D je důležitý antioxidant, který stejně jako jiné antioxidanty, vykazuje schopnost zpomalovat projevy kožního stárnutí. Kromě vystavení kůže UV záření, lze vitamin D získat prostřednictvím stravy, zejména konzumací tučných ryb. Za zmínku stojí, že před více jak 10 lety se stal vitamin D předmětem kontroverze, když se ukázalo, že používání přípravků proti slunění vedlo k jeho nedostatku. Nicméně tato tvrzení byla od té doby mnohonásobně vyvrácena [11, s. 58–59], [18, s. 20].

3.2 Pozdní neboli chronické změny kůže po expozici UV záření

3.2.1 Předčasné stárnutí kůže

Kůže, stejně jako všechny ostatní orgány, časem stárne. Stárnutí kůže můžeme rozdělit do dvou skupin, a to na stárnutí vnitřní (intrinsické), a stárnutí vnější (extrinsické). Vnitřní stárnutí se projeví i na pokožce, která nebyla vystavena UV záření. Kůže těchto jedinců je stále hladká a neposkvřněná, ale zároveň ztrácí svou elasticitu a ztenčuje se. Naopak vnější stárnutí je významně ovlivněno UV radiací. Po chronické mnoholeté expozici UV zářením nastává jev zvaný předčasné stárnutí, v některých zdrojích popisované také jako aktinické [19, s. 13]. Jde o formu poškození kůže UV zářením, která je častější než rakovina kůže. Photoaging vykazuje znaky jako je např. tvoření vrásek, zdrsnění pokožky, zažloutlá barva, dehydratace, šupinatění či pigmentové skvrny. U velmi vážných případů mohou vznikat neoplastické změny jako jsou bazaliomy, spinaliomy, melanomy, ale také benigní útvary. Výše vypsání změny jsou odrazem poškození DNA, kdy na poškození pokožky se

podílí z velké části UVB záření, zatímco na poškození šráry pak UVB i UVA [1, s. 32], [8, s. 137], [19, s. 13–14].

3.2.2 Fotokarcinogeneze

Lidí trpících rakovinou kůže přibývá. Tento nárůst lze přisuzovat trendům dnešní doby, kdy opálená kůže je na západní polokouli považována za více přitažlivou nežli kůže bledá. Zároveň zde hrají roli i genetické predispozice a poškození ozonové vrstvy [8, s. 138].

Vznik kožního nádoru je komplexní, několikastupňový děj. V prvním kroku, iniciaci, dochází k mutaci genetické informace. Za ní následuje promoce, pro kterou je charakteristické pomnožení zmutovaných buněk. Posledním stupněm je progrese, kdy nastává vznik potencionálně metastazujícího tumoru.

Mezi převládající typy kožních nádorů patří aktinická keratóza, bazaliom a spinaliom viz Obr. 4. Zatímco méně frekventovaným kožním nádorem, o to více nebezpečným, je maligní melanom [1, s. 32–33], [20, s. 113].

Aktinická keratóza

Tato kožní změna bývá považována za přednádorovou kožní poruchu. Pokud by byla zanedbaná léčba, mohla by přejít ve spinaliom. Typickými příznaky jsou zarudlá, zhrubělá ložiska, která při sebemenším poranění krvácí. Nejčastějšími místy lokalizace jsou oblasti dlouhodobě vystavované UV záření, tedy obličej či hřbety rukou [1, s. 33], [20, s. 113].

Bazaliom

Nemetastazujícím kožním nádorem je bazaliom neboli bazocelulární karcinom. Zprvu jsou jeho projevy nenápadné ve formě čokkovité šedobělé indurace. Pokud nedojde k odstranění tohoto uzlíku, může porušovat okolní tkáň. Především se objevuje na obličejí, a to zejména u mužů. Recidiva tohoto nádoru je častá [1, s. 33], [20, s. 113].

Spinaliom

Z výše jmenovaných kožních nádorů jde o vzácnější typ. Klinicky se jeví jako tuhá keratotická papula, která může vředovatět, krvácet a mokvat, viz Obr. 4. Nejvíce se objevují na obličejí, předloktích, u kuřáků a alkoholiků na dolním rtu a u mužů je velmi častým místem výskytu pleš. Bezsporu jeho nejhorší vlastností je schopnost metastazovat [1, s. 34], [20, s. 113].

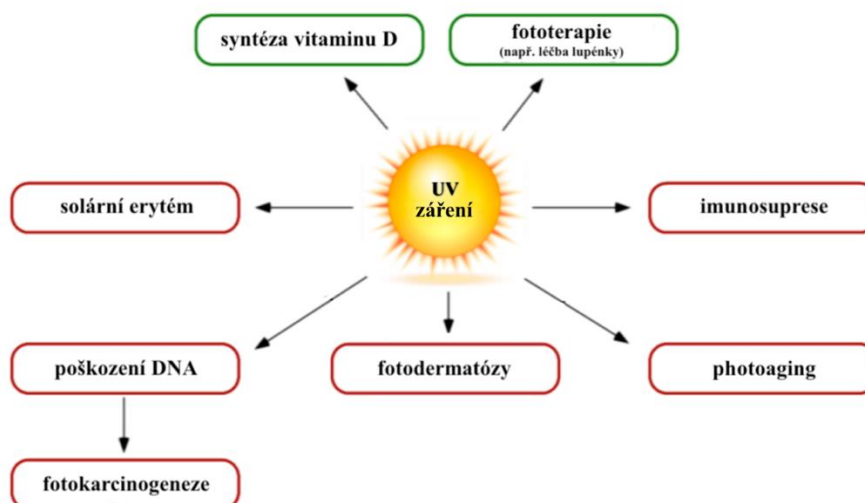


Obr. 4. Rozměrné spinaliomy a hojné množství aktinických keratóz [17]

Maligní melanom

Ze všech kožních nádorů je maligní melanom nejnebezpečnější. Jde o metastazující zhoubný nádor, který se vytvoří přeměnou melanocytů. Vznik melanomu je podmíněný akutním popálením. Lze si jej představit jako pigmentující neostře ohraničenou skvrnu, která proměňuje svůj tvar i velikost. Vyšší riziko vzniku melanomu mají jedinci s hojným množstvím mateřských znamének nebo fototypy I a II [1, s. 34–35], [20, s. 113].

Všechny výše zmíněné změny kůže sumarizuje Obr. 5.



Obr. 5. Shrnutí účinků UV záření na kůži: pozitivní (zelené) a negativní (červené) – upraveno podle [15, s. 5]

4 FOTOPROTEKCE

Potřeba chránit se před účinky slunečního záření nás provází mnoho let. Již starověcí Řekové používali olivový olej jako jakýsi typ přípravku proti slunění. V době druhé světové války lékárník Benjamin Greene natíral vojáky červenou lepkavou látkou vyrobenou z ropy, která fungovala jako účinný blokátor slunečních paprsků. Tohle všechno a mnohem víc jsou první kroky, díky kterým dnes máme k dispozici prostředky na ochranu vůči slunečnímu záření [16, s. 73].

Dříve, než bude popsána problematika sunscreenů, nelze opomenout i jiné možnosti fotoprotekce. Lidské tělo disponuje vlastními obrannými mechanismy proti UV záření. Mezi ty patří např. syntéza kožního pigmentu, proces keratinizace, kožní fototyp, ale také buněčná smrt. Ta je ovšem jednou z posledních možností, jak se lidské tělo brání [1, s. 43]. Nicméně vlastní protektivní kapacita kůže není nekonečná a je třeba ji podpořit. Existuje široké spektrum možností, jak se můžeme vědomě chránit. Vědomou fotoprotekci lze rozdělit na dvě podskupiny, podle toho, co od ní očekáváme. V první řadě můžeme požadovat snížení hladiny prostupujícího množství UV záření do kůže, anebo můžeme chtít potlačit či úplně znemožnit účinky fotonů, které jsou kůží již absorbovány. Mezi vědomou ochranu řadíme např. ochranný oděv, sluneční brýle či UV filtry [1, s. 57], [18, s. 367].

4.1 Kosmetické přípravky sloužící k ochraně kůže vůči UV záření

Kosmetické přípravky, které cíleně používáme za účelem ochrany lidské kůže proti UV záření, můžeme nazývat sunscreeny. Dle Doporučení Komise 2006/647/ES [13] sunscreenem můžeme rozumět jakýkoliv přípravek, který je určen k zevní aplikaci na pokožku (ve formě krému, oleje, gelu či spreje), za účelem výhradně či převážně chránit před UV zářením pohlcením, rozptylem či odrazem záření. Nicméně je důležité neopomenout, že tomuto, již několikrát zmíněnému, Doporučení Komise 2006/647/ES [13] o účinnosti prostředků na ochranu proti slunečnímu záření a o uváděných tvrzeních, která s nimi souvisí a dále Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1223/2009 [21] o kosmetických přípravcích, podléhají pouze přípravky určené pro trh v Evropě. V USA bývají na přípravky určené k ochraně proti UV záření kladeny přísnější podmínky a podle FDA jsou legislativně ustanoveny jako léčiva [22, s. 312], [23, s. 92]. V Evropě schválené aktivní látky jsou uvedeny v příloze VI Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1223/2009 [21] a Nařízení Komise (EU) 2016/621 [24]. V následující podkapitole budou rozebrány některé aktivní látky užívané jako filtry UV záření.

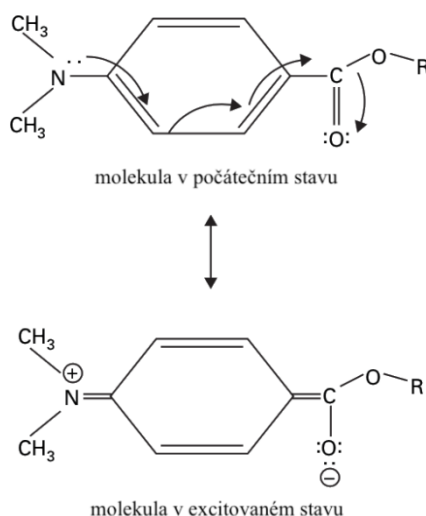
4.2 Filtry ultrafialového záření

Narízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1223/2009 [21] definuje filtrem UV záření látku, která je výhradně nebo převážně určena k ochraně kůže před určitým UV zářením prostřednictvím absorpce, odrazu nebo rozptylu. Seznam všech UV filtrů, které se mohou na území EU používat, je uveden v Příloze I této práce [21].

Podle mechanismu působení dané aktivní látky můžeme UV filtry rozčlenit na chemické neboli absorbéry a fyzikální čili blokátory. V literatuře [25, s. 124] se také můžeme setkat s pojmem hybridní filtry. V dnešní době roste zájem o přírodní kosmetické přípravky, tudíž bych ráda upozornila na fakt, že přírodní oleje mohou být za ochranné aktivní látky také považovány. Bohužel v této souvislosti vyvstává na povrch otázka, zda je použití čistých přírodních olejů dostatečné, a to nejen z důvodu, že chemické složení aktivních látek je obtížně definovatelné, nýbrž také kvůli rychlé oxidaci, které přirozeně podléhají. Nejvýhodnější a zároveň nejúčinnější je využití synergického účinku, který nastává při kombinaci jednotlivých UV filtrů [26, s. 136], [27, s. 84].

4.2.1 Chemické filtry

Chemické neboli také organické filtry zakládají svůj účinek na absorpci UV záření (viz Obr. 8). Ve většině případů jde o aromatické sloučeniny se dvěma funkčními skupinami, které fungují jakožto donory a akceptory elektronů. Právě díky této struktuře mohou chemické filtry pohlcovat záření o vysoké energii. Následkem UV záření molekula delokalizuje elektrony tak, aby dosáhla tzv. excitovaného stavu, viz Obr. 6 [28, s. 254], [29, s. 7]. Tohoto vysokoenergetického stavu se však molekula potřebuje zbavit uvolněním přebytečné energie a dostat se tak do svého počátečního stavu, který je pro ni energeticky výhodnější [16, s. 74], [29, s. 7]. Energie je uvolňována v několika formách. Nejčastěji jde o přeměnu na tepelnou energii. Může ale také docházet např. ke strukturní degradaci, kdy filtr ztrácí svou absorpční schopnost a stává se nestabilním. Dalším případem, který může nastat je tzv. fotoreaktivita, kdy excitovaná molekula může interagovat s okolím (např. se vzdušným kyslíkem), což vede k tvorbě nežádoucích látek [19, s. 146]. Chemické filtry je vhodné aplikovat na lidskou kůži s předstihem alespoň 20 minut, aby se jejich ochranný účinek stihl projevit. Podle oblasti účinku je také můžeme rozdělit, a to na filtry fungující v UVB či zároveň i v UVA oblasti. Pro Evropu je schváleno 26 látek, které mohou být použity jakožto chemické filtry. Jejich přesný seznam a příslušné maximální koncentrace lze dohledat v příloze VI Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1223/2009 [21], [26, s. 36].



Obr. 6. PABA molekula – transport elektronů vlivem UV záření – upraveno podle [28, s. 254]

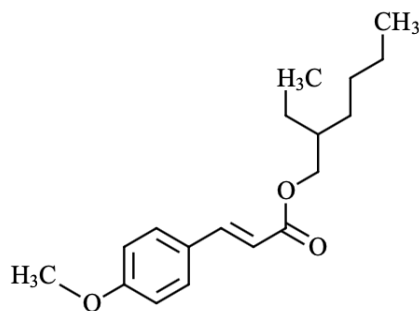
PABA (paraaminobenzoová kyselina) a její deriváty

Jde o jeden z prvních využívaných chemických filtrů s poměrně dlouhou historií. Poprvé se tato látka začala používat kolem 20. let minulého století. Rozsah jejího účinku absorbovat UV záření platí pro rozmezí UVB záření, kdy svého maxima dosahuje při vlnové délce 286 nm [18, s. 501]. Její schopnost dobře solubilizovat ve vodě lze vnímat jako výhodu, a to převážně v souvislosti s voděodolností, kdy i po koupání je snížení účinku tohoto filtru nižší, než v případě jiných látek [16, s. 74–75], [22, s. 316]. Maximální použitá koncentrace v přípravku může být 5 % [21]. Nicméně s přibývajícím důkazy, že může způsobovat fotoalergické kontaktní dermatitidy, a dokonce některé autoimunitní onemocnění jako *lupus*, se v dnešní době od jejího využití v kosmetických formulacích odstupuje. Dokonce mnohé přípravky na svých obalech prezentují, že se jedná o „PABA free“ formulaci [28, s. 254], [30, s. 78], [31, s. 420].

Mezi nejpoužívanější deriváty kyseliny 4-aminobenzoové patří Padimate O (Ethylhexyl Dimethyl PABA). V řádu desítek let patřil Padimate O k nejvyužívanějším filtrům vůbec, a to hlavně pro svou schopnost dobré kompatibility s jinými složkami. Na rozdíl od samotné 4-aminobenzoové kyseliny nevyvolává alergické reakce. V dnešní době se samostatně již tolik neobjevuje, zato bývá slučován s jinými aktivními látkami za účelem zvýšení ochrany. Nejvyšší povolená koncentrace je 8 % [16, s. 74], [21], [30, s. 78], [31, s. 422].

Cinnamáty

Další z velmi účinných UVB absorbérů, které do značné míry nahradily deriváty PABA, se nazývají cinnamáty neboli deriváty kyseliny skořicové. Octinoxate (Ethylhexyl Methoxycinnamate) je celosvětově nejvyužívanějším chemickým filtrem vůbec. Mnohdy je kombinován s cílem zvýšení ochrany i s dalšími filtry. Maximální povolená koncentrace Octinoxatu je 10 % [21], [22, s. 316].



Obr. 7. Chemický vzorec Octinoxatu [vlastní zdroj]

Octocrylene

Jde o chemicky příbuznou látku cinnamátům. Využívá se ke zvýšení hodnoty slunečního ochranného faktoru (SPF – Sun Protection Factor) a ke zlepšení voděodolnosti daného přípravku. Jde o fotostabilní látku, pokud dojde k použití Octocrylenu s jiným chemickým filtrem např. Avobenzonem, zlepší celkovou fotostabilitu výrobku. Avšak patří mezi poměrně drahé látky, tudíž není typicky používaným filtrem [16, s. 75], [22, s. 316].

Salicyláty

Deriváty kyseliny salicylové se řadí spíše, co se účinnosti týče, mezi slabší absorbéry. Obvykle se používají pro svůj synergický účinek ke zvýšení SPF jiných chemických filtrů. Do této skupiny můžeme zařadit látky jako např. Octisalate (Ethylhexyl Salicylate), či Homosalate (Homomethyl Salicylate) [18, s. 512], [22, s. 316].

Benzofenony

Skupina látek účinná nejen v UVB spektru, ale také schopná absorbovat záření v rozmezí UVA vlnových délek. Benzofenony jsou ceněny pro svou dobrou fotostabilitu. Mezi nejvyužívanější patří např. Oxybenzone (Benzophenone-3), či Sulisobenzon (Benzophenone-4, Benzophenone-5), který je jako jediný z této skupiny zcela rozpustný ve

vodě. Jejich nespornou výhodou je cena a snadná syntetická příprava [18, s. 504], [22, s. 317], [31, s. 422], [32, s. 235].

Deriváty kafru

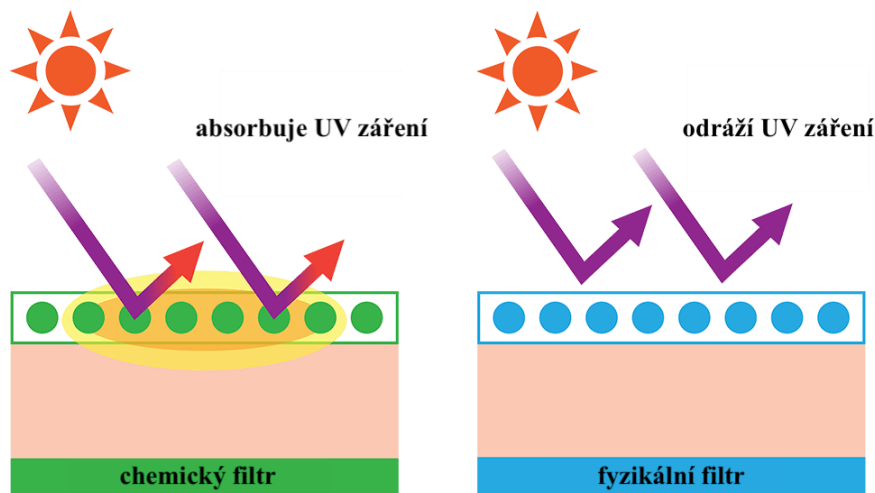
Další skupinou látek, která absorbuje nejen UVB ale i UVA záření, jsou deriváty kafru. V USA nejsou evidovány mezi povolenými filtry. Patří sem velmi fotostabilní a poměrně nový filtr Mexoryl XL (Drometrizole Trisiloxane), který i po dlouhé expozici UV záření neztrácí svou protektivní schopnost [26, s. 36].

4.2.2 Fyzikální filtry

Jde o anorganické látky, jejichž účinek je založen na odrazu UV záření (viz Obr. 8). Můžeme zde zařadit oxid titaničitý (Titanium Dioxide) a oxid zinečnatý (Zinc Oxide). Mnohdy bývají nazývány jako tzv. blokátory, neboť vytváří na pokožce nepropustný film. To může částečně být uživatelskou nevýhodou, poněvadž se hůře roztírají a zanechávají bílé zabarvený povlak. To je zapříčiněno většími částicemi těchto látek, které odráží viditelné světlo. Právě i z tohoto důvodu se v dnešní době rozmáhá trend ve formě nanočástic těchto filtrů. V takovém případě se zlepšuje jejich skluznost po pokožce a zároveň se vytrácí nežádoucí bílé zabarvení. V tento okamžik se však transformuje mechanismus účinku takto upravených fyzikálních filtrů, kdy již není založen pouze na odrazu UV záření, ale částečně jej absorbuje a přeměňuje na tepelnou energii či infračervenou radiaci. Princip absorpce je v podstatě totožný jako u chemických filtrů. Po ozáření přecházejí elektrony do excitovaného stavu, kdy valná většina (90 %) se vrací do počátečního stavu. Problémem mohou být elektrony, které se nevrátí zpět do energeticky výhodnějšího stavu. Disponují totiž velmi silnými oxidačními a redukčními účinky, které vedou až k poškození tkání. Tomuto se však dá předejít povrchovou úpravou nanočástic těchto filtrů, kdy se nejčastěji využívá Silica či Dimethicone. Několik studií [28, s. 256] zabývajících se bezpečností nanočástic TiO_2 uvádí, že po testování pomocí optické a elektronové mikroskopie nebyly detekovány žádné částice TiO_2 ve hlubších vrstvách pokožky nežli ve *stratum corneum* [19, s. 146], [22, s. 317–318], [28, s. 255–256], [33, s. 14–15, 48–49].

Bezespornu největší výhodou fyzikálních filtrů je jejich schopnost účinkovat nejen v UVB, ale také v UVA oblasti. Navíc, pokud hovoříme o neupravených formách částic těchto filtrů, jsou vhodné do formulací ochranných přípravků pro děti, neboť nezpůsobují žádné vedlejší reakce [16, s. 76], [22, s. 317]. Sada vzorků krémů, které budou testovány v praktické části této práce, obsahuje speciálně upravený TiO_2 , komerčně zvaný

EnhanceU-T (výrobce Advanced Dispersed Particles S. L., Španělsko), jehož ochranná schopnost je v rozmezí vlnových délek 280–400 nm, což z něj dělá poměrně univerzální filtr [34].



Obr. 8. Mechanismus účinku UV filtrů – upraveno podle [35]

4.2.3 Hybridní filtry

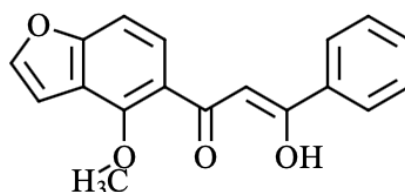
S pojmem hybridní filtr se v odborné literatuře lze setkat zřídka, nicméně budou zmíněny alespoň okrajově. Jde o látky chemické povahy, avšak neabsorbující UV záření, právě naopak jej stejně jako fyzikální filtry odrážejí. Z toho je odvozen i jejich název. Jsou zdravotně nezávadné a fotostabilní. Řadíme zde např. Bemotrizinol (Bis-Ethylhexyloxyphenol Methoxyphenyl Triazine) či Bisoktrizol (Methylene Bis-Benzotriazolyl Tetramethylbutylphenol) [21], [25, s. 124].

4.2.4 Přírodní oleje

Jak jsem již výše zmínila, také přírodní oleje se dají částečně využívat jako ochranné filtry proti UV záření. Navíc s rostoucím zájmem o přírodní kosmetiku pochopitelně stoupá i jejich používání. Nicméně většina přírodních olejů nedisponuje vysokou hodnotou SPF. Na druhou stranu jejich zakomponování do formulace daného přípravku může přinést výhody ve formě zklidňujících účinků pro pokožku díky přirozeně obsaženým antioxidantům, či nepřímé zvýšení hydratace kůže v důsledku vytvoření ochranného filmu, který brání odparu vody z kůže. Z důvodu zaměření mé praktické části této práce níže uvádím informace o oleji ze semen stromu *Pongamia pinnata* [29, s. 7].

Pongamol

Pongamol se získává z Karanja oleje. Ten se získává lisováním za studena z kulatých hnědých semen stromu *Pongamia pinnata* lidově nazývaného Karanja, odtud také odvozený název oleje. Samotný olej je hojně využíván díky blahodárným účinkům na kůži. Používá se např. k léčbě ekzémů či lupénky. Pongamia extrakt je bohatý na fenolické sloučeniny a bioflavonoidy jako je právě Pongamol, ten se z extraktu získává ve formě bělavého prášku s mírně kyselým aroma. Kombinace antioxidačních vlastností a schopnosti absorbovat UV záření předurčují tuto látku k použití jako přírodní UV filtru, který navíc zabraňuje předčasnému stárnutí kůže [29, s. 9], [36, s. 1556], [37, s. 2].



Obr. 9. Chemický vzorec pongamolu [vlastní zdroj]

4.3 Ochranný faktor SPF

Ochranný sluneční faktor je pro koncového zákazníka klíčovou informací o daném přípravku s obsahem UV filtrů. Celý tento koncept vymyslel rakouský vědec Franz Greiter. Velmi rychle se uchytil a dnes se tento údaj používá jak v kosmetickém, tak farmaceutickém průmyslu. Velmi zjednodušeně je hodnota SPF interpretována jako míra, která určuje, o jak delší čas můžeme pobýt na slunci, pokud máme aplikovaný sunscreen v porovnání, jak dlouho bychom vydrželi bez něj, než by došlo ke spálení a vzniku erytému. Ovšem odborná definice vyjadřuje tento faktor jako poměr mezi nejmenším potřebným množstvím UV záření, které vyvolá MED na kůži chráněné sunscreenem (v případě aplikovaného správného množství přípravku, což odpovídá 2 mg·cm⁻² kůže) k hodnotě množství UV záření, které vyvolá tutéž MED na kůži nechráněné [16, s. 76], [18, s. 525], [38, s. 105].

Dle Doporučení Komise (2006/647/ES) [13] dělíme přípravky s UV filtry podle hodnoty SPF následovně:

- nízká ochrana – SPF 6 a 10,
- střední ochrana – SPF 15, 20 a 25,
- vysoká ochrana – SPF 30 a 50,
- velmi vysoká ochrana – SPF 50+.

O jakou kategorii se jedná, by měl výrobce uvést na obalu minimálně stejně dobře viditelně jako SPF [13].

Schopnost absorbovat UV záření nevzrůstá v případě SPF lineárně. Například přípravek mající hodnotu SPF 15 absorbuje 93 % UV záření, zatímco přípravek s hodnotou SPF 30 absorbuje 97 %. Přípravky, které disponují velmi vysokou ochranou, se mírou absorpce UV záření již příliš neliší.

Nicméně nemůžeme se spoléhat pouze na hodnotu SPF. Při slunění hrají velkou roli i další aspekty, a to hodnota UV indexu, která bude objasněna níže, fototyp (přehled uveden v Tab. 1.), množství ochranného přípravku a jeho re aplikace, pocení či koupání [18, s. 526, 531], [39, s. 187].

Tab. 1. Přehled fototypů kůže pro střeoevropskou oblast [39, s. 187]

Fototyp	Charakteristika	Spálení	Opálení	Zarudnutí kůže bez použití sunscreenu
I	velmi světlá pleť, pihy, vlasy rezavé, oči modré, zelené	těžké bolestivé zčervenání	po 1–2 dnech dochází k olupování	5–10 min
II	světlá pleť, vlasy blond, oči šedé, zelené, modré	bolestivé zčervenání	malé olupování	10–20 min
III	světle hnědá pleť, bez pih, tmavě hnědé vlasy, oči hnědé, šedé	zřídka	mírné za přiměřenou dobu	cca 20 min
IV	hnědá, olivová pleť, tmavě hnědé až černé vlasy, tmavé oči	téměř nikdy	rychlé a silné	40 min

4.4 UV index

Index ultrafialového záření – UVI byl mezinárodně přijat za účelem zvýšení povědomí veřejnosti o důležitosti ochraňovat kůži před škodlivými vlivy UV záření. Lze jej definovat jakožto míru UV záření vyvolávající erytém na pokožce při jasné obloze. Hodnoty UVI se pohybují v rozmezí od 1 do 11+, kdy např. hodnota UVI 3 doporučuje chránit se před UV zářením vyhledáváním spíše stinných míst, chránit kůži oděvem, využít pokrývky hlavy a použít opalovací krém. Hodnota UVI 8 upozorňuje na extra ochranu před UV zářením doporučením vůbec nechodit ven v poledních hodinách, zůstat ve stínu po celý den a použít přípravky s vysokým SPF, samozřejmostí je ochranný oděv, sluneční brýle a pokrývka hlavy. Na podzim a v zimě se pro Českou republiku hodnoty UVI běžně pohybují v rozmezí 1–2, naopak na jaře či v létě v rozmezí 6–8. Všechny hodnoty UV indexu včetně doporučení lze nalézt v Příloze II [40, s. 71], [41, s. 8, 21, 22].

4.5 *In vivo* vs. *in vitro* metody stanovení SPF

Jedny z prvních metod stanovení hodnoty SPF jsou starší více než 50 let. Za tuto dobu byly vytvořeny jednotné standardy, aby se předešlo případným nesrovnalostem. Existují dva typy metod, první z nich je *in vivo* metoda, a druhou preferovanější je *in vitro* metoda, a to jak z časového, ekonomického, a především bezpečnostního důvodu [33 s. 54].

4.5.1 *In vivo* metoda

Jde o metodu, která posuzuje účinky testovaných přípravků na kůži probandů. V první řadě musí být vybrána vhodná skupina 10 dobrovolníků, kteří by v nejlepším případě měli splňovat rozmezí fototypů I–III (viz Tab. 1). Před podstoupením testování musí být tato skupina proškolená, projít lékařskou prohlídkou a musí podepsat individuální informovaný souhlas. Vzorek testovaného přípravku o hmotnosti $2 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ se nanáší na plochu zad o rozměru 40 cm^2 . Zároveň musí být označena i referentní plocha zad, která slouží ke srovnání, neboť princip měření je založen na poměru MED chráněné a nechráněné kůže viz rovnice (1). Přípravek se nanáší pomocí injekční stříkačky či pipety a roztírá se pomocí bříška prstu velmi mírným tlakem. Je zapotřebí ponechat takto naaplikovaný přípravek alespoň 15 minut penetrovat, aby se mohly dostatečně projevit jeho účinky. K ozáření se využívá solární simulátor, který obsahuje jako zdroj záření xenonové výbojky o vlnové délce 290–400 nm s příkonem 300 W. Samotné ozáření se provádí na ploše 30 cm^2 v šesti bodech o průměru 1 cm. Série intenzit záření roste geometrickou řadou o faktor 1,25.

K odečítání dochází mezi 16. – 24. hodinou od vystavení záření, posuzuje se síla a ohraničení erytému, díky čemuž se vyhodnotí hodnota SPF z rovnice (1) [42. s. 2–12], [43, s.55–56].

$$SPF_{in\ vivo} = \frac{MED_{chráněné\ kůže}}{MED_{nechráněné\ kůže}} \quad (1)$$

4.5.2 *In vitro* metoda

Jde o alternativní metodu, která je na rozdíl od *in vivo* metody založena pouze na fyzikálních jevech a nedochází tak k zatěžování lidské kůže. Jako náhrada lidské kůže se využívá speciální zdrsňelý substrát z polymethylmetakrylátu (PMMA) o minimální ploše 16 cm². Rozlišujeme dva typy substrátu, a to HD6 a SB6. Deska HD6 je vyrobena lisováním PMMA a disponuje drsností 6 μm. Princip výroby SB6 desky se od HD6 příliš neliší, jediný rozdíl nastává při úpravě povrchu, kdy je na již připravený výlisek vháněn písek se vzduchem. Díky tomuto speciálně pískovanému povrchu se jedná o věrnější kopii lidské kůže nežli v případě HD6. Oba typy desek jsou dodávány s certifikátem normativní kontroly, jsou propustné pro UV spektrum, nejsou fluorescenční a nereagují s testovanými přípravky.

Po důkladné homogenizaci přípravku dochází k aplikaci za využití injekční stříkačky. Výrobek je nanášen v bodech o definovaném množství 1,3 mg·cm⁻² v případě HD6 substrátu a 1,2 mg·cm⁻² v případě SB6. Vzorek se do substrátu zapracovává pomocí bříška prstu krouživými pohyby a následně roztíráním v horizontálním a vertikálním směru. Substrát musí být následně ponechán ve tmě po dobu 15 minut při laboratorní teplotě, aby došlo k důkladné stabilizaci. V této fázi dochází k samotnému spektrofotometrickému měření, které vyhodnotí procentuální transmitanci neboli propustnost zkoušeného vzorku pro UV záření. Dalším krokem je ozáření substrátu se vzorkem pomocí UVA záření v solární komoře simulátoru. Poté je opět proměřena hodnota transmitance a výsledky ve formě *in vitro* UVA-PF, SPF či kritické vlnové délky zpracovává program Microsoft Excel dle norem [25, s.125], [44, s. 2].

5 CÍLE PRÁCE

Cílem teoretické části bakalářské práce bylo vypracování literární rešerše se zaměřením na účinky způsobené UV radiací na kůži, možnosti ochrany lidského organismu před slunečním zářením, a to zejména ve formě sunscreenů, přičemž byl kladen důraz na jednotlivé UV filtry.

Cílem experimentální části bakalářské práce je:

- Ověření protekčního potenciálu za využití metody *in vitro* u kosmetických přípravků dodaných firmou Nobilis Tilia s.r.o.
- Srovnání naměřených výsledků.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 METODIKA

Pro stanovení protekčního potenciálu testovaných vzorků byla použita metoda Colipa UVA *in vitro*. Princip metody spočívá v hodnocení propustnosti UV radiace přes tenkou vrstvu vzorku aplikovaného na zdrsňelý povrch PMMA desky.

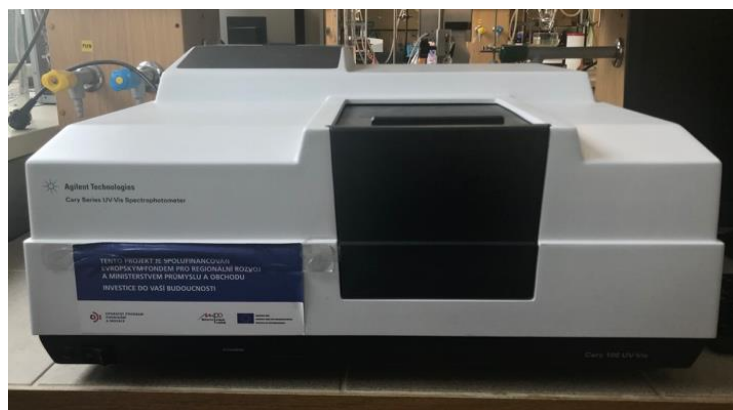
6.1 Použité pomůcky

- PMMA substrát SB6 o drsnosti 6 μm (HELIOSCREEN, Francie),
- injekční stříkačky Omnifix 0,01–1 ml (BRAUN, Německo),
- injekční jehly Sterican 0,90 · 25 mm (BRAUN, Německo),
- kádinka o objemu 10 ml,
- analytické váhy KERN (OHAUS, Švýcarsko),
- buničina,
- fixy,
- papírový box.

6.2 Použité zařízení

6.2.1 Spektrofotometr UV-VIS Cary 100

Spektrofotometr (viz Obr. 10) vyvinutý americkou společností Agilent Technologies, Inc. měří v rozsahu vlnových délek 190–900 nm. Pokrytí jak v UV, tak i VIS pásmu zajišťuje halogenová žárovka spolu s deuteriovou lampou. Při měření prochází záření přes stanovovaný vzorek a dopadá na detektor. Data jsou vyhodnocována pomocí softwaru Cary WinUV vyvinutého pro operační systém Windows.



Obr. 10. Spektrofotometr UV-VIS Cary 100 [vlastní zdroj]

6.2.2 SUNTEST CPS+

Jde o zdroj umělého slunečního záření (viz Obr. 11), který byl vyvinut americkou společností Atlas. Přístroj se skládá ze solární komory, která slouží k ozařování stanovovaných vzorků. Solární komora disponuje úložným prostorem se 6 otvory pro vzorky. Dobu i teplotu je možné nastavit na ovládacím panelu s displejem. Zdrojem záření je xenonová výbojka, která je chráněná skleněným a křemenným filtrem z důvodu bezpečnosti práce.



Obr. 11. SUNTEST CPS+ [vlastní zdroj]

6.3 Testované formulace

V experimentu bylo testováno 6 vzorků kosmetických přípravků proti slunění formulovaných jako emulze v/o od výrobce Nobilis Tilia s.r.o. (Česká republika). Jako UV filtry byly použity extrakt z Pongamolu (GIVAUDAN, Anglie) a oxid titaničitý EnhanceU-T (Advanced Dispersed Particles S. L., Španělsko).

Testované přípravky měly různé hodnoty SPF, které jsou přehledně uvedeny v Tab. 2. Ingredience dle názvosloví INCI, které přípravky obsahovaly, jsou uvedeny v Tab. 3.

Tab. 2. Očekávané hodnoty SPF testovaných vzorků

Kód vzorku	Očekávané SPF
A	8
B	11
C	15
D	19
E	5
F	4

Tab. 3. Seznam ingrediencí použitých v testovaných vzorcích

Ingredience dle INCI	Funkce
Olejová fáze	
Titanium Dioxide, Silica/EnhanceU-T	UV filtr
Pongamol	UV filtr
Polyglyceryl-4 Diisostearate/ Polyhydroxystearate/ Sebacate	Emulgátor
Hydrogenated Castor Oil	Zahušťovadlo
Cera Alba	Zahušťovadlo
Magnesium Stearate	Zahušťovadlo/Stabilizátor
Limnanthes Alba Seed Oil	Tuková složka
Simmondsia Chinensis Seed Oil	Tuková složka
Tocopherol Acetate	Antioxidant
Vodná fáze	
Aqua	Rozpouštědlo
Magnesium Sulphate	Stabilizátor
Phenethyl Alcohol, Glycerin, Citrus Reticulata Fruit Extract, Citrus Aurantium Amara Fruit Extract, Citrus Sinensis Peel Extract, Ascorbic Acid, Citric Acid, Lactic Acid, Aqua	Konzervant

6.4 Organizace měření

6.4.1 Příprava vzorků na substrát

Pro každý stanovovaný přípravek byly připraveny 3 PMMA desky, které byly nadepsány číslem a deklarovanou SPF hodnotou. Na takto připravené substráty bylo na analytických váhách naváženo $1,2 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ testovaného přípravku, který byl nanesen pomocí injekční stříkačky s jehlou rovnoměrně v bodech po celém substrátu. Následně se nanesený přípravek roztíral pomocí bříška prstu, a to nejdříve přibližně 30 s rychlými a malými

krouživými pohyby za použití mírného tlaku. Poté byl přípravek za použití většího tlaku zapracován za pomoci vertikálních a horizontálních pohybů také po dobu 30 s. Aby mohlo dojít ke stabilizaci takto naneseného vzorku, byl substrát ponechán 15 min ve tmě při laboratorní teplotě.

Dalším postupem bylo zapnutí spektrofotometru UV-VIS Cary 100, jenž byl propojen se softwarem Cary WinUV na počítači, který vyhodnocoval naměřená data.

6.4.2 Vlastní měření

Stabilizovaný substrát byl vložen do spektrofotometru UV-VIS Cary 100, kde byl proměřen. Data transmitance byla vyhodnocena pomocí výše zmíněného softwaru Cary WinUV, ze kterého byla převedena do programu Excel od společnosti Microsoft, konkrétně do připraveného sešitu, který je navržen dle ISO normy 24443 [44] pro stanovení ochranného slunečního faktoru UVA testovaného přípravku. Díky těmto zadaným hodnotám byly vypočítány parametry před UV radiací: SPF_0 , $UVA-PF_0$, kritická vlnová délka před ozářením λ_{C_0} či rozptyl hodnot nerovnoměrným nanesením CV%. Byla vyhodnocena i potřebná doba ozáření (viz Tab. 4) přichystaných vzorků v solární komoře o intenzitě $63,9 \text{ W}\cdot\text{cm}^{-2}$. Následně byly vzorky umístěny do solární komory simulátoru SUNTEST CPS+, kde byly podrobeny UV záření po stanovenou dobu při teplotě $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Po ozáření musely být opět ponechány 15 min ve tmě, načež byly znovu proměřeny na spektrofotometru a vykalkulovány hodnoty po ozáření $UVA-PF_{(D_x)}$ a kritická vlnová délka po ozáření $\lambda_{C_{(D_x)}}$. Dále byly zkonstruovány grafy závislosti absorbance naměřené před a po vystavení UV radiace na vlnové délce.

Tab. 4. Doba ozáření jednotlivých vzorků

Kód vzorku	Očekávané SPF	Doba ozáření
A	8	0:20:48
B	11	0:26:59
C	15	0:35:52
D	19	0:46:03
E	5	0:12:57
F	4	0:14:15

7 ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT

Matematickým zpracováním naměřených dat transmitance, kterou lze definovat jako veličinu, která vyjadřuje relativní zeslabení intenzity světla při průchodu látkou a nabývá hodnot od 0 do 1, lze se také setkat s vyjádřením transmitance v % [25, s. 56], byly vypočítány následující hodnoty:

- faktor UVA-PF₀, což je UVA faktor před umělým UV zářením, kterému byl vzorek vystaven,
- faktor UVA-PF_(Dx), neboli UVA faktor po vystavení vzorku umělému UV záření,
- faktor SPF₀, sluneční ochranný faktor stanovený metodou *in vitro* před působením umělého UV záření na stanovovaný vzorek,
- λ_{C_0} , což je hodnota kritické vlnové délky před vystavením vzorku umělému UV záření, při které absorpce UV filtru zaujme 90 % jeho celkové absorpce, což znamená, že čím vyšší je tato hodnota, tím vyšší je i ochrana před UVA zářením,
- $\lambda_{C(Dx)}$, hodnota kritické vlnové délky po expozici vzorku umělému UV záření,
- doba ozáření odpovídající pro jednotlivé vzorky,
- hodnota koeficientu CV [%], která poskytuje informace o nerovnoměrném nanesení vzorku na substrát.

Pro výpočet hodnot UVA-PF₀ a SPF *in vitro* byly použity následující vzorce uvedené v rovnicích (2) a (3) [44, s. 6–7]:

$$UVA - PF_0 = \frac{\int_{\lambda=320}^{\lambda=400} P(\lambda) \cdot I(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_{\lambda=320}^{\lambda=400} P(\lambda) \cdot I(\lambda) \cdot 10^{-A_0(\lambda)C} \cdot d\lambda} \quad (2)$$

Kde:

$P(\lambda)$ – účinky spektrálního pásma pro vznik trvalé pigmentace;

$I(\lambda)$ – spektrální záření ze zdroje;

$A_0(\lambda)$ – průměrná monochromatická absorbance vrstvy testovaného vzorku před UV ozářením;

C – korelační koeficient;

$d\lambda$ – vlnová délka po kroku 1 nm.

$$SPF_{in vitro} = \frac{\int_{\lambda=290}^{\lambda=400} E(\lambda) \cdot I(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_{\lambda=290}^{\lambda=400} E(\lambda) \cdot I(\lambda) \cdot 10^{-A_0(\lambda)} \cdot d\lambda} \quad (3)$$

Kde:

$P(\lambda)$ – účinky spektrálního pásma pro vznik erytému;

$I(\lambda)$ – spektrální záření ze zdroje;

$A_0(\lambda)$ – průměrná monochromatická absorbance vrstvy testovaného vzorku před UV ozářením;

$d\lambda$ – vlnová délka po kroku 1 nm.

Během experimentu nebyly zaznamenány žádné problémy a naměřené hodnoty nevykazují výrazné odchylky. Ze zpracovaných výsledků byly vypočítány průměrné hodnoty a k nim směrodatné odchylky. Tyto výsledky jsou zaznamenány v následující kapitole 8.1.

8 VÝSLEDKY A DISKUZE

Pro testování dané sady vzorků byl zvolen SB6 substrát. Níže vyobrazené grafy představují závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance před (mAF_0 – zelená křivka) a po ($mAF_{(DX)}$ – červená křivka) ozáření na vlnové délce a dále grafy závislosti absorbance před (A_0 – modrá křivka) a po ($A_{(DX)}$ – růžová křivka) ozáření na vlnové délce.

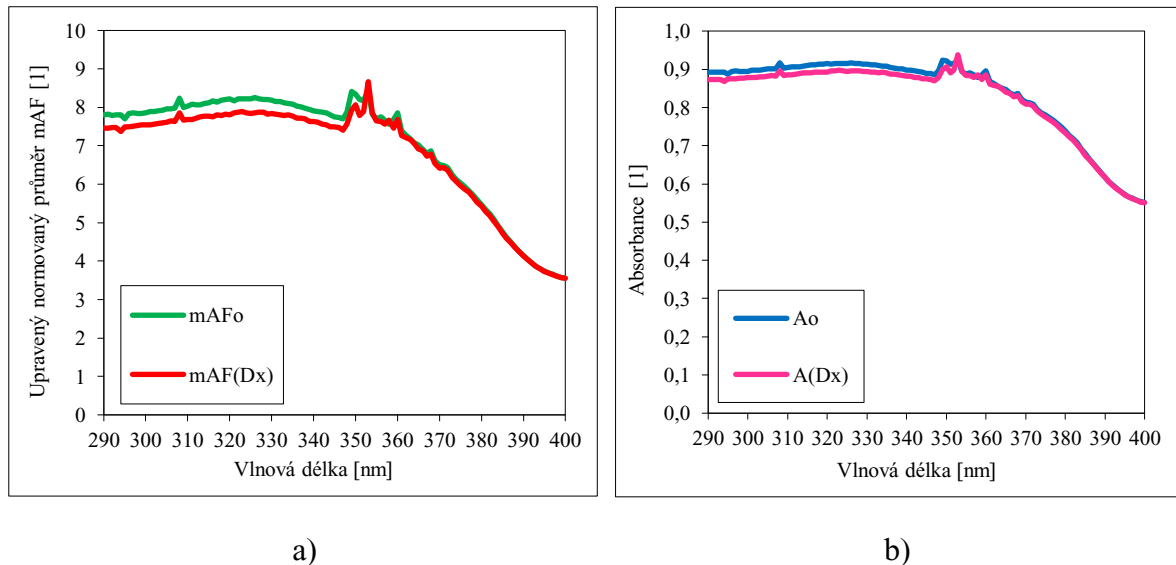
8.1 Výsledky měřených parametrů testovaných vzorků

Všechny stanovované hodnoty testovaných vzorků byly získány postupem uvedeným v kapitole 6.4 a jsou přehledně uvedeny v Tab. 5.

Tab. 5. Vypočítané průměrné parametry testovaných vzorků

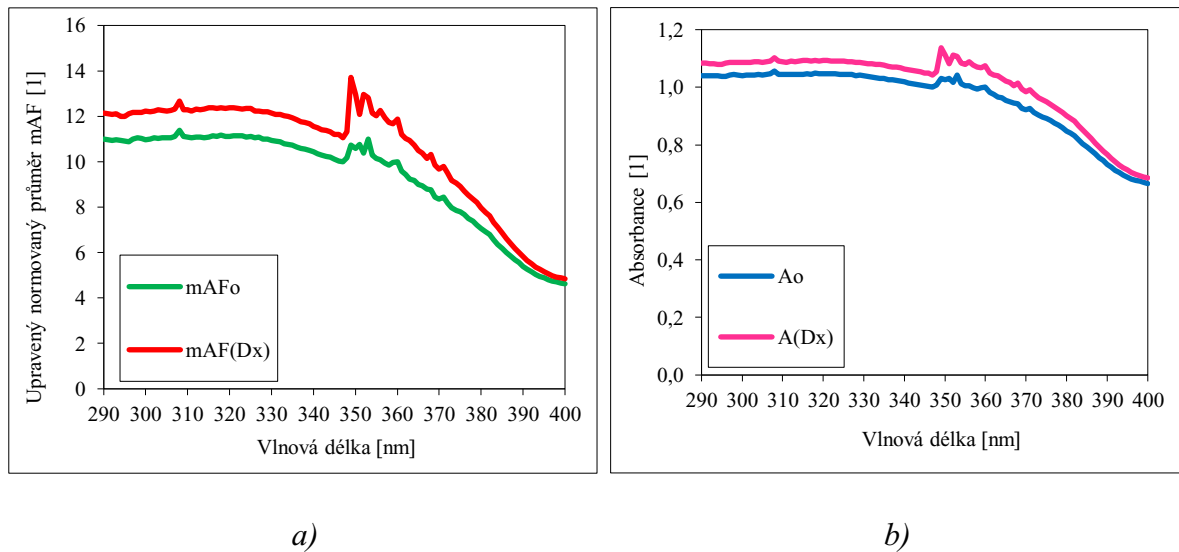
Vzorek	SPF očekávané	SPF ₀	UVA-PF ₀	UVA-PF _(DX)	λ_{C_0}	$\lambda_{C_{(DX)}}$	CV [%]
A	8	8,0 ± 0,2	7,3 ± 0,1	7,3 ± 0,2	385,2 ± 0,4	385,3 ± 0,3	0,1 ± 0,0
B	11	11,1 ± 0,6	9,2 ± 0,1	9,6 ± 0,6	385,0 ± 0,3	385,1 ± 0,3	0,1 ± 0,0
C	15	15,2 ± 0,2	12,2 ± 0,3	12,7 ± 0,3	385,2 ± 0,2	385,2 ± 0,1	0,1 ± 0,0
D	19	21,4 ± 0,3	15,7 ± 0,1	17,4 ± 0,2	385,3 ± 0,1	385,0 ± 0,1	0,1 ± 0,0
E	5	5,1 ± 0,0	4,5 ± 0,0	4,5 ± 0,1	387,9 ± 0,1	387,9 ± 0,1	0,2 ± 0,1
F	4	4,4 ± 0,3	4,9 ± 0,0	5,5 ± 0,5	388,4 ± 0,1	388,2 ± 0,3	0,2 ± 0,0

Vzorek A s očekávaným SPF 8 obsahoval 6 % EnhanceU-T a 1 % Pongamolu. Dle Obr. 12 dosahoval absorpčního maxima v UVB oblasti při vlnové délce 310 nm a v UVA oblasti při vlnové délce 353 nm před i po ozáření. Schopnost absorbovat paprsky výrazně klesala od hodnoty vlnové délky 363 nm. Vzorek vykazoval fotonestabilitu, a to především v UVB oblasti, nicméně hodnota kritické vlnové délky byla splněna.



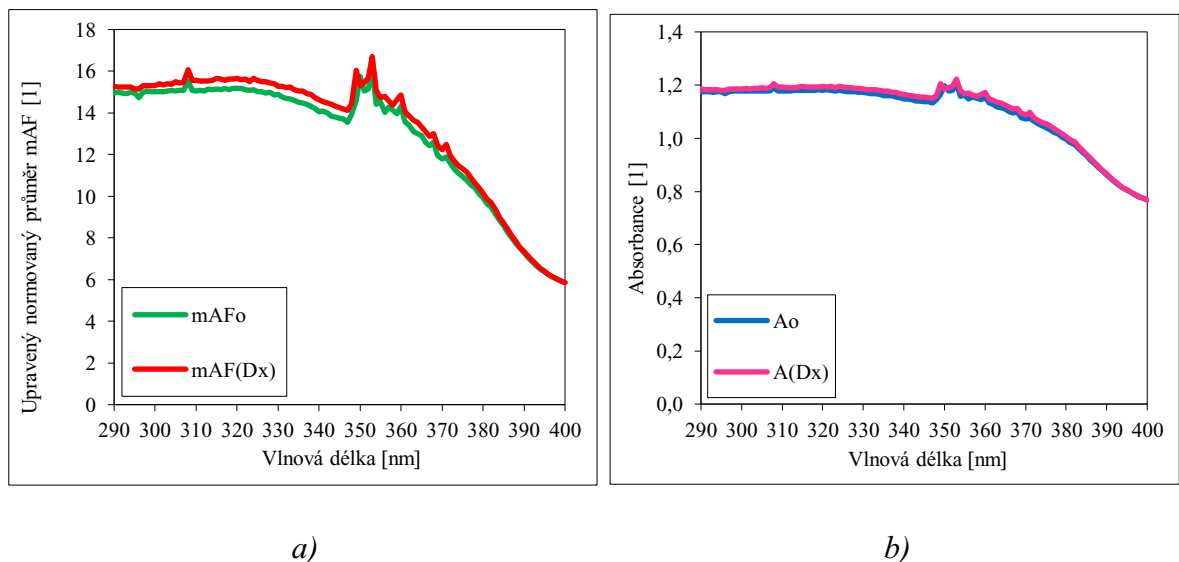
Obr. 12. Účinnost vzorku A – SPF 8 a) závislost upraveného normovaného průměru mAF na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce

Vzorek B s očekávaným SPF 11 obsahoval 10 % TiO_2 , zatímco Pongamolu pouze 1 %. Dle hodnot UVA-PF před a po ozáření (viz Tab. 5) můžeme říci, že se jedná o fotonestabilní formulaci. Jak je patrné z následujícího Obr. 13 vzorek svého absorpčního maxima v UVB oblasti dosahoval při hodnotě vlnové délky 308 nm a v UVA oblasti při vlnové délce 353 nm. Schopnost pohlcovat záření rapidně klesala od vlnové délky 363 nm. Hodnota kritické vlnové délky byla splněna.



Obr. 13. Účinnost vzorku B – SPF 11 a) závislost upraveného normovaného průměru mAF na vlnové délce, b) závislost absorpce na vlnové délce

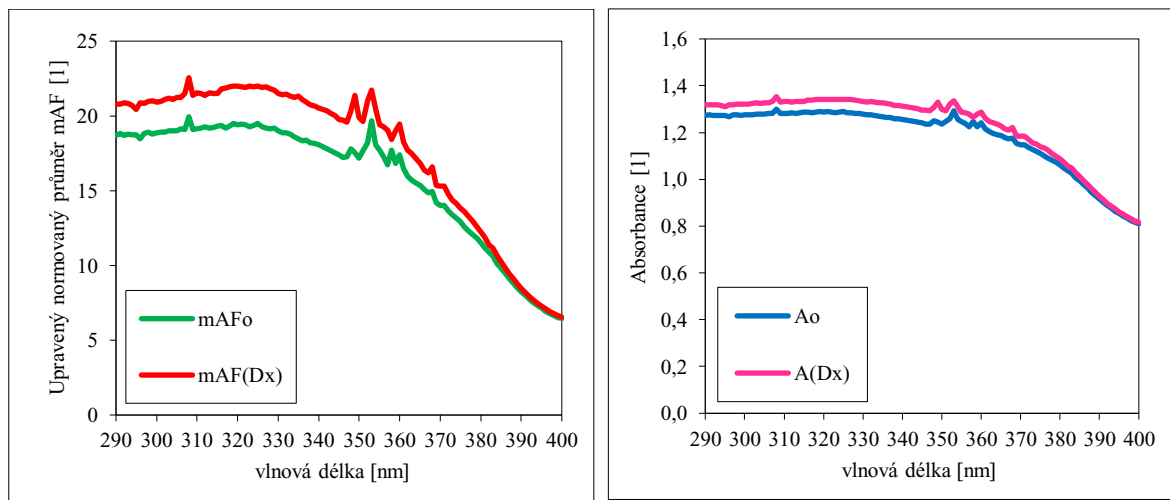
U následujícího vzorku C byla očekávána hodnota SPF 15. V jeho formulaci bylo použito 10 % fyzikálního filtru TiO_2 a 3 % Pongamolu. V UVB oblasti vykazoval nízký rozklad (viz Obr. 14). Svého absorpčního maxima dosahoval při vlnové délce 311 nm v UVB oblasti, dále pak při vlnové délce 353 nm v UVA oblasti.



Obr. 14. Účinnost vzorku C – SPF 15 a) závislost upraveného normovaného průměru mAF na vlnové délce, b) závislost absorpce na vlnové délce

S očekávanou SPF hodnotou 19 byl vyhodnocen vzorek D, který obsahoval také 10 % oxidu titaničitého a 5 % Pongamolu. Na Obr. 15 lze vidět, že trend průběhu naměřených křivek se od předchozích vzorků nijak výrazně nelišil. Tato testovaná formulace

dosahovala svého absorpčního maxima v UVB oblasti při vlnové délce 308 nm a v UVA oblasti při vlnové délce 355 nm.

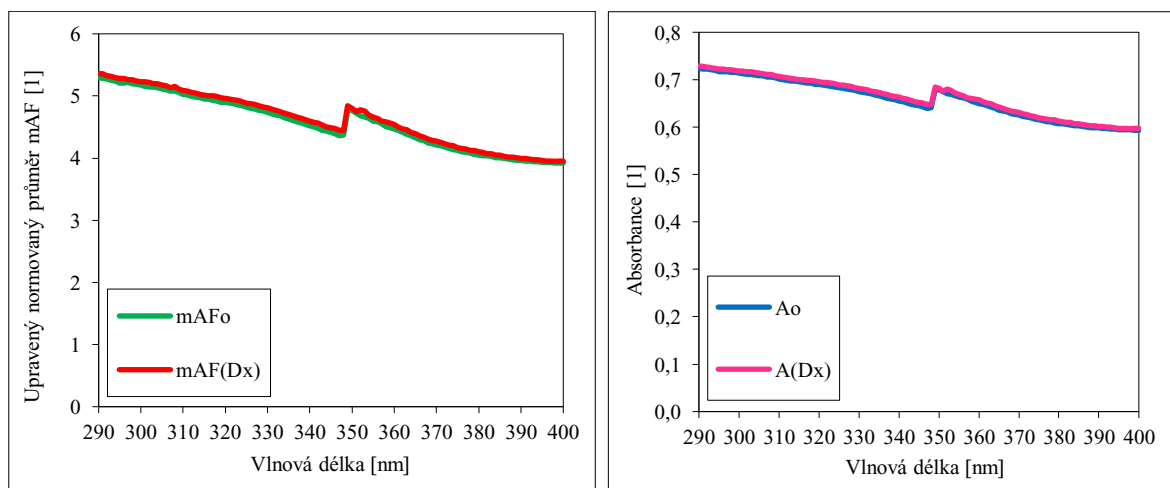


a)

b)

Obr. 15. Účinnost vzorku D – SPF 19 a) závislost upraveného normovaného průměru mAF na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce

Následující testovaná formulace E obsahovala jakožto UV filtr pouze 2 % oxidu titaničitého. Dle výrobce byla očekávaná hodnota SPF 5. Jde o poměrně fotostabilní formulaci, neboť se křivka po ozáření téměř neposunula, jak lze vidět na Obr. 16. Zároveň mohu konstatovat, že tento vzorek splňuje kritickou vlnovou délku.

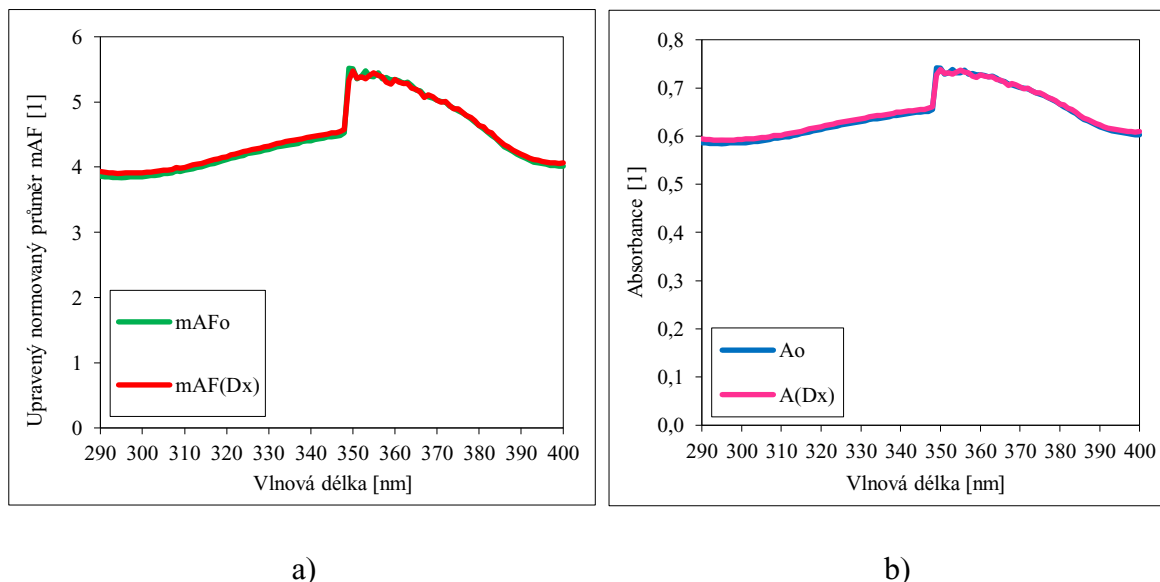


a)

b)

Obr. 16. Účinnost vzorku E – SPF 5 a) závislost upraveného normovaného průměru mAF na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce

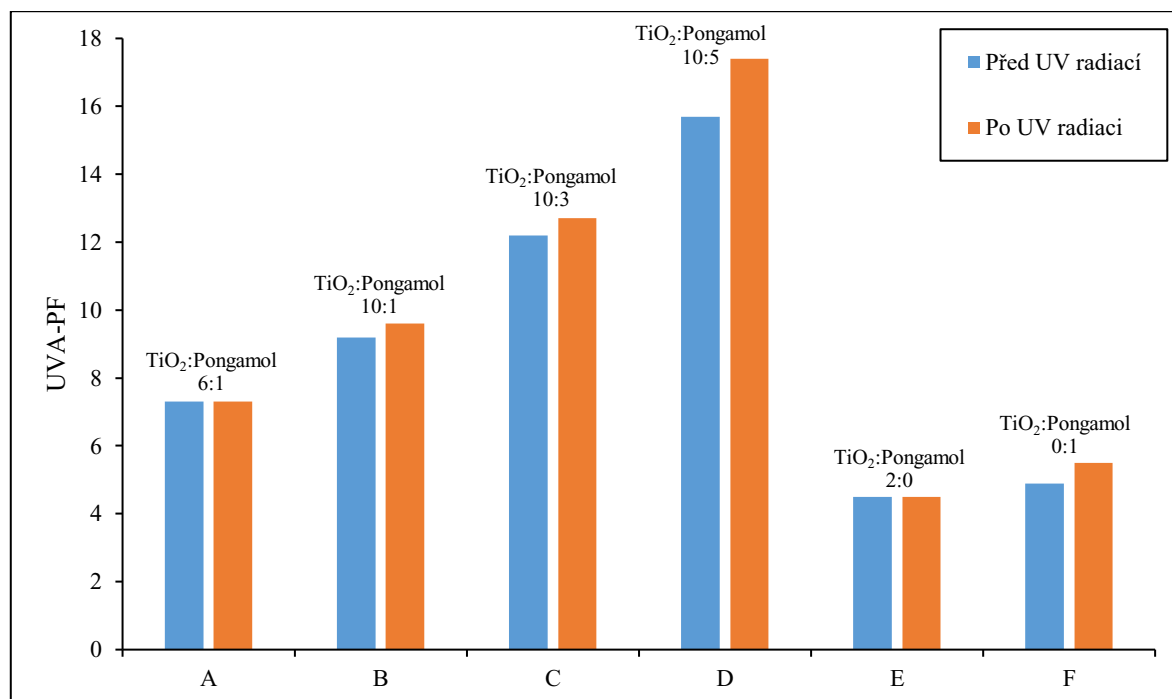
Poslední testovaný vzorek F měl očekávanou hodnotu SPF 4 a obsahoval pouze 1 % Pongamolu. Opět jde o fotostabilní formulaci taktéž splňující kritickou vlnovou délku. Absorpční maximum v UVB oblasti bylo naměřeno při vlnové délce 320 nm a v UVA oblasti při 350 nm (viz Obr. 17).



Obr. 17. Účinnost vzorku F s SPF 4 a) závislost upraveného normovaného průměru mAF na vlnové délce, b) závislost absorpce na vlnové délce

Z výše uvedených grafů (viz Obr. 12–17) si lze povšimnout, že testované vzorky nebyly v celé šíři spektra optimálně fotostabilní. Přírodní formulace pro kosmetické přípravky proti slunečnímu záření nevykazovala tedy tak efektivní ochranu v porovnání s výsledky studie, která ověřovala přípravky obsahující mimo jiné ingredience i chemické filtry [45]. Jak je zmíněno ve studii [46] zavedení přírodního extraktu Pongamolu do formulace přípravků proti slunění zlepšuje ochranu vůči UV radiaci. Práce [47] a [48], ve kterých byly testovány formulace s UV filtry ZnO a Pongamolem, také potvrzují protekční efekt, ale zmiňují, že hodnoty UVA-PF_(Dx) byly vyšší než UVA-PF₀ se zvyšujícím se množstvím Pongamolu. Patrně vlivem UV radiace a teploty mohlo dojít k reakci některých ingrediencí za vzniku nových sloučenin zvyšujících hodnoty UVA-PF_(Dx), podobně jako u testované modelové řady v této práci (viz Tab. 5 a Obr. 18). Tento jev zmiňuje také Staton [49], který ho označuje jako důsledek času a teploty určené pro uchovávání vzorku, který během tzv. sušení (Dry Down Effect) může v některých případech, kdy vzorek obsahuje též složky změnit svůj spektrální vzhled, který je pak chybně interpretován jako degradace vzorku. Dalším společným shodným závěrem je, že v případě vyššího obsahu fyzikálního filtru TiO₂ se zásadně nezlepšovala stabilita přípravku. Hodnota kritické vlnové délky byla splněna u všech testovaných vzorků. Hodnota koeficientu CV poskytuje informace

o kvalitě aplikace vzorku na substrát SB6 sděluje, že textura přípravků zajišťovala dobrou roztíratelnost a rovnoměrný nános vzorků na celé ploše substrátu.



Obr. 18. Srovnání hodnot UVA-PF před a po UV ozáření testovaných vzorků

ZÁVĚR

V teoretické části bakalářské práce byl popsán vliv slunečního záření na kůži včetně časných nebo pozdních insuficiencí, které může expozice UV radiaci vyvolat. V návaznosti na tuto problematiku byly charakterizovány možnosti fotoprotekce. Podle mechanismu účinku byly kategorizovány jednotlivé skupiny UV filtrů a uvedeny jejich příklady v souladu s Nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1223/2009 o kosmetických přípravcích. Dále byly definovány ochranné parametry kosmetických přípravků a možnosti jejich stanovení.

Cílem praktické části bylo ověření protekčního potenciálu modelové řady kosmetických přípravků proti slunění na přírodní bázi poskytnutých firmou Nobilis Tilia s.r.o. metodou *in vitro*. Testované formulace obsahovaly kombinaci UV filtrů rostlinného původu – Pongamolu a anorganického – EnhanceU-T. Naměřené hodnoty ochranných faktorů ukazují na nekonzistentní ochranu v celé spektrální šíři UV záření. Fotonestabilita mohla být způsobena i dalšími obsaženými oleji ve formulaci. Ochranný účinek formulace nedosahoval očekávané efektivity, proto bych na závěr práce doporučila optimalizaci kvantitativního i kvalitativního složení formulace.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] RAJNOCHOVÁ SVOBODOVÁ, Alena. *Poškození kůže působením slunečního záření, možnosti ochrany a prevence*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012. ISBN 978-80-244-3183-3.
- [2] HOJEROVÁ, Jarmila a Eva BOSKOVIČOVÁ. *Kozmetika - zdravie - krása: Odhalené tajomstvá*. Bratislava: Metro Media, 2009. ISBN 978-80-89327-02-7.
- [3] KABASHIMA, Kenji, Tetsuya HONDA, Florent GINHOUX a Gyohei EGAWA. The immunological anatomy of the skin. *Nature Reviews Immunology* [online]. 2019, **19**(1), 19-30 [cit. 2019-03-28]. DOI: 10.1038/s41577-018-0084-5. ISSN 1474-1733. Dostupné z: <http://www.nature.com/articles/s41577-018-0084-5>
- [4] LOSQUADRO, William D. Anatomy of the Skin and the Pathogenesis of Nonmelanoma Skin Cancer. *Facial Plastic Surgery Clinics of North America* [online]. 2017, **25**(3), 283-289 [cit. 2019-03-28]. DOI: 10.1016/j.fsc.2017.03.001. ISSN 10647406. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1064740617300263>
- [5] DRUGA, Rastislav, Miloš GRIM a Karel SMETANA. *Anatomie periferního nervového systému, smyslových orgánů a kůže*. Praha: Galén, 2013. ISBN 978-80-7262-970-1.
- [6] *Understanding the Anatomy* [online]. [cit. 2018-11-24]. Dostupné z: <https://headandneckcancerguide.org/adults/introduction-to-head-and-neck-cancer/skin-cancer/anatomy/>
- [7] ETTLER, Karel. Účinky UV záření na kůži a fotoprotekce. *Medicína pro praxi* [online]. 2007 [cit. 2018-11-28]. Dostupné z: <https://www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2007/06/09.pdf>
- [8] POLEFKA, Thomas G, Thomas A MEYER, Patricia P AGIN a Robert J BIANCHINI. Effects of Solar Radiation on the Skin. *Journal of Cosmetic Dermatology* [online]. 2012, **11**(2), 134-143 [cit. 2019-03-28]. DOI: 10.1111/j.1473-2165.2012.00614.x. ISSN 14732130. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1473-2165.2012.00614.x>
- [9] ETTLER, Karel. *Fotoprotekce kůže: ochrana kůže před účinky ultrafialového záření*. Praha: Triton, 2004. ISBN 80-725-4463-2.

- [10] MALINA, Lubor. *Fotodermatózy*. Praha: Maxdorf, 1999. ISBN 80-859-1221-X.
- [11] BAUMANN, Leslie a Leslie BAUMANN. *Cosmetic dermatology and medicine: principles and practice*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 2009. ISBN 978-0-07-164128-9.
- [12] ROZSÍVALOVÁ, Věra a Olga KNOBLOCHOVÁ. *Kosmetika II: pro 2. ročník oboru Kosmetička*. Praha: Informatorium, 2001. ISBN 80-86073-72-6
- [13] 2006/647/ES. *Doporučení komise: o účinnosti prostředků na ochranu proti slunečnímu záření a o uváděných tvrzeních, která s nimi souvisí*. Brusel, 2006.
- [14] OSTROV, Ricki. *Péče o pleť*. Praha: Ikar, 2000. Pro zdraví a krásu. ISBN 80-720-2596-1.
- [15] PÉREZ-SÁNCHEZ, Almudena, Enrique BARRAJÓN-CATALÁN, María HERRANZ-LÓPEZ a Vicente MICOL. Nutraceuticals for Skin Care: A Comprehensive Review of Human Clinical Studies. *Nutrients* [online]. 2018, **10**(4) [cit. 2019-03-29]. DOI: 10.3390/nu10040403. ISSN 2072-6643. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2072-6643/10/4/403>
- [16] SRINIVAS, CR a Reena RAI. Photoprotection. *Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology* [online]. 2007, **73**(2) [cit. 2018-11-26]. DOI: 10.4103/0378-6323.31889. ISSN 0378-6323. Dostupné z: <http://www.ijdv1.com/text.asp?2007/73/2/73/31889>
- [17] ETTLER, Jiří a Karel ETTLER. *Aktuální pohled na fotoprotekci kůže* [online]. 2016, 143-145 [cit. 2018-12-03]. Dostupné z: <https://www.solen.cz/pdfs/lek/2016/04/05.pdf>
- [18] GIACOMONI, Paolo U. *Sun protection in man*. New York: Elsevier Science, 2001. ISBN 04-445-0839-2.
- [19] DRAELOS, Zoe Kececioglu. *Cosmetic dermatology: products and procedures*. Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell Pub., 2010. ISBN 978-1-4051-8635-3.
- [20] ROSTOVÁ, Jana, Lenka BORSKÁ, Zdeněk FIALA a Jan KREJSEK. Chronický účinek ultrafialového záření na organismus. *Vojenské zdravotnické listy* [online]. 2006, **LXXV**(3-4), 111-119 [cit. 2018-12-04]. Dostupné z: <https://www.mmsl.cz/pdfs/mms/2006/03/06.pdf>

- [21] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1223/2009 ze dne 30. listopadu 2009 o kosmetických přípravcích. In: Úřední věstník Evropské unie. Brusel, 2009. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009R1223&from=CS>
- [22] BAREL, A. O., Marc PAYE a Howard I. MAIBACH. *Handbook of cosmetic science and technology*. 3rd ed. New York: Informa Healthcare, c2009. ISBN 978-1-4200-6963-1.
- [23] KOCKLER, Jutta, Michael OELGEMÖLLER, Sherryl ROBERTSON a Beverley D. GLASS. Photostability of sunscreens. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*. 2012, **13**(1), 91-110. DOI: 10.1016/j.jphotochemrev.2011.12.001. ISSN 13895567. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1389556711001043>
- [24] Nařízení Komise (EU) 2016/621 ze dne 21. dubna 2016, kterým se mění příloha VI nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1223/2009 o kosmetických přípravcích. In: Úřední věstník Evropské unie. Brusel, 2016. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:32016R0621&from=CS>
- [25] UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ. *Analýza tuků a kosmetických přípravků*. Zlín. Dostupné také z: <http://kosmetika.ft.utb.cz/Services/Downloader.ashx?id=387&disposition=inline>
- [26] ETTLER, Karel. *Prostředky k ochraně kůže před UV zářením* [online]. 2009, 135-138 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://www.praktickelekarenstvi.cz/pdfs/lek/2009/03/07.pdf>
- [27] KLIMOVÁ, Zuzana, Jarmila HOJEROVÁ a Silvia PAŽOUREKOVÁ. Current problems in the use of organic UV filters to protect skin from excessive sun exposure. *Acta Chimica Slovaca*. 2013, **6**(1), 82-88. DOI: 10.2478/acs-2013-0014. ISSN 1337-978X. Dostupné také z: <http://content.sciendo.com/view/journals/acs/6/1/article-p82.xml>
- [28] MAIER, T. a H.C. KORTING. Sunscreens – Which and What for?. *Skin Pharmacology and Physiology* [online]. 2005, **18**(6), 253-262 [cit. 2019-03-27]. DOI: 10.1159/000087606. ISSN 1660-5527. Dostupné z: <https://www.karger.com/Article/FullText/87606>

- [29] *Botanicals as sunscreens: Their role in the prevention of photoaging and skin cancer* [online]. India, 2011 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://pdfs.semanticscholar.org/a3be/f171db1b48d63448a8e3035e33ad99eb1bda.pdf>
- [30] RIGEL, Darrell S. *Photoaging*. New York: Marcel Dekker, c2004. ISBN 08-247-5450-6.
- [31] Sunscreens. *Harry's Cosmetology, Volumes I-II (8th Edition)*. 8th ed. S.l.: Chemical Pub. Co, 2000, s. 415-431. ISBN 9780820600024.
- [32] WU, Ming-hong, Deng-guo XIE, Gang XU, Rui SUN, Xiao-yu XIA, Wen-long LIU a Liang TANG. Benzophenone-type UV filters in surface waters: An assessment of profiles and ecological risks in Shanghai, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety* [online]. 2017, **141**, 235-241 [cit. 2019-03-30]. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2017.03.013. ISSN 01476513. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S014765131730146X>
- [33] LIM, Henry W. a Zoe Kececioglu DRAELOS. *Clinical guide to sunscreens and photoprotection*. New York: Informa Healthcare, 2009. Basic and clinical dermatology, 43. ISBN 14-200-8084-9.
- [34] ADP Cosmetics. Propagační materiál. *The Revolution in Cosmetic Ingredients: enhanceU-T*. [cit. 2019-03-31]
- [35] 40 Best Organic Sunscreens Of 2019 (Non-Toxic & Natural). In: *Skincare OX* [online]. [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: <https://www.skincareox.com/40-best-organic-sunscreens-non-toxic-natural/>
- [36] *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences: Determination of Sun Protection Effect of Herbal Sunscreen Cream*. 2015, **2015**(08). ISSN 2278-4357.
- [37] Givaudan. Propagační materiál. *Pongamia extract & Karanja oil: Plant actives for natural UV & antioxidant protection*. [cit. 2019-03-31].
- [38] DIFFEY, Brian. Sunscreen isn't enough. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* [online]. 2001, **64**(2-3), 105-108 [cit. 2019-03-31]. DOI: 10.1016/S1011-1344(01)00195-6. ISSN 10111344. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1011134401001956>

- [39] PÉREZ, Eva Sicouret. Efektivní fotoprotekce. *Praktické lékárenství* [online]. Praha, 2012 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: <https://www.praktickelekarenstvi.cz/pdfs/lek/2012/04/10.pdf>
- [40] *Preventive Medicine* [online]. 2019, **123** [cit. 2019-03-31]. ISSN 00917435. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S009174351930074X>
- [41] *Global solar UV index: a practical guide* [online]. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2002 [cit. 2019-03-31]. ISBN 9241590076. Dostupné z: <http://www.who.int/iris/handle/10665/42459>
- [42] ČSN EN ISO 24442. *Kosmetika – Metody zkoušení ochranného slunečního faktoru – Stanovení ochranného slunečního faktoru UVA in vivo*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012. Třídící znak 68 1507.
- [43] LIM, Henry W. a Zoe Kececioglu DRAELOS. *Clinical guide to sunscreens and photoprotection*. New York: Informa Healthcare, c2009. Basic and clinical dermatology, 43. ISBN 978-1-4200-8084-1.
- [44] ČSN EN ISO 24443. *Stanovení ochranného slunečního faktoru UVA in vitro*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012. Třídící znak 68 1508.
- [45] HOJEROVÁ, J., A. MEDOVČÍKOVÁ a M. MIKULA. Photoprotective efficacy and photostability of fifteen sunscreen products having the same label SPF subjected to natural sunlight. *International Journal of Pharmaceutics* [online]. 2011, **408**(1-2), 27-38 [cit. 2019-05-13]. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2011.01.040. ISSN 03785173. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378517311000718>
- [46] BUDDEPU, Madhavarao. Determination of In - Vitro Sunscreen Activity of Pongamia Pinnata (L.) Essential Oil. *Drug Invention Today* [online]. 2011, **3**(8), 197-199. ISSN 0975-7619.
- [47] ZÁPECOVÁ, Denisa. *Ověřování kosmetického potenciálu Pongamia pinnata*. Zlín, 2016. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Jana Pavlačková, Ph.D.

- [48] MRNUŠTÍKOVÁ, Nikol. *Studie účinnosti kosmetických formulací proti slunění s obsahem pongamolu a ZnO*. Zlín, 2017. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Jana Pavlačková, Ph.D.
- [49] STATON, John a Craig DENNYSON. *Issues at the Margins: Validation of Sunscreen in-vitro UVA Test Measurement For FDA, COLIPA and ISO*. [online]. Australia, [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: http://www.dermatest.com.au/Scientific/_Calibration%20for%20USA,%20EU%20,%20ASEAN.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

UV	Ultrafialové
UVA	Dlouhovlnné ultrafialové
UVB	Středněvlnné ultrafialové
UVC	Krátkovlnné ultrafialové
VIS	Viditelné
MED	Minimální erytémová dávka
IPD	Časné pigmentační ztmavnutí
DPD	Pozdní pigmentační ztmavnutí
DNA	Deoxyribonukleová kyselina
PABA	Kyselina 4-aminobenzoová
SPF	Ochranný sluneční faktor
UVI	Index ultrafialového záření
USA	Spojené státy americké
INCI	Mezinárodní názvosloví kosmetických ingrediencí
PMMA	Polymethylmetakrylát

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Vrstvy kůže – upraveno podle [6].....</i>	12
<i>Obr. 2. Spektrum slunečního záření – upraveno podle [11, s. 245].....</i>	14
<i>Obr. 3. Průnik UV záření do kůže – upraveno podle [15, s. 3].....</i>	15
<i>Obr. 4. Rozměrné spinaliomy a hojně množství aktinických keratóz [17].....</i>	21
<i>Obr. 5. Shrnutí účinků UV záření na kůži: pozitivní (zelené) a negativní (červené) – upraveno podle [15, s. 5].....</i>	21
<i>Obr. 6. PABA molekula – transport elektronů vlivem UV záření – upraveno podle [28, s. 254].....</i>	24
<i>Obr. 7. Chemický vzorec Octinoxatu [vlastní zdroj].....</i>	25
<i>Obr. 8. Mechanismus účinku UV filtrů – upraveno podle [35].....</i>	27
<i>Obr. 9. Chemický vzorec pongamolu [vlastní zdroj].....</i>	28
<i>Obr. 10. Spektrofotometr UV-VIS Cary 100 [vlastní zdroj].....</i>	34
<i>Obr. 11. SUNTEST CPS+ [vlastní zdroj].....</i>	35
<i>Obr. 12. Účinnost vzorku A – SPF 8 a) závislost upraveného normovaného průměru mAF na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce.....</i>	41
<i>Obr. 13. Účinnost vzorku B – SPF 11 a) závislost upraveného normovaného průměru mAF na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce.....</i>	42
<i>Obr. 14. Účinnost vzorku C – SPF 15 a) závislost upraveného normovaného průměru mAF na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce.....</i>	42
<i>Obr. 15. Účinnost vzorku D – SPF 19 a) závislost upraveného normovaného průměru mAF na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce.....</i>	43
<i>Obr. 16. Účinnost vzorku E – SPF 5 a) závislost upraveného normovaného průměru mAF na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce.....</i>	43
<i>Obr. 17. Účinnost vzorku F s SPF 4 a) závislost upraveného normovaného průměru mAF na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce.....</i>	44
<i>Obr. 18. Srovnání hodnot UVA-PF před a po UV ozáření testovaných vzorků.....</i>	45

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Přehled fototypů kůže pro střeoevropskou oblast [39, s. 187]</i>	29
<i>Tab. 2. Očekávané hodnoty SPF testovaných vzorků</i>	35
<i>Tab. 3. Seznam ingrediencí použitých v testovaných vzorcích</i>	36
<i>Tab. 4. Doba ozáření jednotlivých vzorků</i>	37
<i>Tab. 5. Vypočítané průměrné parametry testovaných vzorků</i>	40

SEZNAM PŘÍLOH

P I A: Seznam povolených UV filtrů v EU

P I B: Seznam povolených UV filtrů v EU

P II: Hodnoty UVI a doporučení

PŘÍLOHA P I A: SEZNAM POVOLENÝCH UV FILTRŮ V EU

Název dle INCI	Oblast ochrany	Nejvyšší povolená koncentrace
Chemické filtry		
PABA	UVB	5 %
Camphor Benzalkonium Methosulfate	UVB	6 %
Homosalate	UVB	10 %
Benzophenone-3	UVA	10 %
Phenylbenzimidazole Sulfonic Acid	UVB	8 %
Terephthalylidene Dicamphor Sulfonic Acid	UVA + UVB	10 %
Butyl Methoxydibenzoylmethane	UVA	5 %
Benzylidene Camphor Sulfonic Acid	UVB	6 %
Octocrylene	UVB	10 %
Polyacrylamidomethyl Benzylidene Camphor	UVB	6 %
Ethylhexyl Methoxycinnamate	UVB	10 %
PEG-25 PABA	UVB	10 %
Isoamyl <i>p</i> -methoxycinnamate	UVB	10 %
Ethylhexyl Triazone	UVB	5 %
Drometrizole Trisiloxane	UVA + UVB	15 %
Diethylhexyl Butamido Triazone	UVB	10 %
4-Methylbenzylidene Camphor	UVB	4 %
3-Benzylidene Camphor	UVB	2 %
Ethylhexyl Salicylate	UVB	5 %
Ethylhexyl Dimethyl PABA	UVB	8 %
Benzophenone-4, Benzophenone-5	UVA + UVB	5 %

PŘÍLOHA P I B: SEZNAM POVOLENÝCH UV FILTRŮ V EU

Název podle INCI	Oblast ochrany	Nejvyšší povolená koncentrace
Chemické filtry		
Methylene Bis-Benzotriazolyl Tetramethylbutylphenol	UVA + UVB	10 %
Disodium Phenyl Dibenzimidazole Tetrasulfonate	UVA	10 %
Bis-Ethylhexyloxyphenol Methoxyphenyl Triazine	UVA + UVB	10 %
Polysilicone-15	UVB	10 %
Diethylamino Hydroxybenzoyl Hexyl Benzoate	UVA	10 %
Fyzikální filtry		
Titanium Dioxide	UVA + UVB	25 %
Zinc Oxide	UVA + UVB	25 %

PŘÍLOHA P II: HODNOTY UVI A DOPORUČENÍ

UV index	Hodnocení expozice	Doporučení
0–2	Nízká	Sluneční ochrana není vyžadována. Pobyt venku je bezpečný.
3–5	Střední	Ochrana je vyžadována. Doporučuje se používat opalovací přípravky, pokrývky hlavy a sluneční brýle.
6–7	Vysoká	Ochrana je vyžadována. Doporučuje se používat opalovací přípravky, pokrývky hlavy, sluneční brýle, trička a v poledních hodinách se pohybovat ve stínu.
8–10	Velmi vysoká	Ochrana je vyžadována. Doporučuje se používat opalovací přípravky s SPF minimálně 30+, pokrývky hlavy, sluneční brýle, trička a v poledních hodinách zůstat ve stínu.
11+	Extremně vysoká	Je vyžadována extra ochrana. Doporučuje se používat opalovací přípravky s SPF minimálně 30+, pokrývky hlavy, sluneční brýle, trička a v poledních hodinách nechodit na slunce.