

Studie účinnosti kosmetických formulací proti slunění s obsahem pongamolu a ZnO

Bc. Nikol Mrnuščíková

Diplomová práce
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky
akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Nikol Mrnušíková**
Osobní číslo: **T15322**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie tuků, detergentů a kosmetiky**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Studie účinnosti kosmetických formulací proti slunění s obsahem pongamolu a ZnO**

Zásady pro vypracování:

1. V literární rešerši se zaměřte na problematiku ultrafialového záření a možnosti fotoprotekce. Klasifikujte a charakterizujte UV filtry, s důrazem na rostlinné látky a oxid zinečnatý. Získané poznatky kriticky zhodnoťte.
2. V praktické části proveďte in vitro hodnocení účinnosti kosmetických formulací proti slunění a jejich senzorké hodnocení.
3. Dosažené výsledky diskutujte a formulujte patřičné závěry.



Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. **Vědecké články z databází Web of Science, Scopus a další; databáze elektronických knih (např. Knovel)**
2. **Ronald Ross Watson, Sherma Zibadi. Bioactive Dietary Factors and Plant Extracts in Dermatology. Springer Science+Business Media New York 2013.**
3. **Perumal Kumar, S. Suresh Ramanan, Velusamy Saravanan. Compendium on Pongamia Pinnata. Lap Lambert Academic Publishing GmbH KG, 2013.**
4. **Ettler Karel. Fotoprotekce kůže, Triton, Praha, 2004.**

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jana Pavlačková, Ph.D.

Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Datum zadání diplomové práce:

3. února 2017

Termín odevzdání diplomové práce:

17. května 2017

Ve Zlíně dne 3. února 2017



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



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

Příjmení a jméno: MRNUŠTÍKOVÁ NIKOL

Obor: TTDK

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 17. 5. 2017


.....

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 jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložil, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Literární rešerše popisuje ultrafialové záření a jeho účinky na kůži. Na tuto problematiku navazuje charakteristika fyzikálních a přírodních UV filtrů používaných v ochranných přípravcích. Praktická část byla věnována stanovení účinnosti kosmetických formulací proti slunění s pongamolem a ZnO/nano ZnO metodou *in vitro* před a po vystavení UV záření. Sledované ochranné parametry testovaných formulací vykazovaly nižší ochranu, než byla očekávána. Jejich efektivnost byla závislá na zvolených UV filtrech a jejich vzájemném poměru. Vlastnosti navržených formulací se zlepšovaly se zvyšující se koncentrací UV filtrů. Součástí experimentu bylo i hodnocení organoleptických vlastností formulovaných přípravků. Bylo zjištěno, že mezi testovanými formulacemi existují statisticky významné rozdíly v barvě, textuře, roztíratelnosti, vstřebatelnosti a preferenci.

Klíčová slova: ultrafialové záření, UV filtry, *Pongamia pinnata*, SPF, UV ochrana, senzorní analýza

ABSTRACT

Literary research describes ultraviolet radiation and its effects on the skin. This is followed by the characterization of physical and natural UV filters used in protective preparations. The practical part was devoted to the determination of efficacy of cosmetic sunscreens formulations with pongamol and ZnO/nano ZnO by method *in vitro* before and after exposure to UV radiation. The observed protective parameters of the formulations tested showed less protection than was expected. Their effectiveness depended on the selected UV filters and their relative proportions. The properties of the proposed formulations improved with the increasing concentration of UV filters. The evaluation of the organoleptic properties of formulated products was part of the experiment. It has been found that there are statistically significant differences in color, texture, scatteriness, absorbability and preference among the tested formulations.

Keywords: ultraviolet radiation, UV filters, *Pongamia pinnata*, SPF, UV protection, sensory analysis

Touto cestou bych chtěla upřímně poděkovat paní Ing. Janě Pavlačkové, PhD za velkou trpělivost, vstřícnost, poskytnuté materiály, cenné rady a její čas, který mi věnovala v celém průběhu tvorby mé diplomové práce. Poděkování patří také firmě Nobilis tilia s.r.o. za poskytnutí kosmetických přípravků k testování. Dále bych chtěla poděkovat všem probandům, laborantkám za jejich ochotu a pomoc. Největší poděkování patří mé rodině, přáteli a blízkým, kteří ve mně věřili, podporovali mě, měli semnou trpělivost a stáli při mě po celou dobu studia.

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

OBSAH

ÚVOD.....	11
I TEORETICKÁ ČÁST.....	12
1 KŮŽE.....	13
1.1 ANATOMIE KŮŽE	13
1.1.1 Pokožka	14
1.1.2 Škára.....	14
1.1.3 Podkoží.....	15
2 SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ.....	16
2.1 ULTRAFIALOVÉ ZÁŘENÍ.....	16
2.1.1 Dlouhovlnné UVA záření	18
2.1.2 Středněvlnné UVB záření	19
2.1.3 Krátkovlnné UVC záření.....	20
2.1.4 Index ultrafialového záření	20
2.2 VIDITELNÉ ZÁŘENÍ	21
2.3 INFRAČERVENÉ ZÁŘENÍ	21
2.4 OXIDAČNÍ STRES	22
3 ZMĚNY NA KŮŽI PO SLUNEČNÍM ZÁŘENÍM.....	23
3.1 AKUTNÍ A SUBAKUTNÍ PROJEVY NA KŮŽI.....	23
3.1.1 Solární erytém	23
3.1.2 Pigmentace	24
3.1.2.1 Syntéza Melaninu	25
3.1.2.2 Fotoprotektivní vlastnosti melaninu	25
3.1.3 Změny tloušťky kůže	25
3.1.4 Produkce vitamínu D.....	25
3.1.5 Fotodermatózy.....	26
3.1.5.1 Fotodermatózy vyvolané vnějšími vlivy.....	26
3.1.5.2 Fotodermatózy spojené s poškozením DNA	28
3.1.6 Fotoimunosuprese	28
3.2 CHRONICKÉ PROJEVY NA KŮŽI	29
3.2.1 Photoaging.....	29
3.2.2 Kancerogenní efekt	30
3.2.2.1 Aktinická keratóza	31
3.2.2.2 Bazaliom	31
3.2.2.3 Spinaliom.....	31
3.2.2.4 Maligní melanom.....	32
4 FOTOPROTEKCE	34
4.1 VNITŘNÍ OCHRANA KŮŽE PŘED UV ZÁŘENÍM	34
4.2 VNĚJŠÍ OCHRANA KŮŽE PŘED UV ZÁŘENÍM	35
4.2.1 Aktivní ochrana	35
4.2.2 Pasivní ochrana	36
4.2.2.1 Stínění	36
4.2.2.2 Ochranný oděv	36

4.2.2.3	Sluneční brýle	37
4.3	PŘÍPRAVKY NA OCHRANU PROTI SLUNEČNÍMU ZÁŘENÍ – SUNSCREENY	37
4.3.1	Zásady používání sunscreenů	39
4.3.2	Filtry ultrafialového záření	39
4.3.2.1	Chemické filtry – absorbéry	40
4.3.2.2	Fyzikální filtry – blokátory	42
4.3.2.3	Přírodní oleje	44
4.3.2.4	Nežádoucí účinky UV filtrů	45
4.3.3	Ochranný sluneční faktor	46
4.3.4	Modelové systémy pro stanovení ochranného slunečního faktoru	47
4.3.4.1	In vivo metoda	47
4.3.4.2	Iv vitro metoda	48
5	CÍLE PRÁCE	50
II	PRAKTICKÁ ČÁST	51
6	METODIKA	52
6.1	POUŽITÉ CHEMIKÁLIE A POMŮCKY	52
6.2	POUŽITÉ ZAŘÍZENÍ	52
6.2.1	Spektrofotometr UV-VIS Cary 100	52
6.2.2	SUNTEST CPS+	53
6.3	TESTOVANÉ FORMULACE PŘÍPRAVKŮ PROTI SLUNĚNÍ	54
6.4	ORGANIZACE MĚŘENÍ	56
6.4.1	Příprava vzorku	56
6.4.2	Nastavení spektrofotometru UV-VIS	56
6.4.3	Vlastní měření	56
6.4.4	Určení doby ozáření	57
6.5	SENZORICKÁ ANALÝZA TESTOVANÝCH FORMULACÍ	58
6.5.1	Postup senzoričského hodnocení	58
7	ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT	59
7.1	ZPRACOVÁNÍ DAT IN VITRO MĚŘENÍ SPF A UVA-PF	59
7.2	ZPRACOVÁNÍ DAT SENZORICKÉ ANALÝZY	60
8	VÝSLEDKY A DISKUZE	61
8.1	PARAMETRY TESTOVANÝCH OCHRANNÝCH PŘÍPRAVKŮ PROTI SLUNEČNÍMU ZÁŘENÍ	61
8.1.1	Přípravky s SPF 5	65
8.1.2	Přípravky s SPF 8	66
8.1.3	Přípravky s SPF 9	67
8.1.4	Přípravky s SPF 11	68
8.1.5	Přípravky s SPF 12	69
8.1.6	Přípravky s SPF 13	70
8.1.7	Přípravky s SPF 15	71
8.1.8	Přípravky s SPF 16	72
8.1.9	Přípravky s SPF 19	73
8.2	VÝSLEDKY A DISKUZE SENZORICKÉ ANALÝZY TESTOVANÝCH PŘÍPRAVKŮ	75
8.2.1	Pořadové zkoušky formulací s ZnO a pongamolem	75

8.2.2	Pořadové zkoušky formulací s nano ZnO a pongamolem	76
8.2.3	Párová porovnávací zkouška vybraných formulací	78
ZÁVĚR		79
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		80
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		89
SEZNAM OBRÁZKŮ		91
SEZNAM TABULEK		94
SEZNAM PŘÍLOH		95

ÚVOD

Sluneční záření je zdrojem energie a působí na lidský organismus pozitivně či negativně. Je důležité pro vznik aktivní formy vitamínu D, dobře účinkuje na některé kožní choroby. Avšak nadměrná a opakovaná expozice ultrafialového (UV) záření způsobuje i řadu negativních reakcí na kůži, které mohou být akutní či chronické. Aby se zabránilo nežádoucím reakcím na kůži po expozici UV záření, je nutné kůži chránit ochrannými kosmetickými přípravky obsahující účinné UV filtry.

Tato práce je věnována testování formulací proti slunění s obsahem fyzikálního UV filtrů oxidu zinečnatého a přírodního extraktu získaného z plodů stromu *Pongamia pinnata*. Oxid zinečnatý je považován za velmi univerzální UV filtr, jelikož jako jediný z UV filtrů odráží celé spektrum UVA i UVB záření. Díky této vlastnosti poskytuje komplexní ochranu. Kromě klasického oxidu zinečnatého existuje i jeho nano forma, která díky své malé velikosti částic dosahuje maximálního účinku vůči UV záření. Extrakt pongamolu je považován za silný antioxidant. Ve formulacích se využívá v kombinaci s jinými UV filtry pro zesílení ochrany vůči UV záření také v celém spektru.

V současné době je na trhu široká nabídka přípravků proti slunečnímu záření. Kosmetické formulace mohou být v různých formách a obsahovat chemické, fyzikální UV filtry nebo jejich kombinaci. Předmětem této práce je studium formulací na přírodní bázi s obsahem extraktu pongamolu podpořeného fyzikálním filtrem ZnO/nano ZnO.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 KŮŽE

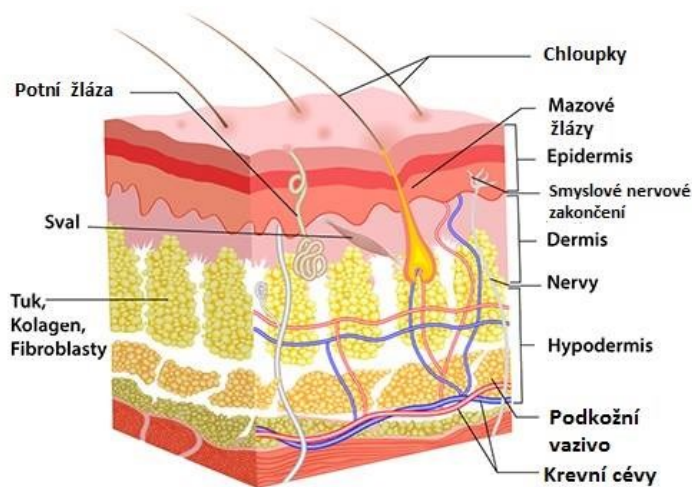
Lidskou kůží rozumíme orgán o celkové ploše 1,5–2 m², který pokrývá povrch celého těla. Hmotnost kůže tvoří cca 7–15 % celkové tělesné hmotnosti dospělého člověka, což odpovídá průměru 18–20 kg celkové hmotnosti. Hmotnost pokožky se pohybuje okolo 0,5 kg a hmotnost škály okolo 3,5 kg, přičemž největší hmotnostní podíl tvoří podkoží. Tloušťka kůže závisí zejména na věku, pohlaví, výživě a především také na topografii. Barvu kůže ovlivňuje tloušťka, množství a prokrvení přítomného pigmentu [1].

Kůže plní následující funkce:

- termoregulační (izolační funkce, vliv na odpařování vody),
- vylučovací (maz a pot z mazových a potních žláz),
- ochrannou (imunologická bariéra),
- smyslové (pomocí receptorů – teplo, tlak, poranění, bolest, chlad aj.),
- psychosociální (vzhled kůže ovlivňuje sebevědomí, vnímání sebe sama).

1.1 Anatomie kůže

Specificky daná stavba umožňuje kůži přizpůsobit se pohybům těla a díky elasticitě se může kůže i do určité míry roztahovat např. v těhotenství, otoky. Lidská kůže (*derma*) se skládá ze tří základních vrstev a to z pokožky (*epidermis*), škály (*dermis*) a podkoží (*hypodermis*) a její podoba je vyobrazena na Obr. 1. Každá vrstva má svou určitou funkci a je tvořena specifickými buňkami [1], [2].



Obr. 1. Struktura kůže [2]

1.1.1 Pokožka

Pokožka (*epidermis*) je vnější vrstvou kůže. Neobsahuje cévy a výživa je ze škáry zajištěna pomocí difúze. *Epidermis* je z 80–90 % tvořena z rohovějících buněk dlaždicového epitelu – keratinocytů. Keratinocyty, které se neustále mitoticky dělí v bazální vrstvě (spodní vrstva) se posunují směrem vzhůru a nahrazují vrchní vrstvu *epidermis*. Vrchní vrstva (*stratum corneum*) se neustále odlupuje z povrchu v podobě korneocytů – šupinek. Úplná obnova *epidermis* se projevuje za přibližně 15–30 dní a závisí například i na věku [2].

Kromě keratinocytů se v *epidermis* nachází i další typy buněk jako např.: Merkelovy buňky (zajišťující receptorovou funkci), Langerhansovy buňky (ovlivňují imunitní systém), melanocyty (zajišťují syntézu melaninu). Tloušťka *epidermis* se pohybuje v rozmezí od 0,1–1,5 mm a skládá se z pěti vrstev dle typu buněk:

- základní vrstva (*stratum basale*),
- ostnitá vrstva (*stratum spinosum*),
- zrnitá vrstva (*stratum granulosum*),
- světlá vrstva (*stratum lucidum*),
- rohová vrstva (*stratum corneum*).

1.1.2 Škára

Škára (*dermis*) tvoří střední vrstvu kůže a skládá se z vaziva, kterým zpevňuje *epidermis* a spojuje ji s přilehlým podkožím. Co se týče tloušťky *dermis*, bývá různá a nejčastěji se pohybuje v rozmezí 0,5–4 mm. Tloušťka *dermis* se s věkem snižuje a zároveň dochází k jejímu vysušení, což má za následek nevratnou změnu vzhledu. K vyživení *epidermis* slouží bazální membrána, která se nachází mezi *epidermis* a *dermis*. *Dermis* se dále skládá ze dvou vrstev s nezřetelným rozhraním. První vrstvu tvoří horní vrstva – papilární (*stratum papillare*), kde je uloženo řídké kolagenní vazivo bohaté na kolagenní vlákna, a mnoho četných buněk (např. fibroblasty, žírné buňky, makrofágy...). Vytváří mnoho dermálních papil, které jsou zaklíněny mezi výběžky epidermálních papil a vytváří tak těsné spojení obou vrstev. Druhou vrstvou je spodní vrstva – retikulární, která je hlubší a silnější a skládá se neuspořádaného vaziva zejména kolagenu typu I a menšího množství buněk [1], [2].

V *dermis* jsou ve velkém množství přibližně ze 70–90 % zastoupena vlákna kolagenního typu, zejména kolagen typu I a III, který poskytuje kůži pevnost a tuhost. Za elasticitu kůže jsou zodpovědná elastická vlákna. Dále jsou v *dermis* zastoupeny soustavy bohaté na lymfatické a krevní cévy. Pomáhají tím tak regulovat tělesnou teplotu a zajišťují výživu *epidermis*. Ve střední vrstvě – škáře jsou uloženy také potní a mazové žlázy, vlasové folikuly, nervy a nervová zakončení, svazky buněk hladké svaloviny [2].

1.1.3 Podkoží

Podkoží (*hypodermis*) je nejspodnější vrstvou kůže, která je tvořena řídkým vazivem. Od přilehlých orgánů je ohraničeno vazivovou blánou, ale od škáry není ostře ohraničeno. V *hypodermis* jsou ve velkém množství obsaženy tukové buňky (adipocyty), které v sobě hromadí velké množství tuku uloženého lalůčkovitě mezi trámečky vaziva. Tukové buňky mohou být dvojího typu:

- Hnědé – barva způsobena velkým množstvím mitochondrií obsahujících cytochromy; typické pro novorozence.
- Bílé – zodpovídají za tvorbu podkožního tuku; převládají v dospělosti.

Tukové buňky slouží jako zásobárna energie a vitamínů rozpustných v tucích. *Hypodermis* je protkána sítí nervů a cév, plní ochrannou funkci orgánů a podílí se na regulaci teploty kůže i celého těla. Za důležitou se považuje i mechanická funkce, která zvyšuje schopnost odolávat vnějším fyzikálním nárazům [4].

2 SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ

Sluneční záření je složeno ze spektra elektromagnetického vlnění, které tvoří několik oblastí. Spektrum slunečního záření zahrnuje:

- UV záření,
- viditelné (VIS) záření,
- infračervené (IR) záření.

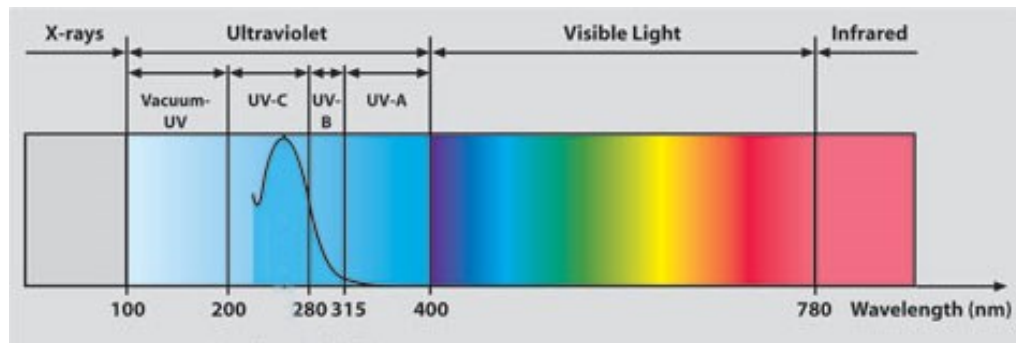
Elektromagnetické spektrum udává rozsah frekvencí, vlnových délek a energií elektromagnetického záření. Viditelné světlo (Obr. 2.), které je součástí spektra, je detekováno lidským okem a nachází se mezi UV světlem (s kratšími vlnovými délkami) a IR světlem (s delšími vlnovými délkami). Stejně tak jako v celém elektromagnetickém spektru i u viditelného světla platí, že se zvyšující energií klesá vlnová délka.

Záření dodává tepelnou energii, je nutné pro vidění a syntézu vitamínu D v lidském těle. Je také důležité pro vitální funkce živých organismů a řady pochodů probíhajících ať už na zemi nebo v atmosféře. Jednotlivé složky slunečního záření mohou mít příznivé účinky na některá onemocnění typu lupénky, vitiliga, hojení ran nebo zánětlivých stavů. Kromě příznivých účinků může mít sluneční záření i řadu nepříznivých účinků zejména na kůži a oči, jelikož tyto části jsou slunečnímu záření vystavovány přímo. Dlouhou dobu bylo považováno, že na kůži působí škodlivě pouze UV záření, ale později bylo prokázáno, že nepříznivě kůži ovlivňuje i IR nebo VIS záření [5], [6].

2.1 Ultrafialové záření

Jedná se o elektromagnetické vlnění s vlnovými délkami kratšími než VIS světlo. Obsahuje spektrální oblast vlnových délek od 100–400 nm. Dle Mezinárodní komise pro radiaci se UV záření dále rozděluje do tří oblastí na UVA, UVB a UVC (Obr. 2).

Část UV záření, která je nejškodlivější, je absorbována v ozónové vrstvě v atmosféře. Zbývající dopadající UV záření tvoří 1–10 % UVB a 90–99 % UVA záření. V posledních letech dochází k úbytku ozónové vrstvy, což se projevuje růstem množství UVB záření dopadajícího na zemský povrch.



Obr. 2. Elektromagnetické spektrum UV, VIS, IR oblasti [8]

Při expozici UV záření lze vyvolat v organismu řadu akutních či chronických změn, jejichž intenzita nebo rozsah je ovlivněn individuálními faktory (odolnost a stav organismu) nebo faktory, které působí na množství UV záření dopadajícího na zemský povrch [3].

Mezi hlavní klimatologické faktory, které ovlivňují množství dopadajícího UV záření, patří:

Výška Slunce – mění se nejen v průběhu dne a roku, ale i v závislosti na zeměpisné šířce. Nejvyšší intenzita UV radiace je v poledne od 11 do 13 hodin zejména v letních měsících a tropických oblastech. V letních měsících je vyšší erytemogenní působení než v zimních měsících [3].

Množství ozónu v atmosféře – síla ozónové vrstvy je ovlivňována ročním obdobím, vzdušným prouděním a intenzitou dopadajícího záření. Síla ozónové vrstvy je uváděna v Dobsonových jednotkách (DU).

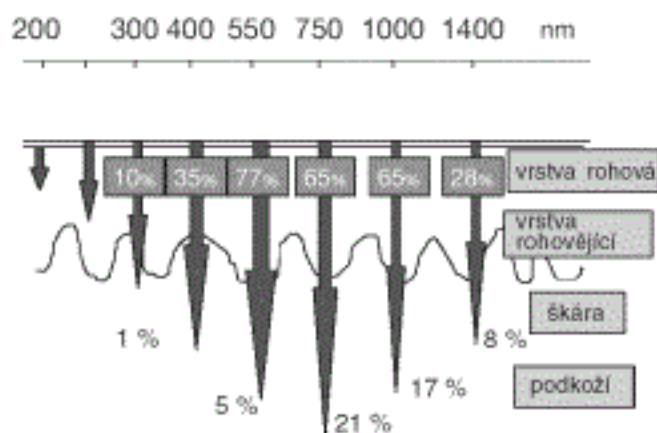
Oblačnost a zákal – nejvyšší intenzity dosahuje UV záření při jasné obloze. Za oblačnosti zeslabují intenzitu dopadu UV záření vodní kapky a prachové částice. Nedochozí však k velkému snížení (redukce pouze o 15–30 %).

Nadmořská výška – intenzita dopadu UV záření s nadmořskou výškou roste s klesajícím množstvím absorbujících látek v atmosféře.

Odraz na zemském povrchu – po průchodu atmosférou je část UV záření na zemském povrchu absorbována a zbytek se odráží zpět do atmosféry. Povrchy jako tráva, hlína odráží méně než 10 % dopadajícího UV záření. Naproti tomu písek odráží až 25 % a sníh až 80 % dopadajícího UV záření. Ultrafialové záření však proniká vodní hladinou až z 95 % [6][9], [7].

2.1.1 Dlouhovlnné UVA záření

Z více jak 90 % UV záření emitovaného Sluncem tvoří dlouhovlnné UVA záření, jehož vlnové délky jsou dle Nařízení komise 2006/647/ES [11] vymezeny v rozmezí spektra 320 až 400 nm. Jedná se o tzv. měkké světlo, které může být označováno i jako černé. Norma ISO 24442/2011 [12] poukazuje také na to, že UVA záření se dále může členit ještě na UVA I s vlnovou délkou mezi 340–400 nm a na UVA II s vlnovou délkou mezi 320–340 nm. UVA záření není absorbováno ozónovou vrstvou a to ani přes okenní sklo. Intenzita záření není závislá na nadmořské výšce a v průběhu dne se spíše moc nemění. Fotony UVA záření pronikají do hlubších vrstev kůže, kdy přibližně 80 % tohoto záření proniká na rozhraní pokožky a škára a 10 % záření může pronikat až do podkožní vrstvy (Obr. 3). Díky této vlastnosti může UVA záření způsobovat poškození kožních buněk nebo způsobit nekrózu endoteliálních buněk (vysoce specializované epitelové buňky) a tím i narušit kožní cévy. Dále poškozuje elastická a kolagenní vlákna. Stimuluje také oxidaci melaninu, který je v kůži přítomen a jeho následný přesun z melanocytů do keratinocytů. Během intenzivní expozici UVA záření může docházet ke vzniku erytému. Při opakované a dlouhodobé expozici dochází k typickým změnám ve struktuře a funkci kůže, kdy tyto změny jsou souhrnně označovány jako předčasné stárnutí kůže. Toto záření ovlivňuje také imunitní reakce v organismu a může tedy způsobovat řadu fototoxických reakcí. Záření UVA však působí i pozitivně a to především tak, že se používá v kombinaci s léčivy k fototerapiím, které spadají pod speciální dermatologické terapie a používají se při léčbě lupénky nebo vitiliga. Ve velké míře se využívá i v soláriích a solárních studiích [9], [10].



Obr. 3. Průnik slunečního záření do lidské kůže [13]

2.1.2 Středněvlnné UVB záření

Nařízení komise 2006/647/ES [11] vymezuje rozmezí vlnových délek UVB záření od 290–320 nm. Někdy se spodní hranice záření uvádí 280 nm. Tvoří přibližně 1–10 % dopadajícího záření na zemský povrch. Uváděné vlnové délky 280–294 nm, které se považují za nebezpečné, jsou absorbovány ozónovou vrstvou. Tento typ záření je však považován za silný karcinogen, jelikož je mnohem silnější a účinnější než již uvedené UVA záření. Jeho intenzita je oproti UVA závislá na zeměpisné šířce, nadmořské výšce, denní době nebo ročním obdobím. Neprostupuje však běžným okenním sklem. Záření UVB neproniká do hlubších vrstev jako UVA záření. Velké množství UVB záření proniká do *epidermis* a především 70 % tohoto záření je pohlceno v rohové vrstvě. Pouze malé procento (okolo 10 %) proniká až do *dermis*. Toto záření má nejen negativní účinky na kůži ale také na oči. Mimo jiné UVB vyvolává nepřímé poškození spojené s vysokou produkcí reaktivních dusíkatých (RNS) a kyslíkatých sloučenin (ROS) uvedených v Tab. 1. UVB záření nejčastěji způsobuje na kůži vznik erytému, edému nebo alergické a zánětlivé reakce. Při opakované expozici UVB opět dochází k předčasnému stárnutí kůže. Z pozitivního hlediska je UVB záření důležité k produkci aktivní formy vitamínu D, protože po absorpci záření o vlnových délkách kratších jak 320 nm, je obsažený v kůži 7-dehydrocholesterol přeměněn na provitamin D₃. Uvedené záření způsobuje efektivnější a mnohem vyšší opálení kůže než u UVA záření [3], [6], [7].

Tab. 1. Reaktivní formy kyslíku a dusíku, které vznikají v kůži [3]

Reaktivní formy kyslíku		Reaktivní formy dusíku	
Superoxid	Radikály	Oxid dusnatý	Radikály
Hydroxylový radikál		Kyselina dusitá	
Hydroperoxyl		Reaktivní sloučeniny	
Peroxyl		Nitrosiový kation	
Alkoxyl		Nitroniový kation	
Kyselina chlorná	Reaktivní sloučeniny	Oxid dusitý	
Singletový kyslík		Oxid dusičitý	
Peroxid vodíku		Peroxynitritový anion	
Ozón		Alkylperoxynitritový anion	

2.1.3 Krátkovlnné UVC záření

Krátkovlnné UVC záření má nejvyšší energii oproti záření, která již byla uvedena výše. Jeho vlnové délky jsou uváděny v rozmezí 100–290 nm. Jedná se o nejtoxičtější část slunečního světla, která však nedopadá na zemský povrch a je pohlcována ozónovou vrstvou. Jelikož UVC záření působí silně mutagenně a genotoxicky na všechny možné formy života a to už při krátkých expozicích, používá se jako velmi účinný germicidní prostředek k dezinfekci prostorů jako jsou operační sály nebo laboratoře. Jelikož se UVC záření prakticky na zemském povrchu nevyskytuje, nezpůsobuje tudíž žádné patologické procesy v kůži [14], [6].

2.1.4 Index ultrafialového záření

Index UV záření je mezinárodně uznávaný parametr užívaný při měření intenzity slunečního UV záření na daném místě nebo v daném čase. Jedná se o bezrozměrnou standardizovanou veličinu vyjadřující biologický efekt UV záření na kůži. Lidé mohou díky UV indexu být informováni o možném negativním účinku na kůži či lidský organismus. Hodnota UV indexu, do kterého se zahrnuje i celková doba pobytu na slunci bez aplikace ochranných prostředků a kdy po uplynutí dané doby dojde k tvorbě erytému, často

také bývá součástí předpovědí počasí. V našich zeměpisných šířkách se hodnoty UV indexu pohybují od 0 do 9, avšak v tropickém pásmu hodnoty dosahují 15 a více. Na českém území dosahuje UV index nejvyšších hodnot hlavně v létě v poledních hodinách. Hodnota UV indexu upozorňuje širokou veřejnost na důležitost použití ochranných prostředků během expozice slunečnímu záření včetně různých doporučení uvedených v Příloze I [15].

2.2 Viditelné záření

Viditelné záření se pohybuje v rozmezí vlnových délek od 400 do 780 nm (viz Obr. 2). Rostliny jej využívají k fotosyntéze a ovlivňuje také životní funkce organismů. Lidem umožňuje toto záření vidění. Až z 50 % VIS záření dopadá na zemský povrch. Stejně jako UVA záření proniká VIS záření hluboko do kůže, kde je absorbováno řadou chromoforů, mezi které patří melanin, hemoglobin, bilirubin nebo riboflavin [14], [16].

Fotony z VIS oblasti mohou produkovat radikály, díky kterým dochází k poškození nukleových kyselin. V praxi je využíváno zejména v medicíně k léčbě novorozenecké žloutenky či při fotodynamické terapii k léčbě a diagnostice nádorů [5].

2.3 Infračervené záření

Tento typ záření zahrnuje vlnové délky v rozmezí od 780 nm do 1 mm, což odpovídá rozsahu vlnočtu od $12\ 800$ do $10\ \text{cm}^{-1}$. Dle vlnových délek se IR záření dále může dělit na IRA (780–1440 nm), IRB s vlnovou délkou od 1440 do 3000 nm a na IRC s vlnovou délkou 3000 nm až 1 mm. Má mnohem nižší energii než VIS záření. Proniká hluboko do kůže, především do škráry a také se považuje za potenciální kancerogenní mechanismus. Záření IRB a IRC pronikají pouze do pokožky. Toto záření může vyvolat změny vibrací a rotací molekul, které se projevují zejména nárůstem teplot. Dle studií bylo zjištěno, že IR záření může pomoci ke zvýšení produkce radikálů a tím zvýšit biologické působení UV záření na kůži [5], [16].

Zejména *in vitro* a *in vivo* studie [3] ukázaly, že IR fotony indukují produkci reaktivních kyslíkatých sloučenin v mitochondriích. Využívá se především k terapeutickým účelům, mezi které se zařazuje hojení ran, zánětlivá onemocnění kůže nebo fotodynamické terapie.

2.4 Oxidační stres

Jak už bylo výše zmíněno (kapitola 2.1.2), v kůži, která je vystavena intenzivnímu slunečnímu záření může docházet ke zvýšené produkci reaktivních RNS a ROS (viz Tab. 1). Při tak intenzivní expozici záření dochází k takové produkci ROS/RNS, že antioxidační systémy nezvládají snižovat všechny reaktivní částice, a to má za následek oxidační stres. Tento stres vede k narušení homeostázy v dané tkáni vystavené expozici záření. Reaktivní sloučeniny často poškozují molekuly DNA, lipidy nebo proteiny a poté indikují jejich oxidační poškození. Toto poškození zmíněných molekul probíhá pomocí hydroxylového radikálu, který je hlavním a nejreaktivnějším zástupcem reaktivních ROS. S působením ROS/RNS, které mají zejména negativní dopad na kůži, je spojena i vlastnost, že mohou mít kancerogenní účinky nebo může dojít jejich působením i ke vzniku maligního melanomu [3].

3 ZMĚNY NA KŮŽI PO SLUNEČNÍM ZÁŘENÍM

Na kůži, která je vystavena slunečnímu záření, se mohou po dané době vyskytovat „okamžité“ účinky – projevy vyvolané slunečním zářením. Reakce kůže na záření je závislá hlavně na době expozice a intenzitě. Dále je reakce kůže závislá také na tloušťce kůže, její pigmentaci, teplotě, vlhkosti a povětrnostních podmínkách) [17].

3.1 Akutní a subakutní projevy na kůži

Mezi akutní a subakutní změny na kůži zařazujeme ta poškození kůže, která se tvoří ihned po expozici slunečnímu záření. Do kategorie akutních změn na kůži patří solární erytém, pigmentace, produkce vitamínu D, ztluštění kůže, fotodermatózy, fotoimunosuprese [17], [18].

3.1.1 Solární erytém

Jedná se o nejběžnější akutní reakci kůže na vystavení slunečnímu záření nebo i umělému zdroji. Jde hlavně o změnu na kůži vyskytující se u bílé populace. Bývá nejčastěji spojen s typickými projevy zánětu, mezi které patří zarudnutí, přehřátí, bolest a napětí kůže. U těžkého popálení slunečním zářením se může objevovat otok, puchýřky nebo puchýře. Solární erytém je doprovázen kromě akutních změn na kůži také bolestí hlavy, horečkou nebo zimnicí, zrychleným tepem. V tomto důsledku se jedná o popáleniny prvního a druhého stupně uvedených v Příloze II. Tento zánětlivý proces je spouštěn nerovnováznou produkcí ROS/RNS a jejich následnou eliminací antioxidantními systémy [19].

Se vznikem solárního erytému souvisí určení některých měřítek fotobiologických dějů probíhajících v kůži. Mezi jedno z určených měřítek patří minimální erytémová dávka (MED), která představuje minimální jednorázovou dávku UV záření a je často uváděná v jednotkách J/cm^2 nebo mJ/m^2 (energie na jednotku plochy). Tato dávka na kůži nejčastěji vyvolává ohraničený erytém a závisí zejména na energii (dávce) pohlcené kůží a nezávisí na tom, jestli byla absorbována ze zdroje o vysoké energii po krátkou nebo dlouhou dobu ze zdroje s nízkou energií. Tvorba erytému dále závisí kromě energie také na vlnových délkách ozařujícího světla a fototypu člověka, tloušťce kůže, věku atd. Vyvolaný erytém různými vlnovými délkami se liší časovým průběhem a barvě. Pro UVB záření se pohybuje MED okolo $300 J/cm^2$ a pro UVA se MED pohybuje asi okolo

300 kJ/m². Po UVB expozici odpovídá časový průběh erytémové reakce 1 až 2 dávce MED, kdy začíná po 3 až 6 hodinách po expozici a dosahuje maxima po 12 až 24 hodinách a přestává po 72 hodinách. Pokud se dávka MED zvýší, erytémová reakce nastává pak rychleji a dlouhodoběji. U UVA záření je odpověď bezprostřední s maximem na konci expozice, případně po 8 hodinách a přestává po 24 až 48 hodinách. Vznik erytému také závisí na množství melaninu v kůži člověka. U bělošských typů je ke vzniku erytému potřeba 3 až 5krát menší dávka UVB záření než u typů se silnější pigmentací a zároveň asi 30krát nižší dávka než u lidí černošského typu. Hodnota MED bývá nižší v okolí obličeje, krku, trupu a vyšší na končetinách. Mladí lidé a velmi staří lidé mají nižší MED. Mezi částí těla, které jsou nejodolnější vůči vyvolání erytému, patří dlaně. U dlaní je potřeba k vyvolání solárního erytému 15 až 20násobek dávky MED, než u jiných částí těla [3], [17], [19].

3.1.2 Pigmentace

Po expozici slunečního záření se na kůži může projevat pigmentace. Pigmentace, která začíná ještě během expozice záření, se nazývá jako časná pigmentace a maxima dosahuje ihned po časně fázi pigmentace. Jedná se o rychlé ztmavnutí kůže a během expozice UV záření se objevuje jako šedé zbarvení. Šedé zbarvení následně přechází v hnědou barvu s postupem dnů v souvislosti s danou dávkou a charakteristikou kůže jedince. Časná pigmentace představuje projev oxidace melaninu, obsaženého v kůži a jeho následné distribuci z melanocytů do keratinocytů. Nejčastěji je časná pigmentace vyvolaná zejména UVA a VIS zářením. Existuje však také pozdní pigmentace, která je vyvolána zejména UVB zářením [6], [20].

Záření UVB stimuluje novou syntézu melaninu. Syntéza melaninu probíhá v melanosomech. Nově vytvořený pigment melanin chrání kožní buňky před dalším vystavením slunečnímu záření. Je patrný po 3 až 4 dnech po vystavení UV záření a může přetrvávat až po 8 týdnů. Bylo prokázáno, že uvnitř melanocytů a keratinocytů jsou melaninová granula, která se soustředí v oblasti okolo jádra a ochraňují tak jadernou DNA před UV zářením [3].

3.1.2.1 Syntéza Melaninu

Melanin tvoří komplex světlého červeno-žlutého feomelaninu a tmavého hnědo-černého eumelaninu. Přičemž feomelanin je obsažen u populace se zrzavými vlasy a vyskytuje se v kůži u lidí I. a II. fototypu dle Přílohy III (viz kapitola 4) a eumelanin je typický pro populaci s tmavými vlasy. Syntéza feomelaninu a eumelaninu vychází z L-tyrosinu. Opálení neboli syntéza melaninu je důsledkem působení řady faktorů, do kterých se zahrnují signální molekuly. Tyto molekuly se vyskytují ve struktuře DNA aktivovaných slunečním zářením [21].

3.1.2.2 Fotoprotektivní vlastnosti melaninu

Melanin zmírňuje množství slunečního záření pronikajícího do *epidermis* díky eumelaninu, který má schopnost rozptylovat paprsky a absorbovat tak UVA, UVB, VIS, IR fotony. Mezi vlastnosti melaninu patří i schopnost melaninu vycpat volné radikály. Hodnoty fotoprotektivní účinnosti melaninu se pohybují okolo 2–3 SPF (viz kapitola 4). Co se týče feomelaninu, ten se zařazuje mezi fotosenzitizéry. Přispívá k produkci ROS/RNS a poté poškozují molekuly, mimo jiné také DNA. Díky např. intenzivní expozici slunečnímu záření mohou fotosenzitizující vlastnosti melaninu zhoršit fotoprotektivní aktivitu [21].

3.1.3 Změny tloušťky kůže

Vystavení kůže UVB záření způsobuje ztlustění *epidermis* a *stratum corneum* (zesílení epidermální vrstvy), které se projevuje odolností vůči dalšímu ozáření. Ztlustění kůže je výsledkem zvýšené syntézy DNA, RNA, bílkovin a také dochází k vyšší mitotické aktivitě keratinocytů. Zesílení rohové kůže je možné vyzorovat ihned po prvním výraznějším opálení a může přetrvávat i několik měsíců. Projevuje se zejména nadměrným olupováním drobných šupinek na kůži [22].

3.1.4 Produkce vitamínu D

Jedná se o vitamin rozpustný v tucích. Hlavním zdrojem vitamínu D je sluneční záření. Hladina vitamínu D se mění v průběhu roku, kdy v létě je vyšší a v zimě bývá hladina tohoto vitamínu nižší. Vitamin D₃ se produkuje v kůži po ozáření UVB. Ovšem na přeměnu vitamínu D na účinnou formu je potřeba několika kroků. V prvním kroku se v kůži 7-dehydrocholesterol přemění vlivem UV záření o vlnových délkách kratších

než 320 nm na cholekalciferol (provitamin D₃). V dalším kroku se cholekalciferol hydroxylyje na kalcitriol (účinná forma vitamínu D₃). Při nedostatku vitamínu D dochází k potížím, mezi které řadíme například bolest svalů nebo až poškození kostí, únavu a u dětí může nedostatek způsobovat křivici [6], [21].

3.1.5 Fotodermatózy

Za fotodermatózy jsou označována onemocnění, která zvyšují citlivost kůže proti účinkům UV záření. Na vzniku fotodermatóz se podílí taky individuální citlivost na UV záření u jednotlivých jedinců. Záření UV působí na vystavené nechráněné části kůže, ale ušetřena jsou místa jako horní víčka, krajina pod bradou, kožní záhyby, kůže horního rtu nebo kůže za ušima. Tato onemocnění mohou a často přetrvávají dlouhodobě. Fotodermatózy se dělí na fotodermatózy vyvolané vnějšími vlivy a fotodermatózy spojené s poškozením DNA [23], [24], [25].

3.1.5.1 Fotodermatózy vyvolané vnějšími vlivy

Patří mezi zesílené reakce, které jsou vyvolány interakcí na chemické látky s fotony z UV záření nebo VIS záření. Mezi nejtypičtější reakce dle mechanismu vzniku se zařazují fotoalergické a fototoxické. Obě zmíněné reakce se projevují nejen po expozici ale i u pracujících v chemickém či farmaceutickém průmyslu [3], [25].

Fototoxické reakce

Patří mezi neimunologické reakce a představují z více jak 90 % nejčastější případy fotosenzitivity. Závisí zejména na látkách a jejich koncentracích. Tyto reakce poškozují buňky chromoforem, který se aktivuje ihned UVA zářením. Mohou postihnout jakéhokoliv jedince, bez ohledu na rasu nebo daný fototyp. Na kůži se tyto reakce projevují ostře ohraničeným erytémem, pálením nebo svěděním, otokem, puchýři, později i melaninovou pigmentací. Kromě projevů na kůži se mohou vyskytovat i celkové příznaky jako horečka nebo zrychlený tep. Mezi nejběžnější fototoxicky působící látky patří zejména léky podávané celkově nebo lokálně, potraviny, aktivní složky kosmetických přípravků. Nástup fototoxické reakce je po 12–72 hodinách. Léčba začíná vysazením dané látky a následným vyhýbáním se slunci během léčby. Nutná je ochrana kůže fotoprotektivními přípravky s SPF 20 a oděvem. Následně aplikují chladivé obklady, kortikoidy případně antihistaminika [18], [23].

K nejčastějším formám fototoxické reakce se řadí fytofotodermatidy. Způsobují zánět vyvolaný pouze dotekem na některé rostliny či jejich výtažky a následným vystavením slunečnímu záření. Stejný efekt může být vyvolán i po požití čaje a následným vystavením slunci. Zánět tohoto typu vyvolávají chemické látky jako např. naftodianthrony (obsažené v čeledi třezalkovitých a rdesnovitých), psoraleny (obsažené v čeledi miříkovitých, routovitých aj.), polyacetyleny a deriváty thiofenu (obsažené v čeledi hvězdicovitých) a další látky uvedené v Příloze IV [18].

Fotoalergické reakce

Oproti fototoxickým reakcím tvoří menší část případů fotosenzitivity, a to pouze přibližně z 0,4 %. Postihují pouze citlivější (predisponované) jedince. Jsou vzácnější a nejsou závislé na koncentraci obsažené látky. Tyto reakce řadí mezi neinfekční imunologické, mohou být akutní nebo chronické z přecitlivělosti kůže na UV záření opožďeného typu. Principem reakce je aktivace chemické látky zejména UVA zářením. Následně dochází k vazbě na bílkovinu, kdy vznikne antigen. Při dalším vystavení slunci se projevuje kontaktní dermatitida, která se projevuje pupínky, zarudnutím, puchýřky především v místech působení fotoalergenu a UV záření. Mezi fotoalergeny se řadí řada látek z vnějšího prostředí jako např. antibakteriální látky (triclosan, sulfonamidy, bithionol), antimykotika (buclosamid), rozsáhlá řada složek parfémů (syntetické pyžmo), látky, s absorbujícím účinkem ve fotoprotektivních přípravcích (cinnamáty, salicyláty, benzofenony, kyselina 4-aminobenzoová), léčiva (chlorpromazin, ketoprofen). Při léčbě se aplikují obklady na postižená místa a zevní léky s kortikosteroidy. Pokud se jedná o horší průběhy fotoalergických reakcí, kortikosteroidy se podávají i celkově. Důležité je stanovení vyvolávajícího fotoalergenu. Stanovení fotoalergenu se provádí pomocí tzv. epikutanních testů [3], [18].

Mezi fotoalergické reakce se řadí i sluneční kopřivka, která se projevuje během několika minut po vystavení slunečnímu ale i umělému UV záření. Způsobuje jí jak UVB, tak i UVA záření a někdy i VIS záření. Projevuje se svěděním, zarudnutím, otoky nejčastěji na místech výstřihu, krku a pažích. Solární kopřivka patří mezi alergie časného typu a její přesný mechanismus působení není znám. Odeznívá bez léčby do 24 hodin [6].

3.1.5.2 Fotodermatózy spojené s poškozením DNA

Fotodermatózy, které poškozují DNA, souvisí s poškozením v reparačních procesech. To se projevuje zvýšenou citlivostí k fyzikálním či chemickým karcinogenům a hrozí tak vznik nádorů. Do této skupiny se řadí například vzácné, ale dědičné onemocnění označované jako xeroderma pigmentosum. Způsobuje mutaci genů pro reparaci DNA. Onemocnění se může projevovat už v časném dětství, kdy se na začátku tvoří skvrny (hyperpigmentovaná nebo depigmentovaná ložiska) a v dalších fázích mohou vznikat nádory (bazaliomy, spinaliomy, melanomy). Postižený jedinec i přes dodržování správné léčby umírá kolem 30. roku života. Mezi další onemocnění zařazující se do této skupiny patří trichothiodistrofie. Jde opět o recesivně dědičné onemocnění, které způsobuje křehkost vlasů, chlupů, nehtů. Vykazuje taky projevy mentálního postižení nebo se objevují neurologické symptomy [6], [3].

3.1.6 Fotoimunosuprese

Ultrafialová oblast záření ovlivňuje imunitní systém. Závisí zejména na dávce a dělí se na kožní nebo systémovou imunosupresi. V imunitním systému se vyskytují Langerhansovy buňky, T-lymfocyty, keratinocyty, fibroblasty, které produkují cytokiny, endoteliální buňky a do systému se zařazují i spádové lymfatické uzliny. Po vystavení UV záření dochází k několika krokovým změnám, a to především k poškození DNA, dále k izomeraci kyseliny urokanové (na *cis* formu) a následně dochází k uvolnění velkého množství mediátorů, jako jsou pro- i protizánětlivé cytokiny, histaminu, prostaglandinů, neurohormonů a neuropeptidů. Díky tomu dochází 24 hodin po vystavení UV záření k narušení schopnosti Langerhansových buněk prezentovat antigeny a k velkému poklesu množství Langerhansových buněk v *epidermis*. Poškozením imunitního systému, dochází ke snížení rezistence vůči virovým, bakteriálním, fungálním, parazitickým infekcím a systémovým infekcím. K imunosupresi přispívá jak UVA, tak i UVB záření, avšak každé pásmo má jiný časový průběh. U UVB záření se imunosuprese projevila již po 24 hodinách, u UVA záření se projevila až po 48 hodinách. Při vzájemném působení obou oblastí se účinky dostavily po 72 hodinách a byly intenzivnější než u působení jednotlivých UVA a UVB oblastí [3].

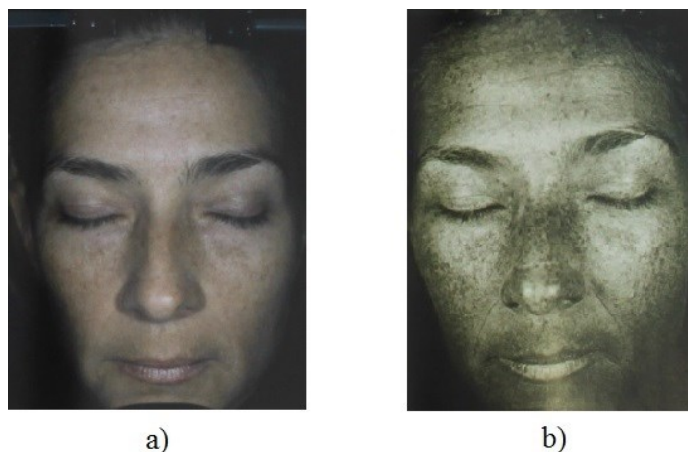
3.2 Chronické projevy na kůži

Řady chronických změn v organismu jsou ovlivněny opakovanému a dlouhodobému vystavení UV záření. Na jeho vzniku se podílejí opakovaně akutní změny v kůži. Rozsah a intenzita chronických projevů je ovlivněna individuálními faktory jedince. Mezi nejzávažnější změny, které způsobují chronické projevy, se zařazuje předčasné stárnutí pleti (photoaging) a fotokancerogeneze (vznik různých typů kožního nádoru) [27].

3.2.1 Photoaging

Stárnutí kůže je přirozený proces u každého jedince. Díky negativnímu působení UV záření může docházet k předčasnému stárnutí. Existují dva typy stárnutí, a to vnitřní a vnější. Vnitřní stárnutí se vyskytuje u starších lidí, kteří nejsou opakovaně vystavováni slunečnímu záření, mají kůži hladkou a bez různých skvrn. Mají kůži pouze ztenčenou, méně elasticitou s prohloubením ohybových rýh. Naopak vnější stárnutí se vyskytuje u lidí, kteří se opakovaně vystavují slunečnímu záření, ale také nadměrně kouří, konzumují alkohol nebo nedodržují správnou životosprávu. Jejich kůže je často vyschlá, zdrsňelá, má zažloutlou barvu, olupuje se, snižuje se napětí (tonus) kůže, vznikají pigmentace. V konečném důsledku to může vést až ke vzniku nádorových změn jako jsou nezhoubné nádory nebo zhoubné nádory, např. aktinické keratózy, bazaliomy až lentiiginózní melanom [3], [18], [27].

Předčasné stárnutí (Obr. 4) je známé také tím, že postihuje veškeré kožní vrstvy a nejvíce zejména pojivovou tkáň *dermis*. Kolagen obsažený v *dermis* ztrácí uspořádaný charakter a množství jeho vláken se snižuje. Počet fibroblastů a zánětlivých buněk v *dermis* se zvyšuje a krevní cévy se rozšiřují. U melanocytů se snižuje jejich počet a zaujímají abnormální tvar. Podstatou předčasného stárnutí je extrémní produkce ROS/RNS díky vlivu UV záření, to vede k rychlé aktivaci povrchových receptorů (fibroblasty a keratinocyty), které způsobují narušení homeostázy v kůži (poškození mitochondriální DNA, proteinů, lipidů). Dle studie [19] se předpokládá, že UVB záření, které je méně pronikavé, se podílí na změnách spíše v *epidermis* a více pronikavé UVA, VIS, IR záření se podílí zase na změnách v *dermis* [18].



Obr. 4. Kůže obličeje 25leté ženy a) poškození kůže sluncem není na běžném osvětlení spatřitelné, b) photoaging zvýrazněný po použití UV záření [5]

3.2.2 Kancerogenní efekt

Nádory vzniklé v kůži patří mezi komplikované několikastupňové procesy přirovnávané k radikálním reakcím, kdy v iniciační počáteční fázi dojde k poškození genetické informace, na které reparační mechanismy nestačí. V následující propagační fázi probíhá přenos poškozené DNA z mateřské buňky do dceřiných buněk. V této fázi přejdou buňky v potenciálně metastázující nádor. Popsané děje jsou ovlivněny slunečním zářením, které přímo poškozuje DNA nebo může vyvolat produkci ROS/RNS, cytokinů a dalších látek. Kožní nádory patří mezi nejčastější světová onemocnění. Mezi nemelanomové a nejfrekventovanější typy kožních nádorů patří aktinická keratóza, bazaliom a spinaliom. Mezi nejnebezpečnější ale méně častý kožní nádor patří zhoubný melanom [3], [6], [17].

Co se léčby týká, u zhoubných nádorů závisí zejména na typu nádoru, pravděpodobnosti recidiv, ale také na lokalizaci, četnosti lézí, věku a celkovém stavu postiženého jedince. V praxi se k odstranění nádoru využívá chirurgické odstranění nebo více využívaná kryoterapie (ošetření tekutým dusíkem). Terapie rentgenovým zářením se používá pouze u rozsáhlých zvrdevatělých nádorů. Další možností léčby je fotodynamická terapie nebo aplikace topického imunomodulátoru imiquimodu nebo nesteroidních antiflogistik. Všechny uvedené způsoby léčby se používají u pacientů s rozsáhlými nádory, protože jinou léčbu pacienti ze zdravotního hlediska už podstoupit nemohou [17].

3.2.2.1 *Aktinická keratóza*

Synonymem aktinické keratózy je solární keratom. Jedná se o přednádorové kožní poškození a to hlavně z důvodu, že pokud se včas neléčí, může přecházet ve spinaliom. Nejčastěji ho lze nalézt u starších lidí se světlou kůží po 45. roku. Místa, která jsou vystavena slunečnímu záření, bývají postižena nejvíce. Především partie v okolí obličeje (čelo, spánky, nos), uší, hřbety rukou a oblasti pleše u mužů. Solární keratom se může vyskytovat v menším ale i ve větším počtu. Bylo zjištěno, že u každého jedince bělošského typu, který strávil minimálně jeden rok v rovníkovém pásmu, se objevuje alespoň jeden solární keratom. Na kůži se projevuje jako ohraničené ložisko, které má zhrubělý povrch a je zarudlé. K léčbě solárních keratomů se používá kryoterapie nebo fotodynamická terapie a v případě neúčinnosti těchto dvou terapií se postižené ložisko odstraňuje chirurgicky [6].

3.2.2.2 *Bazaliom*

Bazaliom nazývaný také jako bazocelulární karcinom patří mezi časté zhoubné kožní nádory. Za posledních 15 let se jeho výskyt rapidně zvýšil. Nejčastěji se vyskytuje u mužů a u lidí starších 60 let, ale může se vyskytovat v každém věku. Vzniká u opakovaně ozařované kůže převážně bělošského typu a s velkým počtem pigmentových névů. Jeho nástup je poměrně nenápadný ve tvaru čokkovitého šedobělavého ztvrdnutí kůže až uzlíku, který může vředovatět. Vyskytuje se v oblasti obličeje okolo očí, nosu a poté také na zádech. Je nutné jej včas odstranit, aby nedošlo k vytvoření rozsáhlých ložisek, případně k destrukci okolní kožní tkáně. Vzniká hlavně z buněk bazální vrstvy a metastázy jsou velmi vzácné. Po chirurgickém zákroku často dochází k opakovanému objevu bazaliomu [6].

3.2.2.3 *Spinaliom*

Spinaliom neboli spinocelulární karcinom je vzácnější typ oproti výše uvedeným typům nádorů. Vyskytuje se opět zejména u starších lidí, kteří se opakovaně vystavují slunečnímu záření. Nejčastěji se lokalizuje u jedinců bělošského typu na obličeji, hřbetech rukou, krku, předloktích, sliznici a v oblasti pleše u mužů. Projevuje se tuhou papilou a v pozdější fázi jako tuhé větší hyperkeratotické ložisko s nerovným povrchem, které často může vředovatět, krvácet nebo mokvat. Vzniká z buněk vrstvy ostnitě a až 50 % může metastázovat. Nejhuře postihující jedinci jsou kuřáci a alkoholici, u kterých

se projevuje agresivní forma spinaliomu na dolním rtu. Léčba je nutná pomocí chirurgického odstranění [20], [24].

3.2.2.4 *Maligní melanom*

Jedná se o relativně vzácný nádor, jehož výskyt se v posledních letech v České republice navýšil. Jde o velmi nebezpečný nádor, který způsobuje až 65 % příčin úmrtí na kožní choroby. Věková hranice výskytu se stále snižuje a v poslední době jsou pozorována dvě maxima, a to kolem 30. až 40. roku a okolo 60. roku života. Riziko výskytu je především u jedinců bělošského typu (zejména fototyp I. a II.). Vzniká zhoubnou přeměnou melanocytů, výjimečně z buněk pigmentových névů. Objevuje se kromě kůže i na sliznici nebo v oku [24], [26].

Ke vzniku melanomu dochází při akutním popálení za vzniku puchýřků zářením. Přítomnost pigmentových mateřských znamének může zvyšovat riziko vzniku zhoubného melanomu. Dále ke vzniku pomáhá i porucha imunitního systému, způsobená např. léky. Zhoubný melanom zaujímá několik klinických forem, a to: povrchově se šířící (až ze 70 %), nodulární, akrolentiginózní, amelanotický a *lentigo maligna* melanom. Brzy po vzniku melanomu dochází k metastazování, a proto je včasná diagnostika nezbytná. K rozpoznání melanomu slouží tzv. kritérium ABCDE viz Tab. 2. V tabulce popsané vlastnosti jsou typické pro šířící se melanom. Při splnění minimálně tří kritérií z tabulky, musí být ložisko odborně vyšetřeno pomocí dermatoskopu [3], [24], [28].

Zkratka symbolu	Význam symbolu	Vlastnost
A	Asymetry	Nepravidelný tvar, který se může zvýraznit růstem melanomu.
B	Border	Nepravidelné, neostré okraje. Tvorba zářezů a výběžků.
C	Color	Viditelná změna barvy (hnědé až černé odstíny).
D	Diameter	Minimálně v jednom rozměru větší než 5 mm.
E	Elevation	Zvětšování a odlišnost od ostatních névů.

4 FOTOPROTEKCE

Slovem „fotoprotekce“ rozumíme, že se jedná o ochranu lidské kůže a očí před negativním působením slunečního záření. Lidská kůže je vybavena komplexním systémem, který má kůži chránit proti působení slunečních fotonů. Vnitřní ochrana kůže souvisí se syntézou kožního pigmentu, zesílením rohové vrstvy a systémem enzymových a neenzymových antioxidantů. Přesto, že jsou přirozené ochranné mechanismy účinné, často dochází při opakované nebo intenzivní expozici k překonání těchto mechanismů a může dojít k poškození kůže. Důvodem je i zvyšující se množství dopadajícího UVB záření na zemský povrch. Proto je nutné chránit kůži vnější ochranou (umělými fotoprotektivy). Vnější ochrana se dá rozlišit na dva typy, a to především na snížení množství dopadajícího či pronikajícího záření do kůže a na potlačení účinku fotonů, které už do kůže pronikly [29].

Přirozenou fotoprotekci výrazně ovlivňuje také kožní fototyp. Barva kůže je ovlivněna zejména obsahem melaninu a jeho následnou distribucí v *epidermis*. To ovlivňuje fylogenetický vývoj, kdy černá kůže je přizpůsobena vnějším podmínkám hlavně jižního tropického pásma, přičemž bílá kůže je přizpůsobena podmínkám mírného severního pásma s nižší intenzitou slunečního záření. Každému jedinci je barva dána geneticky. Odpověď na UV záření může být u jedinců buď tendencí zrudnout, nebo schopností ztmavnout. Z tohoto důvodu se populace všech existujících barev rozděluje do tzv. kožních fototypů dle Fitzpatricka (viz Příloha III) [30], které kromě odpovědi kůže na UV záření, obsahuje i informace o celkovém vzhledu daných fototypů, do kterých se zahrnuje i barva očí nebo vlasů. Toto rozdělení se osvědčuje zejména v klinické praxi k fototerapiím nebo ve světových kampaních pro laickou veřejnost o informovanosti škodlivého UV záření, které na kůži vyvolává vznik melanomové kožní rakoviny [29], [31].

4.1 Vnitřní ochrana kůže před UV zářením

Mezi nejvýznamnější již zmíněné ochranné systémy kůže patří zejména keratinizace a melaninová pigmentace. Avšak zahrnuje také přítomnost superoxidativních dismutáz (SOD) a glutathion-peroxidáz (reduktáz), kyseliny urokánové nebo systémy jako hromadění β -karotenu či schopnosti opravy kožních buněk [6], [32].

Keratinizace a syntéza melaninu byly popsány výše (viz kapitola 3.1). Hromadění pigmentu β -karotenu v podkožní tukové tkáni mu dovoluje, aby pracoval jako vychytávač či stabilizátor různých forem reaktivního kyslíku, které vyvolává sluneční záření. Co se týče přítomnosti enzymových antioxidantů superoxidativní dismutázy (SOD) nebo glutathion-reduktázy v *epidermis*, ty naopak snižují tvorbu a působení různých forem reaktivního kyslíku a chrání lipoproteiny buněčných membrán či keratin, elastin nebo kolagen (především u SOD) před těmito peroxidačními reakcemi. Kyselina urokánová, obsažená v *epidermis* a *stratum corneum*, vzniká jako deaminační produkt histidinu a hromadí se v kůži po několik týdnů. Ovšem po UV ozáření dochází k izomeraci kyseliny urokánové a ta má v případě kožní přecitlivělosti z UV expozice imunosupresivní účinek. V případě oprav kožních buněk po expozici UV záření, dochází k opravám převážně poškozených DNA. Pokud ovšem tento mechanismus v kůži chybí nebo byl poškozen, může docházet ke vzniku fotodermatóz, které DNA poškozují [6], [32].

4.2 Vnější ochrana kůže před UV zářením

Existuje celá řada možností vědomé vnější ochrany. Liší se od sebe svou účinností, bezpečností a použitelností. Z praktického hlediska se dělí na aktivní a pasivní ochranu, které jsou níže více popsány.

4.2.1 Aktivní ochrana

Do aktivní ochrany lze zařadit postupnou adaptaci na sluneční záření a vytvoření přirozené fotoprotektivní vlastnosti kůže. Adaptace začíná ještě před letní sezónou na začátku jara nebo v mimosezonním období při pobytu v teplých krajích. Konečného výsledku se dosahuje opakovaným vystavením UV záření v menších (podprahových) dávkách. Za aktivní ochranu lze považovat také fotochemoprotekci, která pracuje na principu využití přípravků s obsahem psoralenů, sunscreenů obsahujících UVB filtry a současnému vystavení slunečnímu záření. Tato kombinace způsobuje ztluštění *stratum corneum* a zvýšení produkce melaninu [3], [32].

4.2.2 Pasivní ochrana

Mezi pasivní ochranu lze zařadit veškeré předměty, které pomáhají stínění kůže či snížení průniku do kůže. Některé předměty denního užívání, mají schopnost pohlcovat UV, VIS i IR záření. Všechny možné příklady předmětů jsou popsány níže [6], [32].

4.2.2.1 Stínění

Nejlepším způsobem ochrany je nevystavovat kůži přímému slunečnímu záření. V případě, že není možné se vyhnout slunečnímu záření je doporučováno pohyb na slunci omezit v době poledne, kdy má sluneční záření nejvyšší intenzitu (silně dopadající UVB záření) tzn. mezi 11.–15. hodinou. Je nutné tuto dobu dodržovat, především u dětí. Doporučuje se vyhledávat v průběhu celého dne vyhledávat stín nebo se chránit klobouky, které pokryjí hlavu a šíje, přístřešky či slunečníky, košile, kalhoty. Mimo jiné se nesmí zapomínat na to, že pokud je oblačná obloha, dopadá na zemský povrch velké množství (70–85 %) UV záření [34], [35].

4.2.2.2 Ochranný oděv

Oděv s UV ochranou by měly využívat hlavně děti nebo jiné rizikové skupiny lidí, které vykonávají práci na přímém slunci nebo jedinci, kteří jsou hodně fotosenzitivní. Výhodou oděvů oproti sunscreenům je nulové riziko toxicity, fotoalergických/fotosenzitivních reakcí a vysoká ochrana [6], [36].

Norma zabývající se oblečením s UV ochranou byla prvně vydána v Austrálii a na Novém Zélandu (AS/NZS 4399) a definuje požadavky na měření a označení ochranného faktoru textilií (UPF) nošených v těsné blízkosti lidské kůže. Dle této normy se textilie dělí na tři skupiny uvedené v Tab. 3. Následně si další země vytvořily vlastní standardy, které však vychází z AS/NZS 4399 [3]. Oděv je vyráběn z různých materiálů jako např. bavlna, len, viskóza, nylon, polyester a jejich kombinace. Nejlepší schopnost pohlcovat UV záření má polyester a poskytuje dostatečnou ochranu. Avšak může se jevit jako nejvhodnější materiál pro ochranné textilie, ale oproti ostatním materiálům vykazuje vysokou propustnost pro UVA fotony. Z tohoto hlediska není polyester příliš vhodný pro jedince trpící fotodermatózami (chronická aktinická dermatóza). Dobrou pohlcovací schopnost má dále hedvábí, nylon nebo vlna. Ochranná schopnost tkanin je velmi ovlivňována přísadkami barviv a UV absorbujících látek, které se používají ke zlepšení ochranných schopností materiálů. Jako absorbující látka se přidává nejčastěji oxid tita-

ničitý, který chrání před UVA záření. Tmavé barvy a vyšší koncentrace barviv ve tkáních zvyšují ochranu, jelikož daná látka absorbuje mnohem více UV fotonů [3], [38].

Tab. 3. Rozdělení textilií dle normy AS/NZS 4399 [38]

Skupina charakterizující ochranu	Rozmezí UPF	Označení
Vynikající	40–50, 50+	40; 45; 50; 50+
Velmi dobrá	30–40	25; 30; 35
Dobrá	15–25	15; 20

4.2.2.3 Sluneční brýle

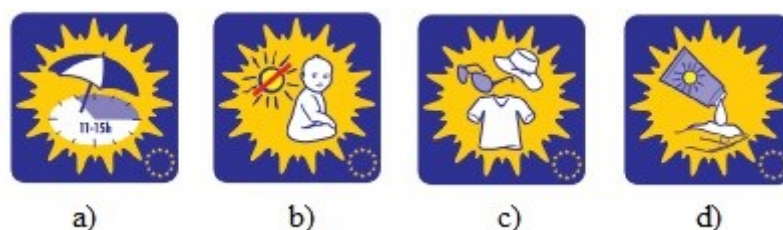
Mimo ochranu kůže, je nutné chránit i oči. Pásmo UV záření může způsobovat a rozvíjet řady očních onemocnění. Některá onemocnění jsou akutní a jiná jsou způsobená opakovanou expozicí (chronická). Postižené části mohou být např. duhovka, rohovka, čočka i sítnice. Proto se doporučuje chránit oči kloboukem s širokým okrajem, čepicí či kšiltem nebo slunečními brýlemi s UVA i UVB filtrem. Sluneční brýle by měly mít velká skla a šedé nebo neutrální zbarvení, propustnost UVA a UVB záření by měla být menší než 1 %. Brýle označené UV 400 chrání oči před slunečním zářením v celém rozsahu [6], [32], [38].

Podle studií [3] však ne všechny sluneční brýle prodávané na trhu mají adekvátní ochranu, zejména vůči UVB záření, a proto se doporučuje kupovat sluneční brýle ve specializovaných prodejnách nebo optikách.

4.3 Přípravky na ochranu proti slunečnímu záření – sunscreeny

Sunscreeny jsou určeny k ochraně struktury a funkci lidské kůže před poškozením způsobeným UV zářením. Tyto přípravky mohou být ve formě krémů, mastí, gelů, sprejů, tyčinek a roztoků. Musí splňovat dané požadavky, které zahrnují například opatrnost na to, aby nedošlo k obarvení kůže nebo oblečení, nesmí nezanechávat nepříjemný zápach, měly by být chemicky stálé, snadno roztíratelné a nebyť dráždivé. Nejčastěji se využívají přípravky ve formě krémů nebo sprejů, jelikož změkčují, hydratují a zklidňují kůži. Díky této vlastnosti tvoří nepropustný film na kůži, který má pomoci kůži chránit při expozici na UV záření [6], [38], [39].

Co se týče legislativy, ochranné přípravky proti slunečnímu záření jsou v Evropě oproti Spojeným státům (USA) registrovány jako kosmetické přípravky (KP) a existuje pro ně příslušný předpis. Podléhají tedy stejně jako jiné KP do Nařízení Evropského parlamentu (EP) a Rady 1223/2009 o KP [40]. Kromě nařízení jsou tyto přípravky regulovatelné také již zmíněným doporučením komise 2006/647/ES [11], které pojednávají o účinnosti ochranných přípravků na ochranu proti slunečnímu záření a definují přípravky na ochranu proti UV záření jako přípravek, ať už krém, olej, gel nebo sprej, který je určen k aplikaci na lidskou pokožku a jehož výhradním či převážným účelem je chránit pokožku před UV zářením pohlcením, rozptylem nebo odrazem. Součástí doporučení komise jsou také varovné piktogramy, které se mohou vyskytovat na sunscreezech. Jejich úkolem je varovat člověka před možným poškozením slunečním zářením (viz Obr. 5) [11].



Obr. 5. Varovné obrázkové piktogramy vyskytující se na sunscreezech a) vyvarujte se slunečnímu záření v době poledne, b) nevystavujte malé děti a kojence přímému slunci, c) chráňte se oděvem, kloboukem či brýlemi, d) aplikujte sunscreen v dostatečném množství [41]

Doporučení komise 2006/647/ES, také poukazuje na to, že sunscreen by měl obsahovat dostatečnou ochranu proti UVA i UVB zářením a na etiketě je prezentován piktogramem (viz Obr. 6.). Součástí jsou i tvrzení, která by podle doporučení komise měla být jednoduchá, jednoznačná, smysluplná a měla by být založená na standardizovaných, reprodukovatelných kriteriích. Na etiketách přípravků jsou tvrzení buď doporučená nebo zakázaná. Nejznamějším zakázaným tvrzením je, že přípravek nesmí na etiketě obsahovat informace, které mu přisuzují vlastnost, kterou však nemá. Co se týče doporučených tvrzení, jedná se o určitá varování, ať už v podobě zmíněných obrázkových piktogramů nebo písemného upozornění typu např. „Nadměrná expozice

slunci vede k vážnému zdravotnímu riziku“ nebo časté upozornění „Nevystavujte kojence a malé děti přímému slunci“ či „Chraňte se před slunečním zářením oblečením, pokrývkou hlavy a slunečními brýlemi“ [11].



Obr. 6. Piktogram poskytující ochranu proti UVA i UVB [41]

4.3.1 Zásady používání sunscreenů

V České republice jsou sunscreeny dostupné v drogeriích, supermarketech nebo v lékárnách, jelikož jsou registrovány jako KP. Ovšem v některých zemích jsou registrovány jako léky (USA). Sunscreeny sebou nesou určité zásady užití před nebo při expozici slunečnímu záření. Doporučuje se přípravek aplikovat na kůži minimálně 15–30 minut před vystavením UV záření. Důležité především u chemických UV filtrů pro jejich správnou aktivaci. Pro dobrou ochranu je dobré aplikaci opakovat po 15–30 minutách. Další aplikace je dobré opakovat po přibližně 2–3 hodinách v souvislosti s danou aktivitou (plavání, pocení, otírání). Co se týče obsahu přípravků, přípravky nejen s kyselinou p-aminobenzoovou, ale i celkově, nesmí být aplikovány na kůži u dětí, které jsou mladší než 6 měsíců. Pro děti ve starším věku se doporučují přípravky s vyšším ochranným faktorem (SPF 30) a nesmí se zapomínat taky na ochranu kůže stíněním, oděvem nebo slunečními brýlemi. Doporučené množství přípravku pro aplikaci na kůži celého těla jsou 2 mg/cm² [6], [42].

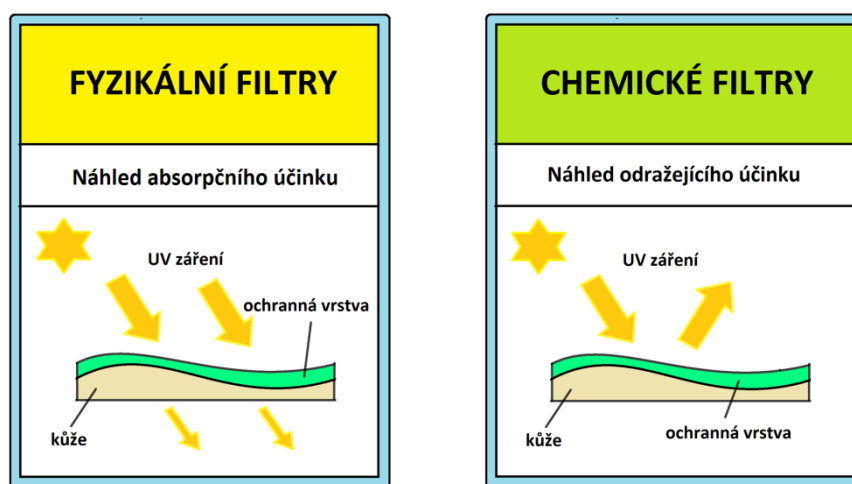
V praxi se však prokázalo [3], že se doporučené množství aplikace přípravku nedodrží a lidé si nanášejí na pokožku menší množství, okolo 0,5 mg/cm².

4.3.2 Filtry ultrafialového záření

Jedná se o látky, které jsou určeny výhradně k ochraně kůže před daným UV zářením. Této ochrany může být docíleno buď rozptýlením, nebo absorpcí UV záření o vlnové délce v rozpětí 290–400 nm. Jsou využívány v různých formách přípravků jako například gely, oleje, krémy, roztoky, spreje či balzámy. Jako první UV filtry, které se uvádě-

ly na trh, sloužily k ochraně vůči UVB záření. Až později se připravovaly sloučeniny, které jsou účinné vůči UVB i UVA záření a mají tzv. širokospektrou ochranu. Ochranné přípravky proto obsahují více ochranných aktivních látek, aby se dosáhlo maximální ochrany v celém UV spektru. Daná kombinace několik sloučenin umožňuje využití nižších koncentrací samotných sloučenin. Díky tomu se sníží riziko výskytu nežádoucích reakcí na kůži. K ochraně mohou být použity pouze filtry, které jsou schváleny podle nařízení EP a Rady 1223/2009 [40] uvedené v příloze V. Všechny použité látky musí splňovat přísné toxikologické požadavky a musejí být zdravotně nezávadné [6], [42], [43], [44].

Filtry UV záření jsou v základu děleny podle mechanismu aktivní složky obsažené v přípravcích na ochranu proti slunečnímu záření na fyzikální (tzv. blokátory) nebo chemické (tzv. absorbéry) dle Obr. 7. Zvláštní skupinou jsou pak filtry kombinující fyzikální a chemické filtry tzv. hybridní filtry. Nevýhodou chemických filtrů je jejich aplikace 15–30 minut před vystavením slunečnímu záření. Přičemž fyzikální filtry působí ihned po aplikaci na kůži [44], [45], [46].



Obr. 7. Vlastnost fyzikálních a chemických filtrů

4.3.2.1 Chemické filtry – absorbéry

Chemické filtry jsou organické látky, které absorbují UV záření. Absorbovaná energie je poté přeměněna na teplo, čímž se mění distribuce elektronů v molekule látky (přechod ze základního stavu do excitovaného stavu). Tato proměna přispívá ke snížení absorpčních a fotoprotektivních schopností látky a může docházet k biologickým nežá-

doucím stavům. Jednou z negativních a velmi nebezpečných vlastností je vstřebávání do krevního oběhu a to zejména u starších lipofilních UV filtrů. Tento typ UV filtrů musí být pro správnou funkci aplikován 20–30 minut před vystavením ošetřeného místa slunečnímu záření z nutnosti dostatečného vstřebání do svrchních vrstev pokožky. Jednotlivé látky patřící do skupiny chemických UV filtrů absorbují buď v UVA oblasti nebo v UVB oblasti anebo v obou vlnových oblastech. Kosmetické ochranné přípravky používající chemické filtry musejí vykazovat dostatečnou fotostabilitu, nesmějí způsobovat iritaci kůže, a to ani po opakovaném použití. Dále musejí odolávat působení vlhkosti a tepla [3], [47], [48], [49].

V průběhu 20. století byly vyvinuty řady látek s unikátními vlastnostmi – v závorce bude vždy uveden jejich působnost v příslušné UV oblasti záření. Mezi ně patří skupiny syntetických látek jako například aminobenzoáty (UVB), benzofenony (UVA a UVB), anthraniláty (UVA), deriváty kafru (UVA a UVB) a deriváty kyseliny skořicové (UVB). Celosvětově je používáno přibližně 55 fotoprotektivních látek, z nichž pouze 10 je povoleno ve všech zemích. V České republice je povoleno 28 látek. Některé skupiny látek chemických filtrů jsou stručně popsány níže [3], [6], [32], [48].

Anthraniláty účinkují zvláště v UVA oblasti [6].

Dibenzoylmetany se používají k ochraně v UVA oblasti. V dnešní době se nejvíce využívá avobenzon, který se využívá i v kombinaci s jinými filtry, které chrání v UVB oblasti, nejčastěji s cinamáty (oktokrylen) a to hlavně z důvodu nízké stability během expozice na slunečním záření [6], [49].

Aminobenzoáty slouží jako ochrana proti UVB záření díky kyselině p-aminobenzoové. Dříve často využívané pro dobré ochranné vlastnosti, dobrým průnikem do rohové vrstvy a relativní odolnosti vůči vodě. Dnes využívané méně z důvodu oxidace, což vede k obarvování oblečení a pokožky a u některých lidí (s citlivou kůží) mohou vyvolat ekzém nebo karcinom [6], [45], [48].

Deriváty kyseliny skořicové (cinamáty) se používají v ochranných přípravcích přibližně z 90 %. Chrání především v UVB oblasti. Využívá se 9 dostupných cinamátů. Nejvíce užívaným derivátem kyseliny skořicové je oktokrylen (2-ethylhexyl-2-kyano-3,3-difenyl-2-propanoát), který se často využívá v kombinaci s jinými filtry pro zvýšení ochranného faktoru. Mezi další užívané deriváty cinamáty se využívá také Parsol MCX (2-ethylhexyl-p-methoxycinamát) [6], [44], [45], [46].

Salicyláty jsou látky, které chrání zejména v UVB oblasti a jedná se o nejstarší filtry dostupné na trhu. Patří sem homosalát, který se považuje za málo efektivní, užívá se tudíž zřídka a to do maximální povolené koncentrace 10 %. Nejčastěji se homosalát používá v určitých testech jako referenční filtr. Jako další salicylátový derivát se využívá ethylhexyl salicylát, homometyl salicylát nebo benzyl salicylát. Salicyláty jsou bezpečné a používají se do 5% koncentrace [6], [45], [46].

Benzofenony účinkují jak v UVA, tak i v UVB oblasti, čímž jsou částečně univerzální. Jedním z nejpoužívanějších je oxybenzon, zejména kvůli své dobré fotostabilitě. Avšak při dlouhodobém používání se může vyskytovat v krvi potažmo v moči uživatele. Někdy se benzofenony používají i jako UV absorbenty do tkanin pro snížení fotodegradace. Mezi další používané látky patří benzofenon-4, benzofenon-5 nebo benzofenon-3 [6], [47].

Deriváty kafru v USA patří mezi filtry, které nejsou registrované. Poskytují ochranu proti UVA i UVB záření. Kafrové sunscreensy při expozici UV záření, vykazují vyšší stabilitu. Ze skupiny derivátů kafru se využívá 6 látek. Využívá se např. 3,4-methylbenzyliden kafr, sulfonová kyselina terephtaliden dikafru (Meroxyl SX) nebo drometrizol trisiloxan (Meroxyl XL), který patří k novějším filtrům a je při expozici UV záření stabilní [6], [47].

4.3.2.2 Fyzikální filtry – blokátory

Fyzikální UV filtry nebo jinak nazývané minerální filtry jsou anorganické látky, které mohou být označovány i jako stínící látky. Nejčastěji používanými fyzikálními filtry jsou zejména oxid titaničitý (TiO_2) a oxid zinečnatý (ZnO). Další využívanými filtry jsou také oxid železnatý (FeO) a oxid železičitý (bentonit FeO_2) nebo křemičitan hořečnatý (MgSiO_2). Ovšem jako povolené ingredience do sunscreenu jsou v řadě zemí pouze TiO_2 a ZnO . Podle velikosti částic, tyto zmíněné látky rozptylují, odrážejí či absorbují sluneční záření v UV, viditelné a IR oblasti. Nabízí se také kombinace s UV absorberem, která je také hojně využívána [3], [6], [50], [51].

Při použití anorganických filtrů v přípravcích na ochranu proti slunečnímu záření jsou hlavním problémem těchto látek částice jasně bílé barvy, které odráží viditelné světlo, což znamená, že na povrchu kůže vytvoří bílý ochranný film, který může být pro některé spotřebitele nepřijatelný hlavně z důvodu viditelnosti. Často se to stává v důsledku

použití vyšší koncentrace (doporučuje se max. 5–20 %), proto jsou výrobci nuceni zlepšovat vlastnosti fyzikálních UV filtrů, aby byly pro spotřebitele přijatelnější a zabývat se mikronizací částic (zmenšení velikosti částic pod méně než 100 nm). Mikronizace částic omezuje interakci s VIS světlem, což způsobuje průhledný vzhled přípravku. Zviditelnění nastává pouze v případě kontaktu aplikované látky s vodou. Dochází k tvorbě bílých kapek, které po uschnutí jsou opět neviditelné. Při krátkém kontaktu s vodou není účinnost ochranného filmu snížena. Při delším kontaktu je tento film postupně smýván a jeho účinnost klesá. Jinou alternativou je pokrytí částic inertními materiály, které zlepšují disperzi UV filtrů v přípravcích [46], [49], [50], [51].

Výhodou TiO_2 a ZnO je jejich působení v UVA i UVB oblasti. Použití samotného TiO_2 nebo ZnO se doporučuje zejména pro přípravky určené pro děti, jelikož zcela minimálně vykazují riziko vzniku vedlejších reakcí po jejich aplikaci. V poslední době se stále více diskutuje o bezpečnosti částic TiO_2 a ZnO a to kvůli možnému proniknutí do kůže z důvodu mikronizace [6], [50], [51].

Poslední studie [3] sice potvrdily pronikání do kůže, ale pouze do svrchních vrstev *stratum corneum* a „živá“ kůže zůstává netknutá. Také bylo zjištěno, že TiO_2 a ZnO nejsou cytotoxické, fytotoxické ani mutagenní.

Oxid titaničitý se kromě jako pigmentu (titanová běloba) v líčidlech využívá právě i jako UV filtru v sunscreenech. Je netoxický a velikost jeho částic v nemikronizované formě je okolo 150–300 nm. Mikronizovaná forma TiO_2 se pohybuje okolo 20–150 nm. Při výrobě sunscreenu se v mnoha recepturách používá o velikosti 80 nm. Působí velmi dobře hlavně proti UVB záření, ale odráží i část UVA záření. Pro zlepšení výsledků se kombinuje i s dalšími UVA filtry. Ovšem oproti ZnO , TiO_2 nemá schopnost neutralizovat a nemá antimikrobní účinek, což je i důvod proč je z finančního hlediska dostupnější [51], [52], [53], [54].

Oxid zinečnatý má v nemikronizované formě velikost částic okolo 200–400 nm a v mikronizované formě má, pro ochranu před UV zářením, částice o velikosti 40–100 nm. Považuje se za univerzální a mnohem lepší UV filtr než předešlý TiO_2 , jelikož jako jediný z UV filtrů odráží celé spektrum UVA i UVB záření. Zajišťuje tak komplexní ochranu. Je však mnohem dražší a z hlediska textury je nutné jeho správné rozptýlení v přípravku. Aby nedocházelo k rozpadu emulzí, nesmí vzájemně působit například s mastnými kyselinami nebo karbomery. Kromě klasického mikronizovaného ZnO exis-

tuje i nano forma ZnO (nazývaného i jako NANOX), která se může do sunsreenů používat. NANOX se do sunsreenů používá o velikosti 60 nm a dosahuje tak maximální účinnosti vůči UV záření. Má i podstatnou průhlednost, což je přínosem do kosmetických formulací a proto představuje filtr nové generace. Může se zabudovat do olejové nebo vodné fáze emulze, ale je nutné, stejně jako u ZnO, jeho správné a úplné rozptýlení. Nedráždí pokožku a kromě sunsreenů se používá do přípravků denní péče, vlasové kosmetiky a do dětské kosmetiky [51], [53], [55].

4.3.2.3 Přírodní oleje

Existují přírodní látky, které mohou disponovat protektivními vlastnostmi proti UV záření. Jejich ochranná funkce, jako UV filtr, je malá a hodnota možného ochranného faktoru se liší dle druhu a koncentrace. Běžně se hodnoty ochranného faktoru pohybují od 1–10 SPF. Dobře se v přípravku uplatňují jako promašťovadla kůže, zejména při opakované aplikaci. Obsažené antioxidanty (např. kyselina askorbová) v olejích pomáhají zmírňovat reakce nebo změny na kůži po vystavení slunečnímu záření. Díky svému přírodnímu původu mohou být součástí přírodní certifikované kosmetiky. Mezi často používané oleje patří extrakty z aloe vera, jojobového a mandlového oleje nebo extrakt z kaprad'ovité rostliny *Polypodium leucotomos* či extrakt ze semen stromu *Pongamia pinnata*, který je podrobněji popsán níže [6].

Extrakt z pongamolu (Pongamia extract)

Tento extrakt se získává z Karanja oleje (viz Obr. 8.). Karanja olej se za studena lisuje ze semen stromu *Pongamia pinnata* (místně také nazýván jako „Indian Karanja“, z něhož vychází název oleje) rostoucího hojně v Indii a Austrálii. Ze semen se získává 30–40 % Karanja oleje a po získání má olej žlutooranžovou až hnědočervenou barvu. Získaný extrakt z pongamolu v sobě obsahuje až 90 % pongamolu a vzhledově jde o bílý prášek s mírným kyselým zápachem. Jeho vlastností je schopnost ochrany před UVB a částí UVA záření v rozmezí vlnových délek od 200–400 nm. Je označován za přírodní UV filtr. Svými vlastnostmi se podobá avobenzonu působícího především v UVA oblasti, a proto je schopný působit i proti UVA záření. Avšak dle studie [56] prováděné *in vitro* metodou, bylo zjištěno, že vykazuje mnohem vyšší ochranu vůči UVB záření než vůči UVA záření. Zesílení ochrany proti UV záření je možná pomocí kombinace extraktu z pongamolu a jiných ochranných látek. Při testování opalovacího krému s obsahem aktivní složky 5% a 10 % z extraktu pongamolu se zjistilo, že aktivita

ochrany proti UV záření se zvyšuje s nárůstem procentuálního podílu extraktu pongamolu. Pongamol se využívá hojně do kosmetických a dermatologických formulací jako jsou mýdla, vlasové šampóny nebo oleje. Považuje se také za silný přírodní antioxidant. Chrání lidskou kůži před poškozením DNA způsobeným převážně UVA zářením a vznikem erytému, fotodermatóz nebo zpomaluje předčasné stárnutí způsobené UV zářením. Mimo jiné se používá k léčbě revma nebo k léčbě kožních onemocnění jako jsou ekzémy, lupénka, svrab, opary [56].



Obr. 8. Proces získání extraktu pongamolu [56]

4.3.2.4 Nežádoucí účinky UV filtrů

I přes dlouhodobé využívání UV filtrů se polemizuje o bezpečnosti některých látek. Aplikace fotoprotektivních přípravků může způsobovat alergické, fotoalergické nebo fototoxické reakce. Tyto komplikace nejsou zcela běžné, vyskytují se zřídka kdy. Avšak u řady sloučenin byla zjištěna a popsána kontaktní alergie. Kyselina 4-aminobenzoová (PABA) nebo benzofenon-3 jsou nejčastější látky, které mohou u citlivějších jedinců vyvolat alergii. Avobenzon používaný v KP jako UVA filtr je známý pro svou silnou fotonestabilitu, proto se v KP používá v kombinaci s jinými UV filtry pro lepší stabilitu [3], [6].

Dle testu [51] se při používání ochranných dermatologických přípravků, paradoxně zjistilo, že při používání zmíněných ochranných přípravků dochází k častějšímu spálení kůže. Což je nejspíše způsobené s prodloužením pobytu na slunci v poledních hodinách, kdy má sluneční záření nejvyšší intenzitu.

4.3.3 Ochranný sluneční faktor

Účinnost samotných látek nebo celého přípravku na ochranu proti UV záření je označována ochranným slunečním faktorem (Sun Protection Factor – SPF) definovaným jako poměr energie, kterou je potřeba k vyvolání minimálního erytému na kůži ošetřené ochranným přípravkem ku množství energie potřebné k vyvolání minimálního erytému bez použití ochranného přípravku u totožného jedince. Jednoduše lze říci, že udává násobek doby, po kterou může jedinec zůstat na slunci déle, než u něj dojde ke spálení. Ke stanovení ochranného faktoru se využívají metody, které jsou podrobněji popsány v kapitole 4.3.4 a upravuje je česká technická norma ČSN EN ISO 24443 [12], která vychází z evropské legislativy, tj. norem vydávaných organizací Cosmetics Europe (dříve COLIPA, Evropská asociace pro kosmetiku a parfumerii). Nejnižší povolená hodnota SPF u ochranného přípravku je 6. Hodnota ochranného přípravku slouží pouze k prevenci před spálením, ale neslouží jako indikátor míry ochrany vůči UVA záření (vůči předčasnému stárnutí až vzniku kožní rakoviny) [3], [6], [51], [53].

Na obalech ochranných přípravků byly dříve uváděny hodnoty SPF, kdy si spotřebitelé často mysleli, že čím vyšší je SPF, tím vyšší ochranu přípravek umožňuje, což vedlo k omylnému pocitu bezpečí a prodloužení pobytu lidí na slunci. Avšak zvyšování ochrany vůči spálení sluncem je lineární, což znamená, že například přípravek s SPF 30 ochraňuje před působením sluneční záření dvakrát lépe, než přípravek s SPF 15. Mimo to, přípravek s SPF 15 však pohlcuje pouze 93 % UVB záření, ale přípravek s SPF 30 pohlcuje až 97 % UVB záření. Z toho vyplývá, že přípravky s SPF vyšším než 50 nezvyšují ochranu vůči UVB záření. Proto existuje zjednodušená škála pro označování výše ochrany vůči působení UVB záření a rozděluje se do čtyř skupin, které jsou uvedeny v Tab. 4. Je důležité brát v potaz správné používání a nanášení dostatečného množství ochranného přípravku na kůži, jelikož při nižším množství přípravku se hodnota SPF snižuje (viz kapitola 4.3.1) [3], [51], [58]. Kromě označení výše ochrany na etiketách přípravků je dobré pro určení výše SPF ochranného přípravku znát vlastní fototyp (viz Příloha III), který udává dobu, než začne kůže červenat a dobu, po kterou se člověk může na slunci pohybovat. Pro určení možné doby, po kterou bude přípravek s daným SPF daného jedince chránit, je možné uvést příklad: kůže, která zčervená po 11 minutách (fototyp I), byl použit přípravek s SPF 25 a doba ochrany se vypočítá násobkem hodnoty SPF přípravku (v tomto případě 25) a dobou vzniku zčervenání (v tomto

případě 11 minut), výsledkem je bezpečná doba ochrany (v tomto případě 275 minut) [51], [53], [58].

Tab. 4. Označení ochrany přípravků na etiketách [3]

Skupina	SPF (uvedený na etiketě výrobku)
Nízká ochrana	6
	10
Střední ochrana	15
	20
	25
Vysoká ochrana	30
	50
Velmi vysoká ochrana	50+

4.3.4 Modelové systémy pro stanovení ochranného slunečního faktoru

Za využití různých metod od jednodušších po komplexní se uskutečňuje měření SPF. Jednotlivé metody se liší zejména parametry a odlišnostmi technického zpracování. Pro měření SPF a indexu jsou vydané standardy, které stanoví jednotné použití xenonové výbojky jako zdroje záření a určité množství aplikovaného přípravku. Existují dvě metody, které se zabývají stanovením SPF a to metoda *in vivo* a metoda *in vitro* [59], [60].

4.3.4.1 *In vivo* metoda

Tato metoda zkoumá účinky testovaných přípravků na kůži vybraných probandů po umělém (simulovaném) ozáření. Toto testování se nesmí provádět v letních měsících. Jedná se o vybrání 10 dobrovolníků, kteří splňují především fototyp I–III (dle Přílohy III). Tito dobrovolníci musí být před zahájením testování přípravků proškolení. Musí projít lékařskou prohlídkou a podepsat individuální informovaný souhlas. Testování začíná aplikováním 2 mg/cm² přípravku buď na levou či pravou stranu zad o ploše 40 cm², přičemž neaplikovaná zůstává nechráněná. Aplikace se z důvodu dosažení rov-

noměrného rozetření provádí injekční stříkačkou nebo pipetou. Roztírání se provádí pomocí mírného tlaku bříška prstu. Po aplikaci se testovaný přípravek nechá zaschnout po minimální dobu 15 minut, než dojde k zahájení simulovaného záření. Jako zdroj záření se využívá solární simulátor, který se skládá z xenonové výbojky jako zdroje záření o vlnových délkách 290–400 nm a příkonem 300 W. Po následném nastavení dané dávky záření jsou záda dobrovolníku o ploše 30 cm² v šesti bodech s daným průměrem 1 cm ozářena. Přibližně v průměru po 20 hodinách od ozáření se provede vizuální odečtení o dané hranici, případný vznik erytému na ozářené ploše a stanoví se výpočtem konečná hodnota SPF dle rovnice (1) [59], [60].

$$SPF_{in\ vivo} = \frac{MED_{s\ ochranou}}{MED_{bez\ ochrany}} \quad (1)$$

Kde:

SPF – ochranný sluneční faktor;

MED – minimální erytémová dávka.

V případě dalších provedení testů by měla být pauza minimálně 2 měsíce a probandi by se po ukončení testování, měli vyhnout vystavení intenzivnímu slunečnímu záření 2 měsíce. Z hlediska praktických, ekonomických důvodů a především i proto, že po *in vivo* testování se vyskytly negativní účinky jako například přetrvávající pigmentace z předešlé reakce vzniklé nesprávně zvoleným SPF, je bezpečnější a využívanější metoda *in vitro*, která je kromě bezpečnosti i levnější a rychlejší [59], [60].

4.3.4.2 *In vitro* metoda

In vitro metoda je zaměřená zejména na fyzikální techniky a není testována na lidské kůži nýbrž na speciálních destičkách. Principem metody je hodnocení propustnosti UV záření přes tenkou vrstvu vzorku ochranného přípravku, který není aplikovaný na kůži, ale na zdrsňelý substrát připomínající kůži. Měřená propustnost přípravku se zjišťuje před a po ozáření zadané dávky umělého záření vycházejícího ze zdroje s UV paprsky. Jako substrát se používá destička, která je vyrobená z polymethylmethakrylátu (PMMA) o velikosti plochy 16 cm² a která je pro tuto metodu transparentní [61], [67].

Existují dva typy PMMA desek, a to lisovaná PMMA deska označovaná také jako HD6 o drsnosti 6 μm nebo lisovaná PMMA deska s pískovaným povrchem označovaná jako

SB6 o drsnosti 6 μm . Lisovaná PMMA deska s pískovaným povrchem je vhodnější, jelikož lépe napodobuje lidskou kůži [61], [62], [63], [67].

Před začátkem aplikace vzorku testovaného přípravku na PMMA se musí ochranný přípravek důkladně protřepat. Stanovené množství, které se na desku aplikuje je 1,3 mg/cm^2 pro desku HD6 a 1,2 mg/cm^2 pro desku SB6. Ihned po nanesení je třeba vzorek na desce důkladně rozetřít nejdříve krouživými pohyby a následně poté rozetřením po celé ploše. Po rozetření se vzorek nechává zaschnout ve tmě po dobu 15 minut. Následně se pro detekci hodnot transmitance (hodnoty světelných paprsků určité vlnové délky) využívá UV spektrofotometr o vlnových délkách od 290–400 nm. Hodnoty transmitance jsou následně zpracovány dle pravidel v sešitě COLIPA [66], kde je stanovena celková doba ozáření vzorku, který je po změření na UV spektrofotometru umístěn do solárního simulátoru (např. SUNTEST CPS+). Po ozáření vzorku se opět na UV spektrofotometru proměří hodnoty transmitance, které se dále také zpracují v sešitě COLIPA, kde je spočítán *in vitro* UVA faktor, SPF nebo kritická vlnová délka [61], [63], [64], [65].

5 CÍLE PRÁCE

Cílem teoretické části práce bylo vypracování literární rešerše, která se zaměřuje na UV záření a jeho následný vliv na kůži, možnosti fotoprotekce, včetně KP poskytujících ochranu vůči UV záření s důrazem na UV filtry, zejména fyzikálního a přírodního charakteru, které jsou součástí přípravků využitých v experimentální části.

Cílem experimentální části práce je:

- Stanovení SPF faktoru pomocí metodiky *in vitro* u KP formulovaných na přírodní bázi dodaných firmou Nobilis Tilia, s. r. o. za použití substrátu SB6 a SUNTEST CPS+ zařízení.
- Srovnání výsledků měření vybraných KP.
- Senzorické hodnocení KP.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 METODIKA

Pro testování formulací kosmetických přípravků proti slunění byl zvolen postup dle metody Colipa UVA *in vitro* [67]. Tato metoda je založena na měření transmitance UV paprsků, které prochází přes tenkou vrstvu testovaného vzorku na straně zdrsňelého substrátu z PMMA.

Po stanovení ochranných parametrů byly jednotlivé přípravky podrobeny senzorické analýze (kapitola 8.2).

6.1 Použité chemikálie a pomůcky

Ke stanovení SPF faktoru se v experimentu použily tyto pomůcky:

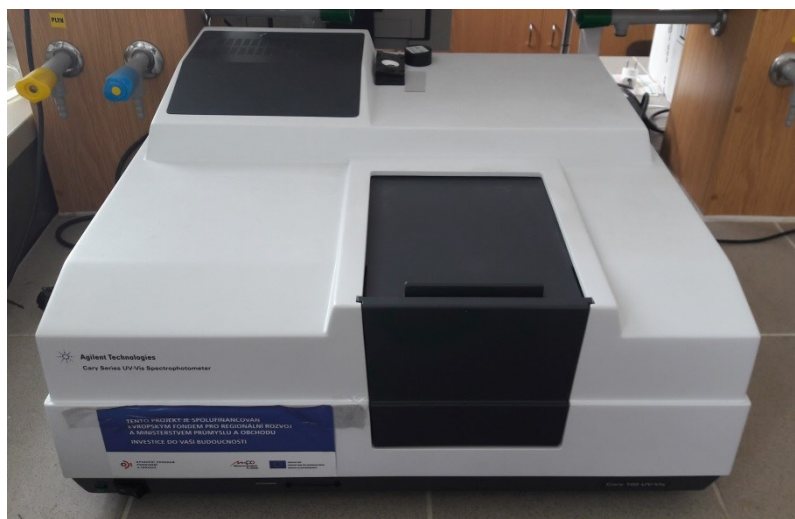
- Kádinka o objemu 10 ml
- Buničina
- Injekční stříkačky Omnifix 0,01–1 ml (BRAUN, Německo)
- Injekční jehly Sterican 0,90 × 25 mm (BRAUN, Německo)
- Fixy
- Nůžky
- Parafilm
- Papírové ubrousky
- Analytické váhy KERN (OHAUS, Švýcarsko)
- PMMA substrát SB6 o drsnosti 6 μm (HELIOSCREEN, Francie)

6.2 Použité zařízení

V experimentu byla použita zařízení, která jsou popsána níže.

6.2.1 Spektrofotometr UV-VIS Cary 100

Tento spektrofotometr (Obr. 9) vyvinula americká firma Agilent Technologies. Má schopnost měřit po kroku 1 nm v rozsahu vlnových délek 180–900 nm. Světelným zdrojem zde je halogenová žárovka s deuteriovou lampou, čímž je zabezpečeno spojitě spektrum záření. Při měření prochází světelné spektrum vzorkem a dopadá na senzor, jehož energie se zpracovává do číselné podoby pomocí softwaru Cary WinUV, napojeného na spektrofotometr. Software Cary WinUV zároveň tyto signály vyhodnocuje.



Obr. 9. Spektrofotometr UV-VIS Cary 100

6.2.2 SUNTEST CPS+

Tento zdroj umělého slunečního záření vyvinula americká firma Atlas (Obr. 10). Solární komora nacházející se v horní části slouží k ozařování vzorků při daných podmínkách (čas, teplota), které jsou nastavitelné v horní části přístroje na ovládacím panelu s displejem. Zdroj záření zde tvoří xenonová výbojka chráněná skleněným a křemenným filtrem, což je důležité z hlediska bezpečnosti práce. Komora se také skládá z úložného prostoru, kde je možné ozářit 5 vzorků a umístit teplotní čidlo. Přístroj kromě zmíněných částí obsahuje ve spodní části ještě zařízení SunTray, díky kterému je možné odebírat nebo měnit vzorky ze solární komory bez zastavení probíhajícího testování.



Obr. 10. SUNTEST CPS+

6.3 Testované formulace přípravků proti slunění

V experimentu byly testovány dvě sady po devíti přípravcích proti slunění formulovaných jako V/O na přírodní bázi od výrobce Nobilis Tilia (Česká republika). V první sadě testovaných formulací byl různý obsah extraktu pongamolu (GIVAUDAN, Anglie) a oxidu zinečnatého využitého jako fyzikální UV filtr. Součástí druhé sady testovaných formulací byl rovněž různý obsah extraktu pongamolu (GIVAUDAN, Anglie) a kromě extraktu pongamolu obsahovala druhá sada i nano formu oxidu zinečnatého využitého jako fyzikální UV filtr v mikronizované formě označované NANOX200 (ELEMENTIS SPECIALTIES, Belgie). Jednotlivé přípravky v sadách měly různé hodnoty SPF uvedené v Tab. 5. Ingredience dle INCI použity v obou sadách testovaných formulací jsou uvedeny v Tab. 6.

První sada devíti testovaných formulací (Tab. 5) byla označena čísly od 1272 do 1280. Obsahovala různé poměry pongamolu a oxidu zinečnatého.

Druhá sada devíti testovaných formulací (Tab. 5) byla označena pod čísly od 1286 do 1294. Tato sada obsahovala taktéž různé poměry pongamolu a nano formy oxidu zinečnatého.

Tab. 5. Odhadované hodnoty SPF testovaných formulací

Kód vzorku		Odhad SPF
Sada I.	Sada II.	
V1272	V1286	5
V1273	V1287	8
V1274	V1288	11
V1275	V1289	9
V1276	V1290	12
V1277	V1291	15
V1278	V1292	13
V1279	V1293	16
V1280	V1294	19

Tab. 6. Použité ingredience v testovaných formulacích dle INCI

Ingredience dle INCI	Funkce
Olejová fáze	
Zinc Oxide/NANOX 200	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 vzorku

Pro každý testovaný přípravek bylo připraveno pět PMMA SB6 desek. Každý substrát byl označen číslem a SPF hodnotou. Na zdrsňelý povrch substrátu bylo pomocí injekční stříkačky s jehlou nanášeno 28 mg testovaného přípravku. Substrát s nanášeným vzorkem po celé jeho ploše byl zvážen na analytických vahách. Po zvážení se nanášené množství přípravku roztíralo pomocí bříška prstu ve dvou směrech. Nejdříve byl testovaný vzorek na substrátu rozetřen po celé jeho ploše krouživými pohyby po dobu asi 30 sekund s minimálním tlakem. Poté se změnil směr na vertikální a horizontální tahy opět po celé ploše substrátu po dobu dalších asi 30 sekund s menším tlakem pro dosažení dokonalého rozetření. Po takto stanoveném postupu se připravený substrát před samotným měřením byl stabilizován při laboratorní teplotě po dobu 15 minut tmy.

6.4.2 Nastavení spektrofotometru UV-VIS

Před vlastním měřením byl zapnut spektrofotometr UV-VIS Cary 100 a napojen na software, aby byl propojen se sešitem Colipa. Po zapnutí byl spektrofotometr naka-librován a pro měření byla nastavena vlnová délka 290 nm. Následně se vytvořila složka pro ukládání souborů naměřených hodnot a poté již mohlo být spuštěno měření.

6.4.3 Vlastní měření

Substrát uložený ve tmě se po 15 minutách vytáhl a vložil do již připraveného spektrofotometru UV-VIS Cary 100. Ve spektrofotometru byl substrát proměřen. Naměřené hodnoty byly poté vyhodnoceny programem Cary WinUV a získaná data byla převedena do programu Microsoft Excel nebo jinak řečeno do sešitu COLIPA navrženého dle ISO normy 24443 pro stanovení SPF a UVA u testovaného přípravku [67]. V COLIPA sešitě byly vybrané naměřené hodnoty transmitance před vystavením vzorku umělému slunečnímu záření vloženy do prvního listu nazvaného mAF_0 a zároveň byla zapsána hodnota SPF v prvním listě a ve třetím listě. Poté byly COLIPOU vypočítány hodnoty SPF_0 , $UVA-PF_0$, kritická vlnová délka před ozářením (λ_{C_0}), rozptyl hodnot nerovnoměrným nanášením (CV %) nebo doba potřebná k ozáření vzorku v solárním simulátoru o intenzitě $63,9 \text{ W/cm}^2$. Po zpracování hodnot a určení doby ozáření byl vzorek vložen do solárního simulátoru SUNTEST CPS+. Vzorek byl následně vystaven UV záření při

teplotě okolo 40 °C po vypočítanou dobu ozáření. Po uplynutí ozařované doby byl vzorek znovu vložen do tmy po dobu 15 minut. Následně po 15 minutách byl vzorek opět podroben měření transmittance stejně jako před ozářením. Získaná data byla vložena do druhého listu v COLIPA sešitu nazývaným $mAF_{(D_x)}$ a následoval výpočet hodnoty $SPF_{(D_x)}$, $UVA-PF_{(D_x)}$ a kritické vlnové délky po ozáření ($\lambda_{C_{(D_x)}}$). Kromě jednotlivých naměřených a vypočtených výsledků ve třetím listu, jsou v COLIPA sešitě i vyobrazeny grafy závislosti absorbance naměřené před a po vystavení UV záření na vlnové délce. Mimo výsledný list obsahuje COLIPA sešit ještě list, sloužící ke kalkulaci veškerých dat a korekci s hodnotami, stanovenými metodou *in vivo*.

6.4.4 Určení doby ozáření

Vzorky, na kterých byla pomocí spektrofotometru měřena transmittance, se po měření vyhodnotila programem Microsoft Excel podle pravidel COLIPA při dané intenzitě záření. Na základě vypočtených hodnot byla vyhodnocena i doba, po kterou byly testované vzorky vystaveny umělému UV záření. Vypočítané průměrné doby UV expozice pro testované vzorky jsou uvedeny v Tab. 7.

Tab. 7. Doby ozáření v solárním simulátoru

Přípravky s pongamolem a ZnO			Přípravky s pongamolem a nano formou ZnO		
Vzorek	Odhad SPF	Průměrná doba ozáření	Vzorek	Odhad SPF	Průměrná doba ozáření
1272	5	0:20:40	1286	5	0:19:52
1273	8	0:33:37	1287	8	0:29:50
1274	11	0:47:19	1288	11	0:39:10
1275	9	0:44:05	1289	9	0:42:53
1276	12	1:01:17	1290	12	0:55:44
1277	15	1:20:49	1291	15	1:02:28
1278	13	1:15:17	1292	13	1:20:35
1279	16	1:36:47	1293	16	1:28:05
1280	19	1:53:58	1294	19	1:34:28

6.5 Senzorická analýza testovaných formulací

Pomocí sensorické analýzy byly vzorky testovaných formulací hodnoceny pořadovými testy a párovou porovnávací zkouškou. Sensorický dotazník je uveden v Příloze VI.

6.5.1 Postup sensorického hodnocení

Českou technickou normou – ČSN ISO 6658 [69] jsou stanoveny všeobecné pokyny pro provádění sensorické analýzy v laboratořích a laboratoře se jí musí řídit. Před sensorickou analýzou byly jednotlivé vzorky testovaných krémů popsány kódem. Hodnocení testovaných formulací provádělo 12 hodnotitelů, kteří byli na úrovni laický posuzovatel. Hodnotitelé byli před hodnocením testovaných formulací seznámeni se základními informacemi o způsobu a postupu hodnocení. Po seznámení s informacemi o hodnocení si hodnotitelé posedali do samostatných kójí, ve kterých už bylo předem připraveno 9 vzorků krémů. Následně byl hodnotitelům pro zapsání odpovědí k daným zkouškám předán sensorický dotazník.

Vzorky krémů od V1272 do V1280 z první sady obsahující různý poměr pongamolu a ZnO a vzorky od V1286 do V1294 z druhé sady obsahující různý poměr pongamolu a nano formy ZnO byly hodnoceny v charakteristikách barva, textura, roztíratelnost, vstřebatelnost a celková preference. Tyto vzorky byly zvoleny v rámci testování SPF a pomocí pořadových zkoušek se na testovaných vzorcích hodnotily jejich vlastnosti. Poté byly vzorky krémů podrobeny párové porovnávací zkoušce, kterou byla hodnocena roztíratelnost, textura, vstřebatelnost a kterému vzorku dává hodnotitel celkovou přednost. Získané výsledky sensorické analýzy byly statisticky zpracovány (kapitola 8.2).

7 ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT

7.1 Zpracování dat *in vitro* měření SPF a UVA-PF

Sešit COLIPA sloužil pro matematické zpracování dat *in vitro* charakteristik SPF a UVA-PF kosmetických formulací proti slunění. Každá naměřená sada hodnot transmittance (před i po ozáření solárním simulátorem) byla do sešitu COLIPA vložena a automaticky vypočítána. Díky sešitu COLIPA byly vypočítány hodnoty:

- UVA-PF₀ neboli UVA faktor před vystavením testovaného vzorku umělému slunečnímu záření a UVA-PF_(D_x) tedy UVA faktor po vystavení testovaného vzorku umělému slunečnímu záření,
- λ_{C_0} což je kritická vlnová délka [nm], díky které absorpce UV filtru dosáhne asi 90 % jeho celkové absorpce, tzn., že čím vyšší je jeho hodnota, tím vyšší je ochrana vůči UVA záření. Jedná se o kritickou vlnovou délku před vystavením testovaného vzorku umělému slunečnímu záření a $\lambda_{C_{(D_x)}}$ je kritická vlnová délka po vystavení testovaného vzorku umělému slunečnímu záření,
- SPF sluneční ochranný faktor stanovený metodou *in vitro* před (SPF₀) a po (SPF_(D_x)) expozici testovaného vzorku umělému slunečnímu záření,
- CV [%] rozptyl hodnot nerovnoměrným nanesením před expozici testovaného vzorku umělému slunečnímu záření,
- hodnoty transmittance, kdy transmittance je označována jako tzv. zeslabení intenzity záření po průchodu přes určený vzorek. Tato veličina se vyjadřuje v procentech a nabývá hodnot 0–100 % [16],
- doba nutná k expozici testovaných vzorků v solárním simulátoru.

Ke stanovení UVA-PF a SPF hodnot byly pro jejich výpočet použity vzorce uvedené v rovnicích (2) a (3) [67], [68].

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

Kde:

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

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

$A_0(\lambda)$ – absorbance vrstvy testovaného vzorku před UV expozicí;

C – korelační koeficient;

$d\lambda$ – vlnová délka po 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:

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

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

$A_0(\lambda)$ – absorpance vrstvy testovaného vzorku před UV expozicí;

$d\lambda$ – vlnová délka po 1 nm.

Během měření jednotlivých testovaných vzorků a následně po jejich zpracování nebyly naměřeny výrazné odchylky. Ze zpracovaných výsledků byly vypočítány průměry a směrodatné odchylky. Celkové výsledky v průměrných hodnotách jsou z pěti měření uvedeny v kapitole 8.1.

7.2 Zpracování dat senzorické analýzy

Pro pořadové testy byl využit Friedmanův test na 95 % ($\alpha = 0,05$) hladině významnosti. K získání výsledků bylo dále postupováno dle Neményiho metody. Co se týkalo párové porovnávací zkoušky, byla taktéž zvolena 95 % hladina spolehlivosti a výsledky byly vyhodnoceny pomocí Fisherovy statistiky.

8 VÝSLEDKY A DISKUZE

Testování sad přípravků proti slunění bylo prováděno na SB6 substrátech. Nanášení vzorku na substrát se u jednotlivých přípravků lišilo. Obsah fyzikálních a přírodních UV filtrů ovlivňoval kvalitu roztírání vzorků.

Grafické vyobrazení představuje závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance před (mAF_0) a po ($mAF_{(D_x)}$) ozáření na vlnové délce (Obr. 11 až 28). Díky malým odchylkám byly vybrány pouze reprezentativní vzorky.

8.1 Parametry testovaných ochranných přípravků proti slunečnímu záření

Všechny naměřené hodnoty pro jednotlivé vzorky obou sad byly automaticky vypočítány sešitem COLIPA. Veškeré hodnoty pro dané vzorky jsou uvedeny v Tab. 8a) a b) v průměrných hodnotách. Tabulky obsahují zejména hodnoty SPF, UVA-PF, kritické vlnové délky (λ_c) před a po expozici umělému záření a v poslední řadě také hodnoty koeficientu, které poukazují na nerovnoměrnost nanesení vzorku na SB6 substrát.

Po simulované UV expozici byly u testovaných přípravků proti slunění zjištěny vyšší hodnoty SPF po ozáření než před ozářením u první i druhé sady testovaných formulací. Z grafů (Obr. 11 až 16) pro jednotlivé vzorky je vidět, že při nízké koncentraci ZnO/nano ZnO nebyla fotostabilita v celé šíři UV oblasti ideální. Tato skutečnost byla znatelná u formulací s odhadovaným SPF 5, 8 a 9. Při vyšším obsahu ZnO/nano ZnO byla znatelná fotonestabilita díky naměřeným UVA-PF hodnotám před a po ozáření zejména v UVB oblasti především u vzorků s odhadovaným SPF 11, 12, 13, 15, 16 a 19 (Obr. 17 až 28). Účinnost použitého přírodního filtru – extraktu pongamolu v různých koncentracích, ať už nižších či vyšších, sloužilo k posílení ochrany vůči UVA i UVB záření v kombinaci s fyzikálním UV filtrem ZnO, což se potvrdilo v publikaci [71]. Ve srovnání s uvedenou publikací bylo zjištěno, že při ověřování podobných testovaných formulací na přírodní bázi s SPF 5, 6, 10, 14 a 16 uvedených v publikaci, se prokázalo taktéž nedosažení odhadovaného SPF i přes různé kombinace koncentrací použitých UV filtrů – ZnO, pongamolu. Potvrdila se i skutečnost, že testované formulace na přírodní bázi uvedené v publikaci vykazují fotonestabilitu i při využití vyššího obsahu ZnO/nano ZnO stejně, jako testované formulace v této studii. Co se týče UVA-PF hodnot v této studii, ty byly po ozáření zjištěny nižší u obou testovaných formulací

než před ozářením. Stejně výsledky UVA-PF hodnot byly zjištěny v publikaci [71]. Vlivem UV záření a teploty docházelo pravděpodobně k reakci některých ingrediencí za vzniku nových sloučenin, které zvyšovaly hodnoty již zmíněných parametrů, jak je patrné v Tab. 8. Kritická vlnová délka byla splněna u všech testovaných formulací z první i druhé sady. Hodnoty koeficientu (CV) uváděné v procentech a znamenající nerovnoměrnost nanesení, byly vyšší u první testované sady (Tab. 8a), naopak druhá sada testovaných formulací měla hodnoty koeficientu nižší (Tab. 8b). Díky hodnotám koeficientu se potvrdila i skutečnost, že první sada testovaných vzorků se hůře plnila, nanášela a následně roztírala než druhá sada testovaných vzorků, která se zejména dobře roztírala.

Výsledkem byl fakt, že formulované emulze V/O proti slunění nedisponovaly takovou účinností a nemají takovou kvalitu a efekt jako přípravky proti slunění s obsahem chemických UV filtrů jak již bylo zmíněno ve srovnání s publikací výše [70], [56], [71].

Tab. 8a. Vypočítané parametry testovaných přípravků

Sada přípravků s pongamolem a ZnO								
Vzorek	Odhad SPF	SPF ₀	SPF _(Dx)	UVA-PF ₀	UVA-PF _(Dx)	λ _{C₀}	λ _{C_(Dx)}	CV [%]
1272	5	5,0 ± 0,0	7,9 ± 0,1	6,5 ± 0,1	6,3 ± 0,2	385,6 ± 0,3	385,6 ± 0,3	0,3 ± 0,1
1273	8	7,9 ± 0,2	12,7 ± 0,4	10,7 ± 0,1	10,0 ± 0,3	385,6 ± 0,2	385,6 ± 0,2	0,3 ± 0,1
1274	11	10,9 ± 0,9	18,0 ± 0,2	15,0 ± 0,1	13,3 ± 1,3	386,0 ± 0,2	386,0 ± 0,2	0,3 ± 0,1
1275	9	8,8 ± 0,3	16,9 ± 0,2	14,1 ± 0,2	12,6 ± 0,8	384,4 ± 0,2	384,4 ± 0,3	0,2 ± 0,1
1276	12	11,1 ± 1,1	23,4 ± 0,3	19,4 ± 0,2	14,5 ± 1,6	384,5 ± 0,2	384,5 ± 0,1	0,2 ± 0,1
1277	15	12,6 ± 0,7	30,8 ± 0,4	25,7 ± 0,3	14,4 ± 1,3	384,7 ± 0,1	384,7 ± 0,3	0,1 ± 0,0
1278	13	9,4 ± 0,7	28,7 ± 1,0	23,9 ± 0,9	9,8 ± 1,0	384,7 ± 0,1	384,7 ± 0,3	0,2 ± 0,1
1279	16	12,7 ± 1,3	35,1 ± 1,1	29,3 ± 0,9	11,9 ± 1,5	384,7 ± 0,2	384,7 ± 0,4	0,1 ± 0,0
1280	19	14,1 ± 0,7	41,4 ± 0,6	34,5 ± 0,5	11,8 ± 0,7	384,7 ± 0,1	384,7 ± 0,2	0,1 ± 0,0

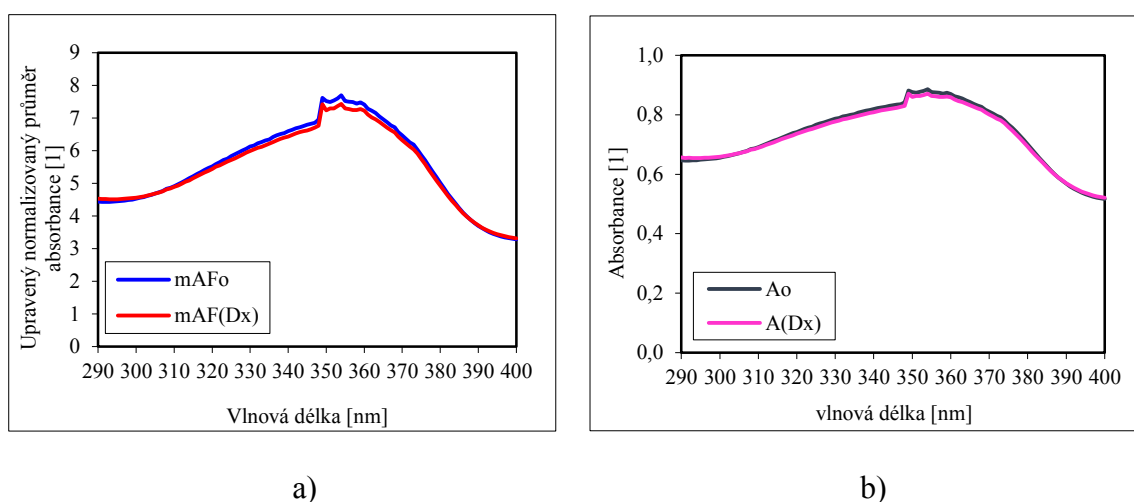
Tab. 8b. Vypočítané parametry testovaných přípravků

Sada přípravků s pongamolem a nano formou ZnO								
Vzorek	Odhad SPF	SPF ₀	SPF _(Dx)	UVA-PF ₀	UVA-PF _(Dx)	λ _{C₀}	λ _{C_(Dx)}	CV [%]
1286	5	5,0 ± 0,1	7,6 ± 0,2	6,3 ± 0,2	6,1 ± 0,1	386,0 ± 0,2	386,3 ± 0,2	0,2 ± 0,0
1287	8	8,1 ± 0,1	11,4 ± 0,1	9,5 ± 0,1	9,3 ± 0,2	384,8 ± 0,4	385,0 ± 0,1	0,1 ± 0,0
1288	11	11,4 ± 0,1	15,1 ± 0,2	12,6 ± 0,2	12,2 ± 0,2	384,5 ± 0,2	384,5 ± 0,2	0,1 ± 0,0
1289	9	8,9 ± 0,3	16,4 ± 0,3	13,7 ± 0,2	12,9 ± 0,5	385,1 ± 0,1	385,3 ± 0,1	0,1 ± 0,0
1290	12	11,4 ± 0,3	21,4 ± 0,1	17,8 ± 0,1	14,6 ± 0,5	385,6 ± 0,1	385,7 ± 0,1	0,1 ± 0,0
1291	15	14,8 ± 0,3	23,9 ± 0,5	20,1 ± 0,3	16,7 ± 0,2	385,2 ± 0,1	385,1 ± 0,1	0,1 ± 0,0
1292	13	12,3 ± 1,2	30,1 ± 1,8	25,5 ± 0,7	16,8 ± 1,9	386,4 ± 0,1	386,4 ± 0,1	0,1 ± 0,0
1293	16	14,6 ± 0,8	34,2 ± 0,4	28,5 ± 0,3	17,0 ± 1,1	386,1 ± 0,0	386,0 ± 0,1	0,1 ± 0,0
1294	19	17,8 ± 1,0	36,2 ± 0,2	30,2 ± 0,2	17,6 ± 1,0	385,2 ± 0,1	384,8 ± 0,2	0,0 ± 0,0

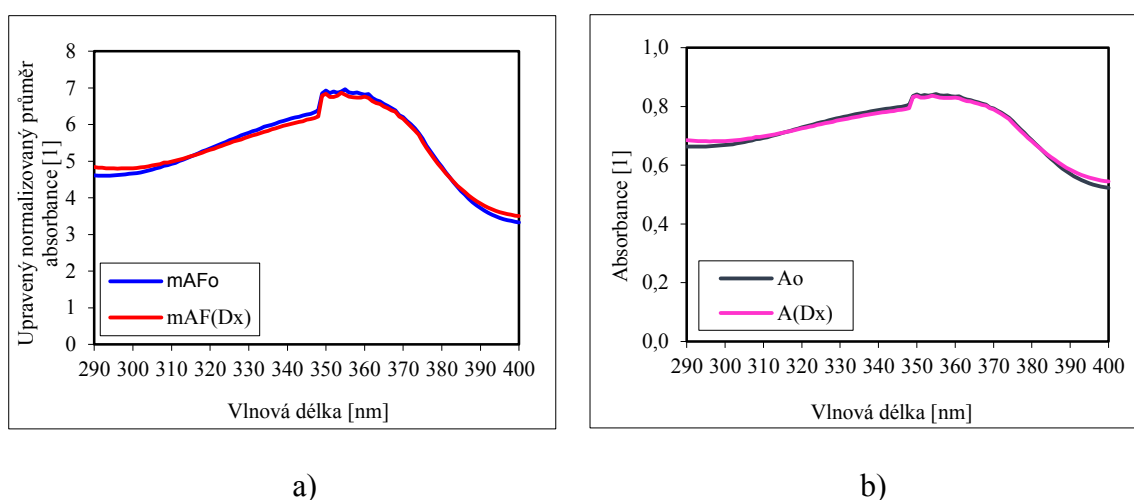
8.1.1 Přípravky s SPF 5

S SPF 5 byl vyhodnocen vzorek 1272 (2 % pongamolu a 1 % ZnO) a vzorek 1286 (2 % pongamolu a nano ZnO), které jsou prezentovány na Obr. 11 a 12. U vzorku 1272 bylo zjištěno absorpční maximum v UVB oblasti při 320 nm a v UVA oblasti při 349 nm před i po ozáření. U vzorku 1286 bylo zjištěno absorpční maximum v UVA oblasti při 355 nm a v UVB oblasti bylo při 320 nm před i po ozáření.

Dle parametru UVA-PF před a po ozáření viz Tab. 8a, 8b lze říci, že vzorek 1272 a 1286 byl fotonestabilní. Hodnota kritické vlnové délky byla u obou vzorků splněna.



Obr. 11. Účinnost vzorku 1272 s SPF 5 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce

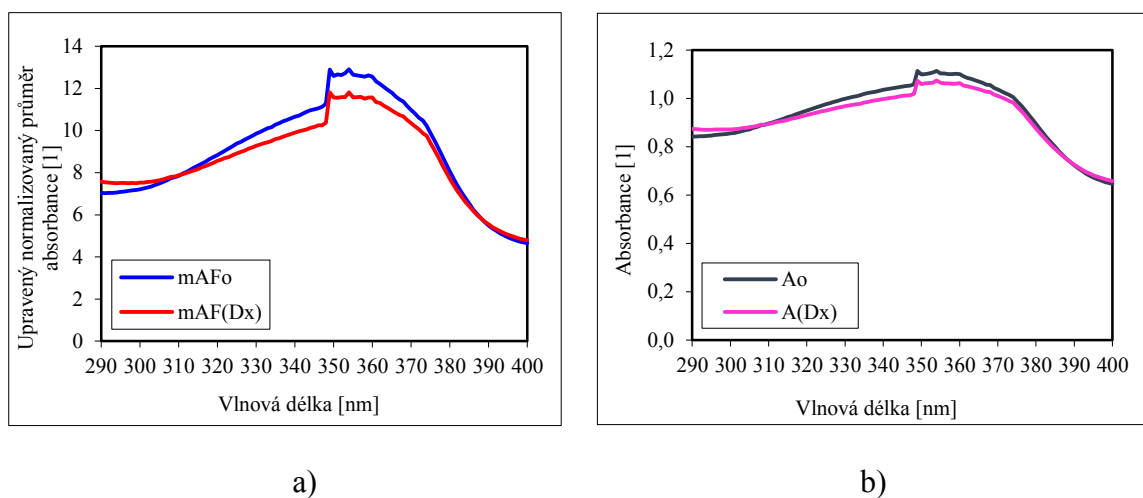


Obr. 12. Účinnost vzorku 1286 s SPF 5 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce

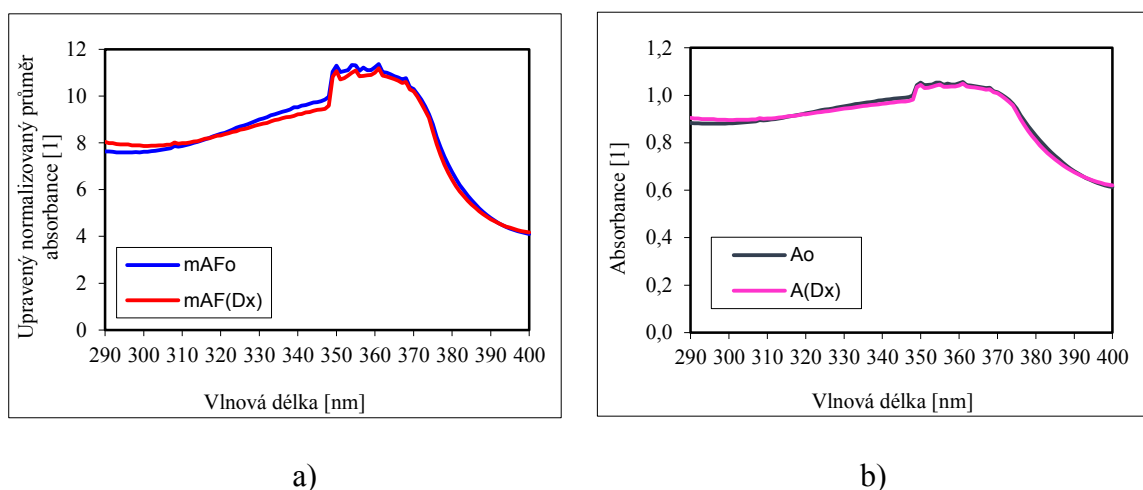
8.1.2 Přípravky s SPF 8

Vzorek 1273 (Obr. 13) z první sady obsahoval 6 % ZnO, oproti předešlému vzorku (1272) a 1 % pongamolu. Absorpční maximum v UVA oblasti měl při 349 nm před i po ozáření. Hodnoty absorbance klesaly při vlnové délce 355 nm. Po simulované radiaci se projevila fotonestabilita vzorku v UVB oblasti.

Vzorek 1287 s obsahem nano formy ZnO vykazoval podobný grafický průběh (viz Obr. 14) jako předešlý vzorek 1286. Absorpční maximum bylo v UVA oblasti při 361 nm před i po ozáření a zároveň od této hodnoty docházelo k poklesu hodnot absorbance.



Obr. 13. Účinnost vzorku 1273 s SPF 8 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce

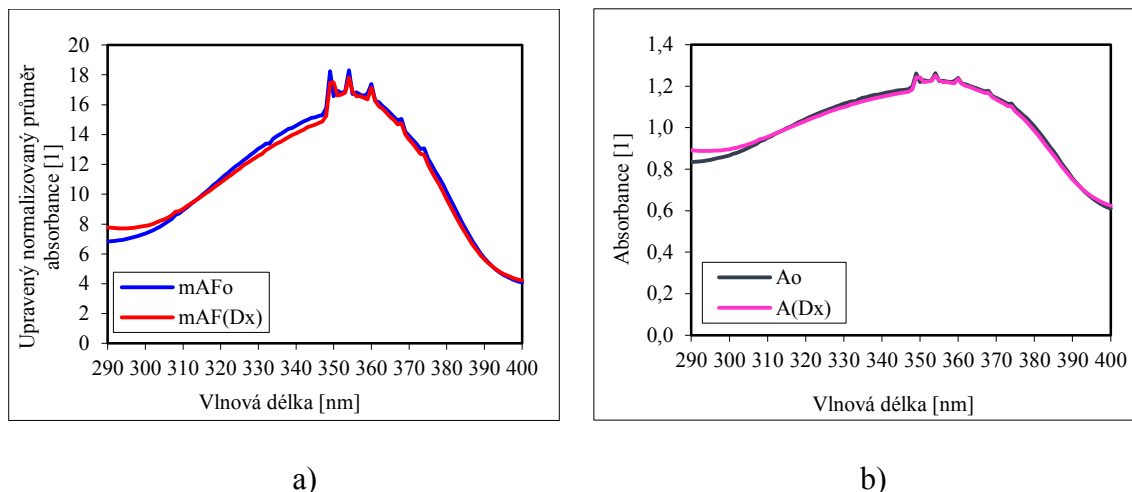


Obr. 14. Účinnost vzorku 1287 s SPF 8 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce

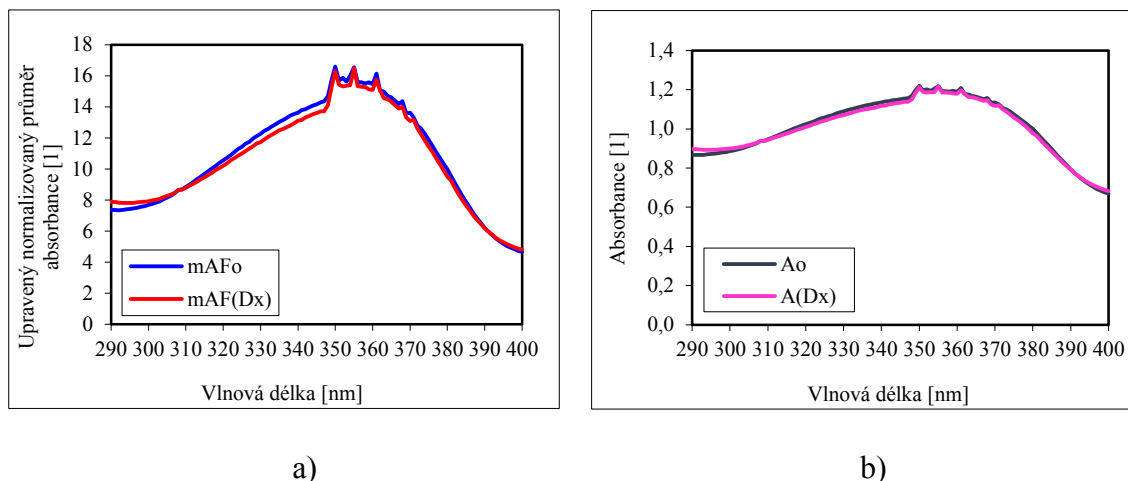
8.1.3 Přípravky s SPF 9

Do skupiny s odhadovaným SPF 9 patřily vzorky 1275 a 1289. Vzorky obsahovaly 2 % ZnO oproti předešlému vzorku 1273 a to pouhé 2 %, ale ve formulacích bylo vyšší procento pongamolu – 3 %, ale ani tato kvantitativní změna v poměru zvolených filtrů se neprojevila na zlepšení fotostability. Absorpční maximum u vzorku 1275 v UVA oblasti bylo při 349 nm a v UVB oblasti při 320 nm před i po ozáření. Schopnost pohlcovat paprsky výrazně klesla při 360 nm (Obr. 15).

Druhý vzorek 1289 (Obr. 16) měl absorpční maximum v UVB oblasti bylo při 320 nm a v UVA oblasti při 355 nm před i po ozáření. Hodnoty absorbance v UVA oblasti začaly klesat při 361 nm. Fotonestabilita se po ozáření projevila v UVB oblasti jako u předchozího vzorku 1287.



Obr. 15. Účinnost vzorku 1275 s SPF 9 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce

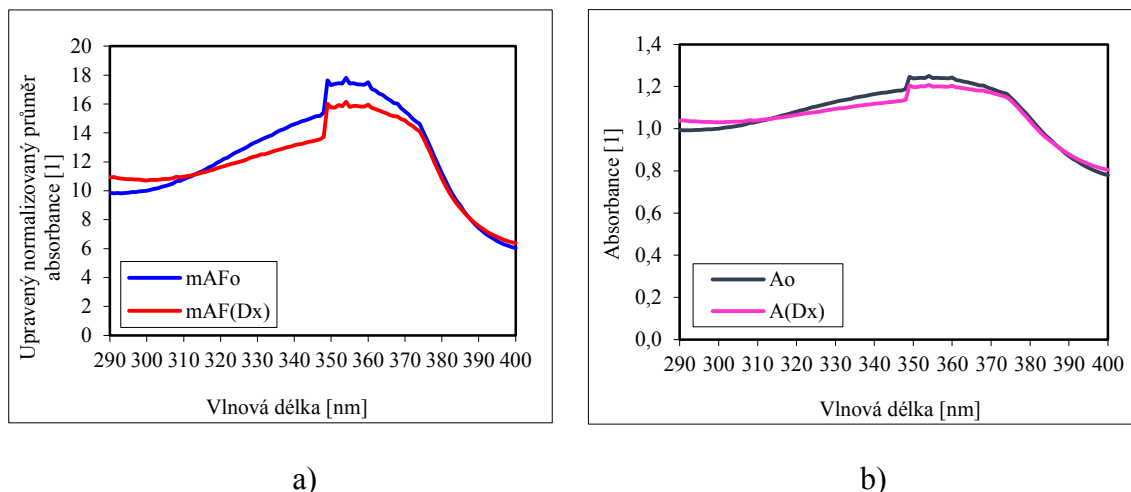


Obr. 16. Účinnost vzorku 1289 s SPF 9 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce

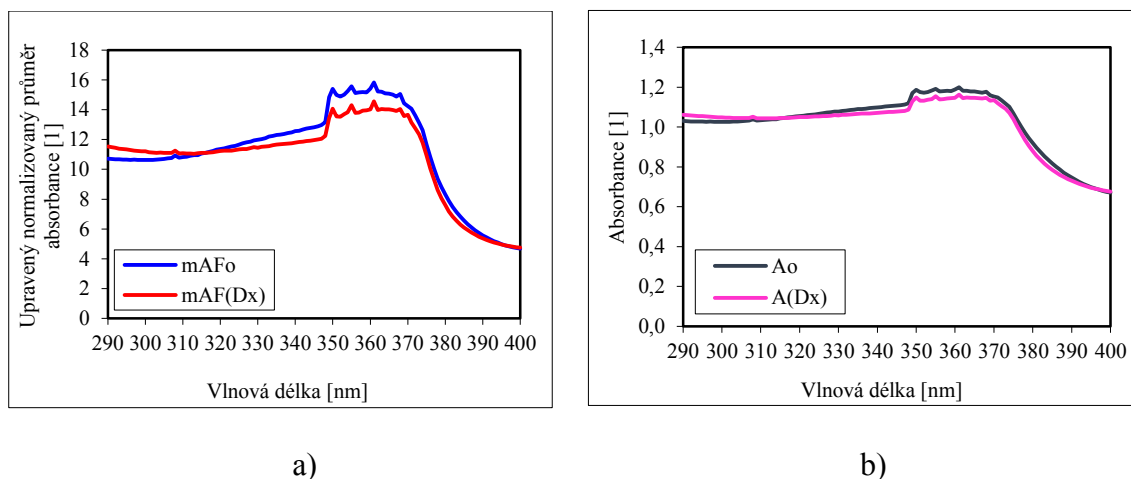
8.1.4 Přípravky s SPF 11

Vzorek 1274 a 1288 měl nejvyšší obsah ZnO (10 %) z výše uvedených vzorků a pouze 1 % pongamolu. Z Obr. 17 je znázorněna závislost mAF na vlnové délce a závislost absorbance na vlnové délce s absorpčním maximem v UVA oblasti při 354 nm před i po ozáření. Naměřené hodnoty SPF odpovídají spíše hodnotám SPF 10 než odhadovanému SPF 11, což může být způsobené rozkladem pongamolu. Hodnota kritické vlnové délky byla splněna.

Absorpční maximum u vzorku 1288 (Obr. 18) v UVA oblasti bylo při 361 nm před i po ozáření a od této hodnoty docházelo k prudkému klesání hodnot absorbance. Tento vzorek vykazuje stejně jako vzorek 1274 fotonestabilitu v UVB oblasti a hodnota kritické vlnové délky byla splněna.



Obr. 17. Účinnost vzorku 1274 s SPF 11 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce

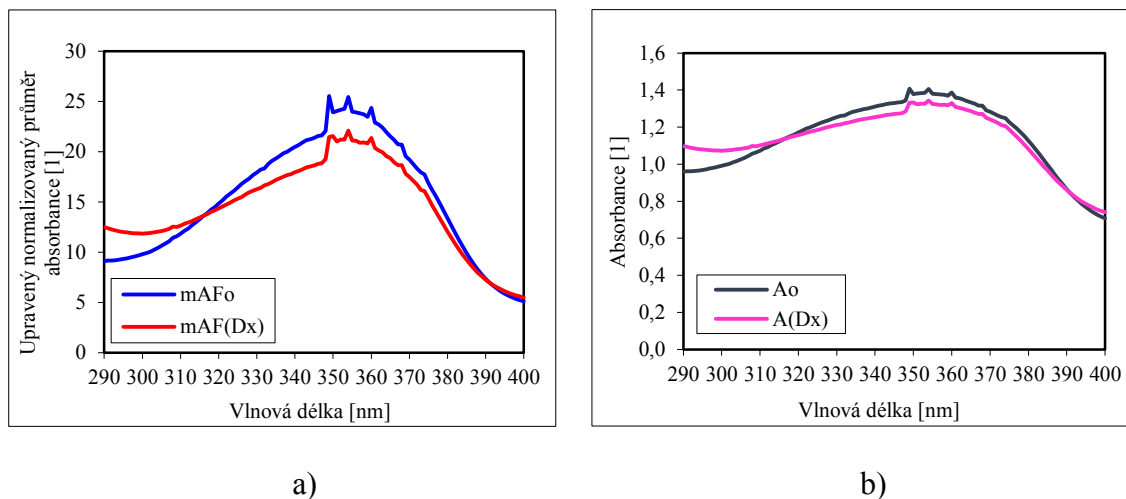


Obr. 18. Účinnost vzorku 1288 s SPF 11 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce

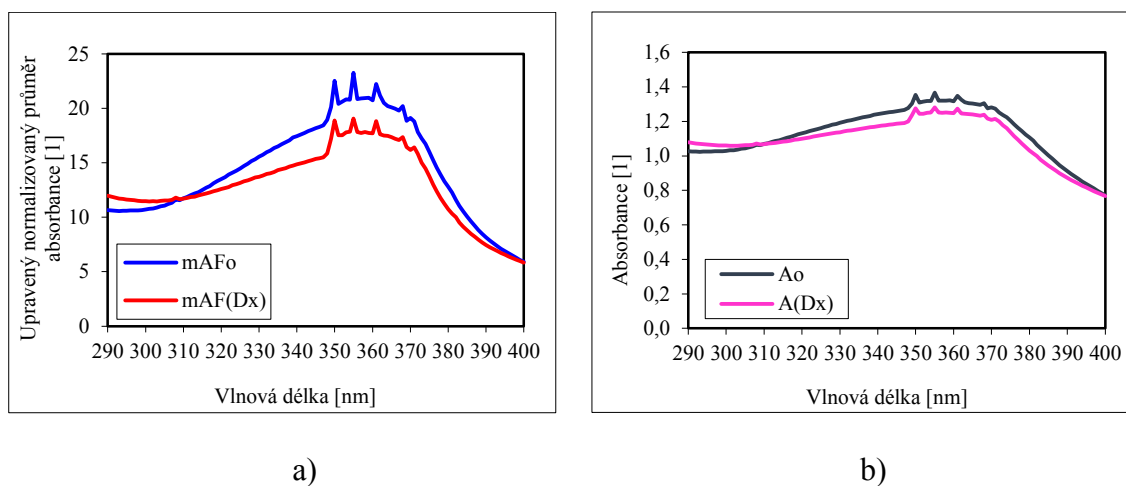
8.1.5 Přípravky s SPF 12

Vzorky 1276 a 1290 s odhadovaným SPF 12 obsahovaly stejné procentuální zastoupení pongamolu (3 %) a ZnO/nano formy ZnO (6 %).

Z Obr. 19 u vzorku 1276 je možné vidět absorpční maximum UVA oblasti při 354 nm před i po ozáření. Vzorek vykazoval fotonestabilitu především v UVB oblasti. Hodnoty absorbance začaly klesat v UVA oblasti při 360 nm. Vzorek 1290 dle Obr. 20. vykazoval podobný průběh jako vzorek 1276 a absorpčním maximem v UVA oblasti při 355 nm před i po ozáření. Hodnoty kritické vlnové délky byly splněny a hodnoty absorbance začaly klesat v UVA oblasti při 361 nm.



Obr. 19. Účinnost vzorku 1276 s SPF 12 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce



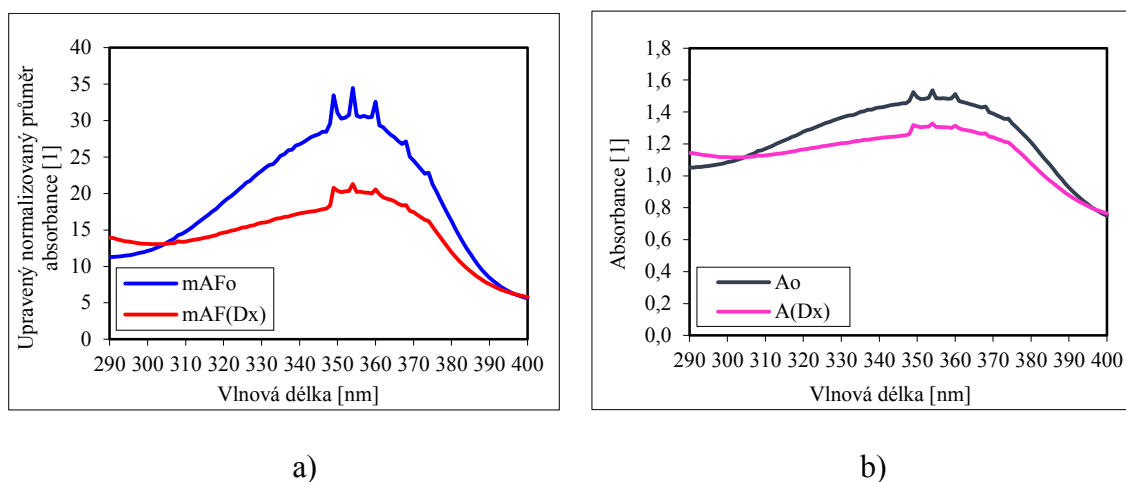
Obr. 20. Účinnost vzorku 1290 s SPF 12 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce

8.1.6 Přípravky s SPF 13

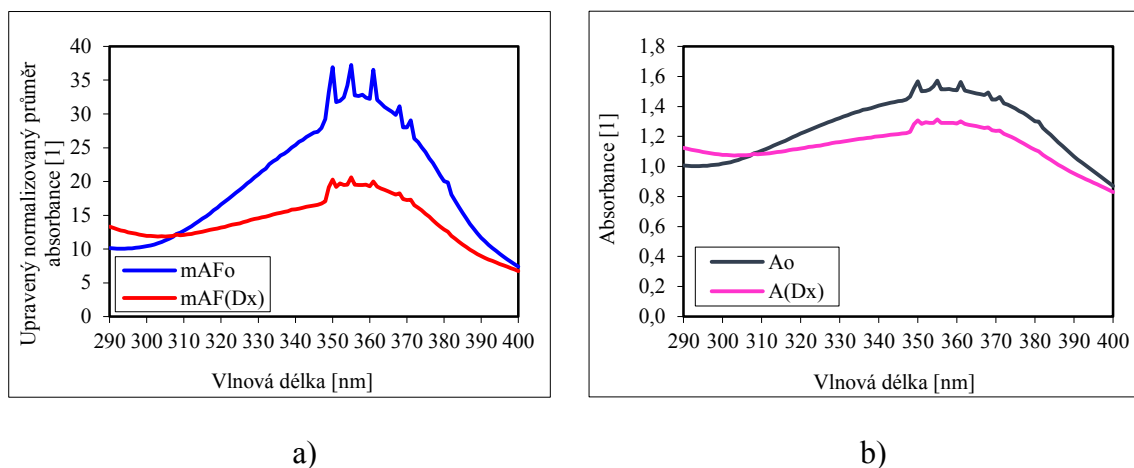
Vzorky 1278 a 1292 s odhadovaným SPF 13 obsahovaly stejný obsah pongamolu (5 %) a ZnO/nano formy ZnO (2 %).

U obou vzorků nebylo dosaženo očekávaného SPF 13. Naměřené SPF po ozáření bylo výrazně vyšší u obou vzorků díky vyššímu přídavku pongamolu, který zlepšuje ochranu proti UV záření. Absorpční maximum v UVA oblasti bylo pro vzorek 1278 (Obr. 21) při 354 nm a pro vzorek 1292 (Obr. 22) při 350 nm před i po ozáření. U vzorku 1278 klesaly hodnoty absorbance při 360 nm a u vzorku 1292 při 368 nm. Vzorky byly díky

naměřeným hodnotám UVA-PF spíše fotonestabilní zejména v UVB oblasti, ale splňovaly hodnoty kritické vlnové délky.



Obr. 21. Účinnost vzorku 1278 s SPF 13 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce



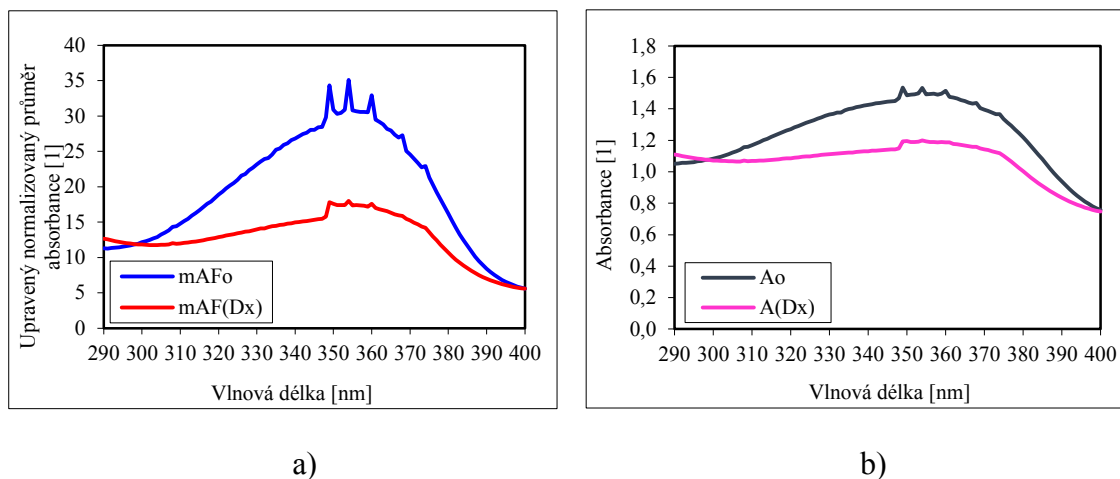
Obr. 22. Účinnost vzorku 1292 s SPF 13 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce

8.1.7 Přípravky s SPF 15

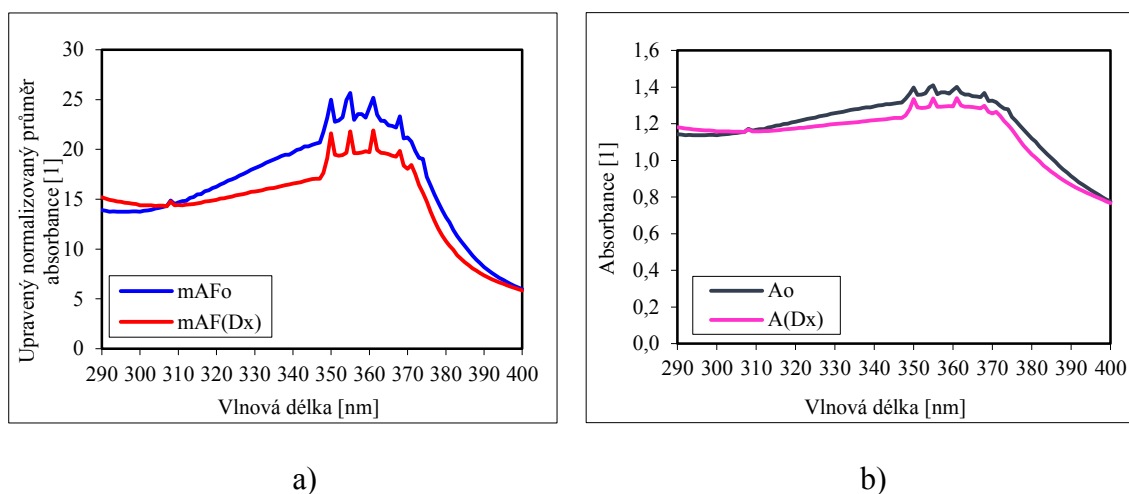
Stejný procentuální podíl pongamolu (3 %) a ZnO/nano formy ZnO (10 %) byl pro testované vzorky 1277 a 1291.

Vzorek 1277 (Obr. 23) nespĺňoval po ozáření očekávanou hodnotu SPF 15. Vypočítaný parametr spíše odpovídal SPF 12. Hodnoty kritické vlnové délky byly splněny. Absorpční maximum bylo v UVA oblasti při 354 nm a v UVB oblasti při 320 nm před a po ozáření. V UVB oblasti byla naměřena mírná fotonestabilita.

Vzorek 1291 dle Obr. 24. vykazoval fotonestabilitu v UVB oblasti. Jeho absorpční maximum v UVA oblasti bylo při 361 nm a v UVB oblasti při 320 nm před i po ozáření. Hodnoty absorpance začaly klesat při 370 nm a hodnoty kritické vlnové délky byly splněny.



Obr. 23. Účinnost vzorku 1277 s SPF 15 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorpance na vlnové délce, b) závislost absorpance na vlnové délce



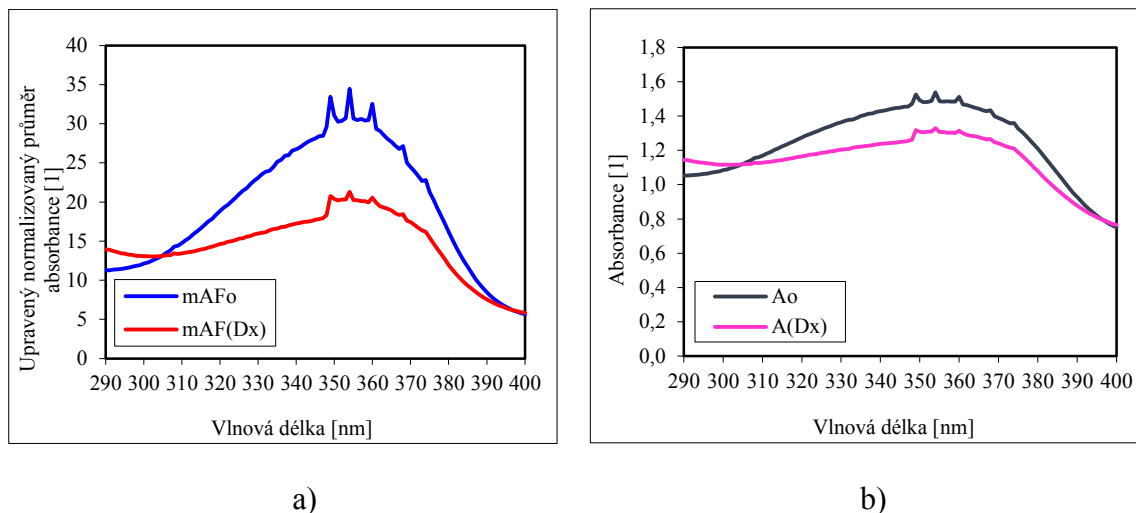
Obr. 24. Účinnost vzorku 1291 s SPF 15 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorpance na vlnové délce, b) závislost absorpance na vlnové délce

8.1.8 Přípravky s SPF 16

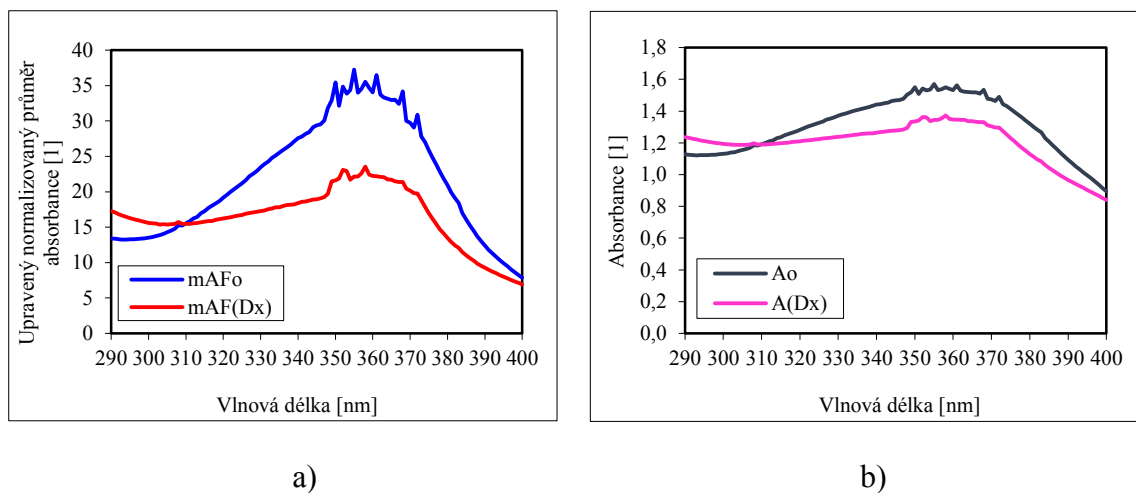
Vzorek 1279 z první sady a vzorek 1293 z druhé sady obsahovaly stejné procentuální množství pongamolu (5 %) a ZnO/nano formy ZnO (6 %).

Na Obr. 25 a 26 u prezentovaných vzorků je patrná obdobná protekční účinnost proti záření v celé UV oblasti jako u předešlých vzorků, trend křivek se výrazně neliší.

U vzorku 1293 s nano ZnO byla vypočítána vyšší hodnota SPF než u vzorku 1279. Oba vzorky měly naměřené SPF před ozářením odpovídající spíše SPF 14 místo požadovaného parametru SPF16.



Obr. 25. Účinnost vzorku 1279 s SPF 16 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce

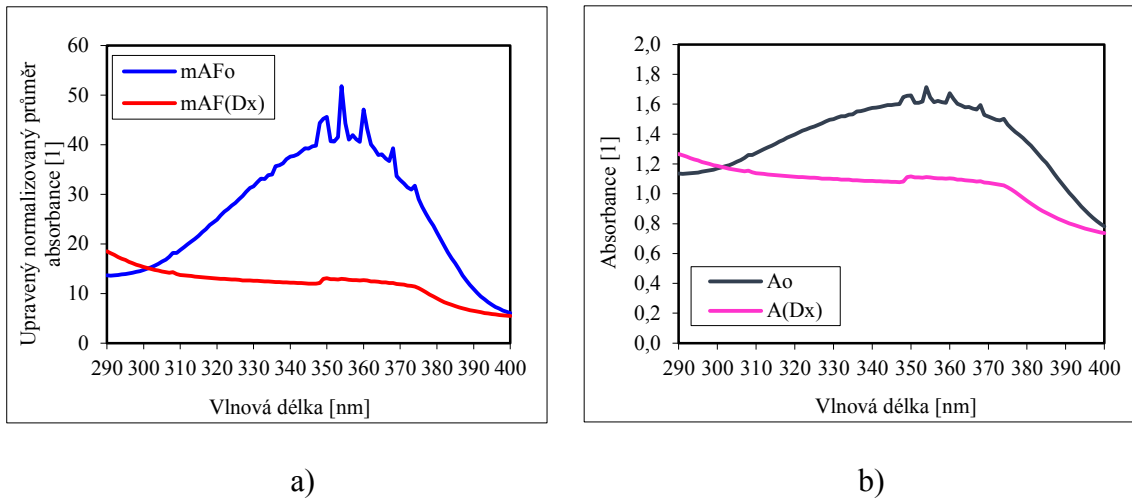


Obr. 26. Účinnost vzorku 1293 s SPF 16 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce

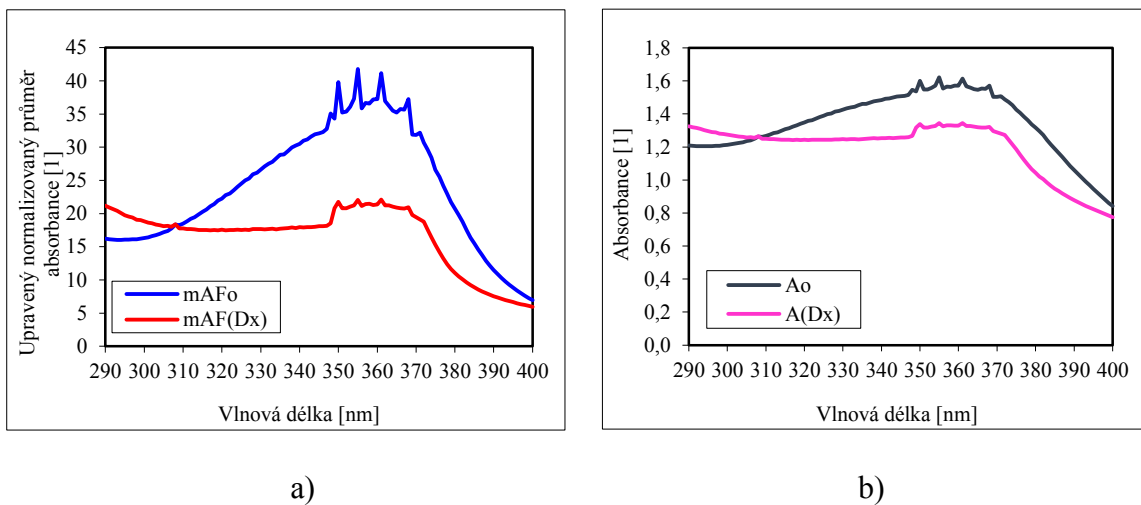
8.1.9 Přípravky s SPF 19

Mezi přípravky s odhadovaným SPF 19 patří vzorek 1280 z první sady a vzorek 1294 z druhé sady. Z recepturního hlediska obsahují rovněž oba vzorky stejné zastoupení pongamolu (5 %) a ZnO/nano formy ZnO (10 %). Získané výsledky jsou vyobrazeny pro vzorek 1280 na Obr. 27 a pro vzorek 1294 na Obr. 28. U obou vzorků je znázorněna

závislost mAF na vlnové délce a závislost absorbance na vlnové délce. Průběh obou závislostí je obdobný s předchozími případy. Kdy se zvyšujícími se UVA-PF hodnotami před a po ozáření dochází k degradaci některých složek obsažených v testovaných přípravcích.



Obr. 27. Účinnost vzorku 1280 s SPF 19 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce



Obr. 28. Účinnost vzorku 1294 s SPF 19 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce

8.2 Výsledky a diskuze senzorické analýzy testovaných přípravků

Při senzorické analýze byly provedeny pořadové zkoušky pro obě sady testovaných přípravků. Testované formulace byly hodnoceny v pořadí charakteristik barva, textura, roztíratelnost, vstřebatelnost a celková preference. K vyhodnocení a posouzení rozdílnosti byl využit Friedmanův test.

Díky Friedmanovu testu bylo zjištěno, že mezi jednotlivými testovanými vzorky v obou sadách přípravků je na 95% hladině významnosti statisticky významný rozdíl. Co se týče sady formulací s obsahem ZnO a pongamolem, byly zaznamenány statisticky významné rozdíly u vlastností – barva, roztíratelnost, vstřebatelnost, celková preference způsobené obsahem ZnO a pongamolu. Statisticky významný rozdíl v první sadě formulací nebyl zjištěn pouze u textury. V druhé sadě testovaných formulací, byly zjištěny statisticky významné rozdíly u všech hodnocených vlastností také díky přidavku UV filtrů – nano ZnO a pongamolu. Ve srovnání s publikací [71], kde byly zaznamenány u testovaných formulací statisticky významné rozdíly u všech vlastností – barva, konzistence, roztíratelnost, vstřebatelnost a celková preference, naše studie vychází velmi podobně až na první sadu testovaných formulací, kde byly zaznamenány statisticky významné rozdíly pouze u čtyř vlastností z pěti uvedených výše.

8.2.1 Pořadové zkoušky formulací s ZnO a pongamolem

V první hodnocené charakteristice barvě byly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi vzorky V1272 a V1274; V1273 a V1275; V1274 a V1275; V1274 a V1276; V1275 a V1277; V1272 a V1278; V1273 a V1278; V1274 a V1278; V1277 a V1278; V1274 a V1279; V1277 a V1279; V1275 a V1280; V1278 a V1280; V1279 a V1280. Tyto statisticky významné rozdíly byly nejspíše způsobeny přítomností různého obsahu použitých UV filtrů. Součet pořadí jednotlivých testovaných vzorků pro barvu je uveden v Tab. 9.

Tab. 9. Součet pořadí vzorků u pořadové zkoušky – barva

Vzorek	V1272	V1273	V1274	V1275	V1276	V1277	V1278	V1279	V1280
Součet pořadí	61	42	18	98	72	34	103	77	35

Statisticky významné rozdíly v roztíratelnosti byly nalezeny mezi vzorky V1272 a V1274; V1272 a V1276; V1272 a V1277; V1272 a V1279; V1272 a V1280 způsobené také přítomností použitých filtrů. Součet pořadí jednotlivých testovaných vzorků pro roztíratelnost je uveden v Tab. 10.

Tab. 10. Součet pořadí vzorků u pořadové zkoušky – roztíratelnost

Vzorek	V1272	V1273	V1274	V1275	V1276	V1277	V1278	V1279	V1280
Součet pořadí	98	66	41	72	56	45	67	50	45

Statisticky významné rozdíly u vstřebatelnosti byly nalezeny mezi vzorky V1272 a V1273; V1272 a V1274; V1274 a V1275; V1272 a V1277; V1274 a V1278; V1272 a V1280; V1278 a V1280. Rozdíly byly způsobeny přidavkem pongamolu a ZnO. Součet pořadí jednotlivých testovaných vzorků je uveden v Tab. 11.

Tab. 11. Součet pořadí vzorků u pořadové zkoušky – vstřebatelnost

Vzorek	V1272	V1273	V1274	V1275	V1276	V1277	V1278	V1279	V1280
Součet pořadí	97	50	34	77	64	41	82	58	37

Pořadové zkoušky uzavíralo seřazení jednotlivých testovaných vzorků dle celkové preference. Statisticky významné rozdíly byly pouze mezi vzorky V1272 a V1280. Součet pořadí jednotlivých testovaných vzorků je uveden v Tab. 12.

Tab. 12. Součet pořadí vzorků u pořadové zkoušky – preference

Vzorek	V1272	V1273	V1274	V1275	V1276	V1277	V1278	V1279	V1280
Součet pořadí	83	60	45	79	54	43	71	66	39

8.2.2 Pořadové zkoušky formulací s nano ZnO a pongamolem

U hodnocení barvy druhé sady přípravků byly statisticky významné rozdíly mezi vzorky V1287 a V1289; V1288 a V1289; V1286 a V1291; V1289 a V1291; V1290 a V1291; V1289 a V1292; V1291 a V1292; V1286 a V1293; V1286 a V1294 díky použitým UV filtrům. Součet pořadí jednotlivých testovaných vzorků pro barvu je uveden v Tab. 13.

Tab. 9. Součet pořadí vzorků u pořadové zkoušky – barva

Vzorek	V1272	V1273	V1274	V1275	V1276	V1277	V1278	V1279	V1280
Součet pořadí	88	56	60	108	73	20	65	36	34

Při hodnocení textury se zjistilo, že mezi testovanými vzorky byly statisticky významné rozdíly mezi vzorky V1286 a V1290; V1289 a V1290; V1286 a V1291; V1286 a V1292; V1289 a V1292; V1286 a V1293; V1289 a V1293; V1286 a V1294; V1289 a V1294 díky přidavku nano formy ZnO a pongamolu. Součet pořadí jednotlivých testovaných vzorků pro texturu je uveden v Tab. 14.

Tab. 14. Součet pořadí vzorků u pořadové zkoušky – textura

Vzorek	V1286	V1287	V1288	V1289	V1290	V1291	V1292	V1293	V1294
Součet pořadí	98	78	66	93	43	53	38	44	27

Statisticky významné rozdíly v roztíratelnosti byly zjištěny mezi vzorky V1286 a V1288; V1286 a V1290; V1286 a V1291; V1286 a V1292; V1286 a V1293; V1286 a V1294; V1289 a V1294 způsobené přítomností pongamolu a nano formy ZnO. Součet pořadí jednotlivých testovaných vzorků pro roztíratelnost je uveden v Tab. 15.

Tab. 15. Součet pořadí vzorků u pořadové zkoušky – roztíratelnost

Vzorek	V1286	V1287	V1288	V1289	V1290	V1291	V1292	V1293	V1294
Součet pořadí	105	71	60	81	50	44	52	46	33

Během hodnocení vstřebatelnosti byly statisticky významné rozdíly nalezeny mezi vzorky V1288 a V1289; V1286 a V1291; V1289 a V1291; V1289 a V1293; V1286 a V1291, V1289 a V1294 způsobené přidavkem nano formy ZnO a pongamolu. Součet pořadí jednotlivých testovaných vzorků pro vstřebatelnost je uveden v Tab. 16.

Tab. 16. Součet pořadí vzorků u pořadové zkoušky – vstřebatelnost

Vzorek	V1286	V1287	V1288	V1289	V1290	V1291	V1292	V1293	V1294
Součet pořadí	88	76	47	89	56	46	55	47	44

Posledním úkolem bylo seřazení jednotlivých testovaných vzorků dle celkové preference. Statisticky významné rozdíly byly mezi vzorky V1286 a V1291; V1286 a V1294; V1287 a V1294 díky obsahu nano formy ZnO a pongamolu. Součet pořadí jednotlivých testovaných vzorků pro celkovou preferenci je uveden v Tab. 17.

Tab. 17. Součet pořadí vzorků u pořadové zkoušky – preference

Vzorek	V1286	V1287	V1288	V1289	V1290	V1291	V1292	V1293	V1294
Součet pořadí	86	81	65	79	52	42	51	46	38

8.2.3 Párová porovnávací zkouška vybraných formulací

Po zhodnocení pořadových zkoušek byla provedena a vyhodnocena i párová porovnávací zkouška. Při hodnocení párové porovnávací zkoušky, byla sledována roztíratelnost, textura, vstřebatelnost a celková přednost. Pro hodnocení párové porovnávací zkoušky byly využity vzorky V1275 a V1289 s nižším obsahem ZnO/ nano ZnO (2 %) a vyšším obsahem pongamolu (3 %). Tyto vzorky byly vybrány z důvodu odlišné barvy, roztíratelnosti a textury vůči ostatním testovaným vzorkům. Na 95 % hladině významnosti nebyly žádné významné rozdíly ve vstřebatelnosti, textuře a přednosti mezi oběma výrobky. Statisticky významné rozdíly byly nalezeny pouze v roztíratelnosti mezi vzorky V1275 a V1289. Vzorek V1275 byl oproti vzorku V1289 zhodnocen jako lépe roztíratelný, vstřebatelný a hodnotitelé mu dávali větší přednost. Publikace [71] ve srovnání s touto studií obsahuje párovou porovnávací zkoušku tří párů vzorků, u kterých byly statisticky významné rozdíly nalezeny v roztíratelnosti a vstřebatelnosti. V této studii byla využita párová porovnávací zkouška pouze jednoho páru vzorků, což pravděpodobně vyjadřuje pouze jeden nalezený rozdíl, a to v roztíratelnosti.

ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá účinností kosmetických přípravků proti UV záření formulovaných na přírodní bázi. Testované emulze V/O obsahovaly pongamol a ZnO. Cílem teoretické části této práce bylo vypracování literární rešerše zaměřené na charakteristiku UV záření a jeho vliv na kůži. Detailně byly popsány filtry, jejich rozčlenění, výhody a nevýhody.

Praktická část se zabývala stanovením SPF a UVA-PF formulovaných přípravků s obsahem UV filtrů – pongamolu a ZnO/nano ZnO. Cílem bylo určit rozdíly před a po expozici UV záření pomocí metody *in vitro* za použití substrátu SB6. Hodnoceny byly celkem dvě sady formulací po devíti vzorcích. Z naměřených výsledků bylo zjištěno, že ani jeden testovaný přípravek nesplnil při různých kombinacích koncentrace použitých UV filtrů očekávaný ochranný efekt. Dle výsledků formulace neměly schopnost pohlcovat UV paprsky v celé spektrální šíři tohoto záření. Při nízkých koncentracích použitých UV filtrů byl zjištěn velmi nízký efekt ochrany a formulace nebyly fotostabilní.

Součástí praktické části byla také senzorická analýza jednotlivých vzorků provedená pomocí pořadových testů a párové porovnávací zkoušky. U pořadových testů byly zjištěny statisticky významné rozdíly ve vlastnostech – barva, textura, roztíratelnost, vstřebatelnost, celková preference. Párová porovnávací zkouška prokázala, že na 95 % hladině významnosti byly nalezeny statisticky významné rozdíly v roztíratelnosti mezi dvěma testovanými vzorky navržených formulací. Zjištěné rozdíly byly dány použitými UV filtry, především rozdílnou formou ZnO.

Formulované přípravky proti slunění s přírodním a fyzikálním UV filtrem nedisponovaly takovou účinností jako přípravky proti slunění s obsahem chemických UV filtrů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 3*. Vyd. 2. Praha: Grada, 2004, 520–540 s. ISBN 978-80-247-0143-1.
- [2] TROJAN, Stanislav. *Zdravověda pro obor Kosmetička*. Praha: Informatorium, 2001, 9–21 s. ISBN 80-860-7374-2.
- [3] RAJNOCHOVÁ SVOBODOVÁ, Alena. *Poškození kůže působením slunečního záření, možnosti ochrany a prevence*. Vyd. 1. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012. ISBN 978-80-244-3183-3.
- [4] JIRÁSKOVÁ, Milena. *Dermatovenerologie pro stomatology: učebnice pro lékařské fakulty*. 1. vyd. Brno: Professional Publishing, 2001, 268 s. ISBN 80-864-1907-X.
- [5] ROSSER, Mo. *Body therapy and Facial work*. 1. London: Hodder & Stoughton Educational, 2005, 156–157 s. ISBN 0-340-74232-1.
- [6] ETTLER, Karel. *Fotoprotekce kůže: ochrana kůže před účinky ultrafialového záření*. Vyd. 1. Praha: Triton, 2004, 133 s. ISBN 80-725-4463-2.
- [7] MORABITO, K. et al. Review of sunscreen and the emergence of non-conventional absorbers and their applications in ultraviolet protection. *International Journal of Cosmetic Science* [online]. 2011, 33(5), s. 385–390 [cit. 2017-03-14]. Online ISSN 01425463. DOI: 10.1111/j.1468-2494.2011.00654.x. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1468-2494.2011.00654.x>
- [8] *How does sunscreen work?* Physics.org [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <http://www.physics.org/article-questions.asp?id=46>
- [9] HOJEROVÁ, Jana. et al. 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), s. 27–38 [cit. 2017-03-25]. Online ISSN 03785173. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2011.01.040. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378517311000718>

- [10] UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ. *UV filtry v kosmetice* [online]. Původce: Iva Hauerlandová. Zlín, 2016 [cit. 2017-03-14]. Dostupné z: <http://kosmetika.ft.utb.cz/EntityDisplayTab.aspx?id=19>
- [11] 2006/647/ES. *Doporučení komise: o účinnosti prostředků na ochranu proti slunečnímu záření a o uváděných tvrzeních, která s nimi souvisí*. Brusel, 2006.
- [12] 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.
- [13] JIRÁSKOVÁ, Milena. Jak chránit kůži proti působení UV záření? *Časopis světlo* [online]. Praha [cit. 2017-03-25]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/jak-chranit-kuzi-proti-pusobeni-zareni--16852>
- [14] VANWEELDEN, Huib. Natural sunprotection in human skin. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology* [online]. 1998, 90, s. 11 [cit. 2017-03-25]. Online ISSN 09269959. DOI: 10.1016/S0926-9959(98)94879-6. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0926995998948796>
- [15] *Global solar UV index: a practical guide* [online]. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2002 [cit. 2017-3-28]. ISBN 9241590076. Dostupné z: <http://www.who.int/iris/handle/10665/42459>
- [16] UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ. *Analýza tuků a kosmetických přípravků* [online]. Zlín [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <http://kosmetika.ft.utb.cz/Services/Downloader.ashx?id=387&disposition=inline>
- [17] GOLDBERG, David J. *Photodamaged skin*. New York: Marcel Dekker, c2004, 208 s. ISBN 978-082-4756-772.
- [18] RIGEL, Darrell, R. A. Weiss, et al. *Photoaging*. New York: Marcel Dekker, c2004. ISBN 08-247-5450-6.

- [19] GUIDELINES/OUTCOMES COMMITTEE a TASK FORCE. Guidelines of care for photoaging/photodamage. *Journal of the American Academy of Dermatology* [online]. 1996, 35(3), s. 462–464 [cit. 2017-04-5]. Online ISSN 01909622. DOI: 10.1016/S0190-9622(96)90626-X. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S019096229690626X>
- [20] CLARK, Hulda Regehr. *The cure for all diseases: with many case histories*. San Diego, CA: ProMotion Pub., c1995, 188–192 s. ISBN 18-873-1402-4.
- [21] ETTLER, Karel. Tanorexie a solária. *Dermatologie pro praxi* [online]. 2010, 4, s. 86-89 [cit. 2017-04-5]. Dostupné z: <https://www.dermatologiepropraxi.cz/pdfs/der/2010/02/05.pdf>
- [22] HERCOGOVÁ, Jana. Stárnutí kůže lze zpomalit. *Scéna medicíny*. 2006, 2(15), s. 26.
- [23] MICHALÍKOVÁ, H. UV záření a kůže. *Praktický lékař* 2005, 85, s. 8–9.
- [24] ŠTORK, Jiří. *Dermatovenerologie*. 2. vyd. Praha: Galén, c2013, 502 s. ISBN 978-80-7262-898-8
- [25] MALINA, Rudolf. *Fotodermatózy*. Praha: Maxdorf. c1999, 205 s. ISBN 80-859-1221-2
- [26] ABRAHAMS, Peter. *120 Diseases: The essential guide to more than 120 medical conditions, syndromes and diseases*. London: Amber Books, 2009, 256 s. ISBN 978-1-906626-38-9.
- [27] JIRÁSKOVÁ, Milena. Lidský organismus a záření. *Světlo* [online]. 2007, 4, s. 38–40 [cit. 2017-04-6]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/lidsky-organismus-a-zareni--16041>
- [28] KRAJSOVÁ, Ivana. Fotoprotekce u dětí. *Pediatr* [online]. 2012, 13(3), s. 204–205 [cit. 2017-04-1]. Dostupné z: <http://www.pediatriepropraxi.cz>
- [29] RAI, Reena. et al. Photoprotection. *Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology* 2007, 73, s. 73–79.

- [30] SACHDEVA, Sionie. Fitzpatrick skin typing: Applications in dermatology. *Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology* [online]. 2009, 75(1): s. 93 [cit. 2017-12-04]. Online ISSN 03786323. DOI: 10.4103/0378-6323.45238. Dostupné z: <http://www.ijdvl.com/text.asp?2009/75/1/93/4523>
- [31] LAUTENSCHLAGER, Stephan. et al. *Photoprotection*. *Lancet* [online]. 2007, (370), s. 528–537 [cit. 2017-04-13]. Online ISBN 10.1016/S0140-6736(07)60638-2. DOI: 10.1016/S0140-6736(07)60638-2. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673607606382>
- [32] ETTLER, Karel. Prostředky k ochraně kůže před UV zářením. *Praktické lékařství* [online]. 2009, 5(3), s. 135-138 [cit. 2017-04-13]. Dostupné z: <http://www.praktickelekarenstvi.cz/pdfs/lek/2009/03/07.pdf>
- [33] GIESS, P. Photoprotection by clothing. *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine*. 2007, 23, s. 264.
- [34] FETŘEKOVÁ, Vlasta. *Kosmetika v teorii a v praxi*. Vyd. 3. Praha: Maxdorf, 2000, 336 s. ISBN 80-859-1219-8.
- [35] BARTÁK, Pavel. et al. Sluneční stárnutí. *Časopis lékařů českých*. 2003, 142, 1, s. 48.
- [36] FETŘEKOVÁ, Vlasta. *Péče o tělo, aneb, kosmetika bez pověr a iluzí*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2007, 154 s. ISBN 80-859-1219-8.
- [37] *European Commission: Be sunsmart this summer* [online]. Brusel, 2009 [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: http://ec.europa.eu/consumers/archive/citizen/my_holidays/sunscreens_en.htm
- [38] CESTARI, Tania. Et al. Photoprotection in specific populations: Children and people of color. *Journal of the American Academy of Dermatology* [online]. 2017, 76(3), s. 110–121 [cit. 2017-04-16]. Online ISSN 01909622. DOI: 10.1016/j.jaad.2016.09.039. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0190962216308817>

- [39] SVOBODOVÁ, Alena. et al. Natural phenolics in the prevention of UV-induced skin damage. *Biomedical Papers of the Medical Faculty of the University Palacky*. Olomouc Czech Repub. 2003, 147, s. 45–137.
- [40] 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: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:342:0059:0209:cs:PDF>
- [41] *European Commission: Be sun-smart this summer* [online]. Brusel, 2009 [cit. 2016-04-016]. Dostupné z: http://ec.europa.eu/consumers/archive/citizen/my_holidays/sunscreens_en.htm
- [42] WANG SQ, Balagula Y. et al. Photoprotection. *Dermatitther*. 2010; 23; s. 31–47.
- [43] COUTEAU, C. et al. Effect of the product type, of the amount of applied sunscreen product and the level of protection in the UVB range on the level of protection achieved in the UVA range. *International Journal of Pharmaceutics* [online]. 2016, 500(1–2), s. 210–216 [cit. 2017-04-18]. Online ISSN 03785173. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2016.01.041. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378517316300412>
- [44] MILETÍN, Miroslav. Prostředky na ochranu pokožky proti škodlivým vlivům UV záření. *Praktické lékařství* [online]. 2007, 7, s. 34–38 [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: <http://www.praktickelekarenstvi.cz>
- [45] JIRÁSKOVÁ, M. Problematika slunečních filtrů z pohledu dermatologie. *Remedia*. 2000, 12, s. 33–37.
- [46] WU, Ming-hong. et al. Benzophenone-type UV filters in surface waters: An assessment of profiles and ecological risks in Shanghai, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety* [online]. 2017, 141, s. 235–241 [cit. 2017-04-18]. Online ISSN 01476513. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2017.03.013. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S014765131730146X>

- [47] HOJEROVÁ, Jarmila. et al. Margin of safety for two UV filters estimated by in vitro permeation studies mimicking consumer habits: Effects of skin shaving and sunscreen reapplication. *Food and Chemical Toxicology* [online]. 2017, 103, s. 66–78 [cit. 2017-04-18]. Online ISSN 02786915. DOI: 10.1016/j.fct.2017.02.013. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0278691517300601>
- [48] L'ALLORET, Florence. et al. New Combination of Ultraviolet Absorbers in an Oily Emollient Increases Sunscreen Efficacy and Photostability. *Dermatology and Therapy* [online]. 2012, 2(1), s. 1–10 [cit. 2017-04-18]. Online ISSN 2193-8210. DOI: 10.1007/s13555-012-0004-8. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s13555-012-0004-8>
- [49] KLIMOVÁ, Zuzana. et al. Skin absorption and human exposure estimation of three widely discussed UV filters in sunscreens – In vitro study mimicking real-life consumer habits. *Food and Chemical Toxicology* [online]. 2015, 83, s. 237–250 [cit. 2017-04-19]. Online ISSN 02786915. DOI: 10.1016/j.fct.2015.06.025. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0278691515300028>
- [50] LIM, Henry. et al. *Clinical guide to sunscreens and photo-protection*. Basic and clinical dermatology. New York: Informa Healthcare, c2009., 43 s. ISBN 14-200-8084-9.
- [51] BAKI, Gabriella. et al. *Introduction to cosmetic formulation and technology*. London: John Wiley & Sons. 2015, 273–314 s. ISBN 978-111-8763-780.
- [52] HAŠEK, Jan. Využití oxidu titaničitého v magistraliter receptuře. *Praktické lékařství* [online]. 2014, 10 (3), s. 109–111 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://www.praktickelekarenstvi.cz/pdfs/lek/2014/03/08.pdf>
- [53] WOLF, Ronni. et al. Sunscreens. *Clinics in Dermatology*. 2001, 19, s. 452-459.
- [54] BAREL, André O. et al. *Handbook of cosmetic science and technology*. 3rd ed. New York: Informa Healthcare, c2009. ISBN 14-200-6963-2

- [55] Elementis specialties. Propagační materiál. *Nano-sized zinc oxide for sunscreens*. Belgium, 2001.
- [56] Givaudan. Propagační materiál. *Pongamia extract & Karanja oil: Plant actives for natural UV & antioxidant protection* [online]. 2012. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://www.givaudan.com/cosmetic-actives>
- [57] *Sun Protection Guideline: In vitro sun protection evaluation* [online]. HELIOSCREEN. s. 1–12 [cit. 2017-03-16]. Dostupné z: <http://www.en.helioscreen.fr>
- [58] BINKS, Bernard P. et al. How the sun protection factor (SPF) of sunscreen films change during solar irradiation. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry* [online]. 2017, 333, s. 186–199 [cit. 2017-04-21]. Online ISSN 10106030. DOI: 10.1016/j.jphotochem.2016.10.027. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1010603016307468>
- [59] BENDO VÁ, Hana a Marie RÁDKOVÁ. STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV. *Výsledky stanovení SPF a UVA-PF*. Praha, s. 201.
- [60] FROSCHE, Peter J. a Albert M. Kligman. *Noninvasive methods for the quantification of skin functions: an update on methodology and clinical applications*. New York: Springer-Verlag, c1993, 319 s. ISBN 03-875-6582-5.
- [61] MOYAL, David. et al. *The revised COLIPA in vitro UVA method* [online]. 2013, 35, s. 35–40 [cit. 2017-04-20]. Online ISBN 10.1111/j.1468-2494.2012.00748.x. DOI: 10.1111/j.1468-2494.2012.00748.x. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1468-2494.2012.00748.x>
- [62] SOHN, Myriam. et al. Calculation of the sun protection factor of sunscreens with different vehicles using measured film thickness distribution — Comparison with the SPF in vitro. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* [online]. 2016, 159, s. 74–81 [cit. 2017-04-20]. Online ISSN 10111344. DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2016.02.038.

- Dostupné z:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1011134415300622>
- [63] OLIVEIRA, Diogo Noin de. et al. In vitro evaluation of Sun Protection Factor and stability of commercial sunscreens using mass spectrometry. *Journal of Chromatography B* [online]. 2015, 988, s. 13–19 [cit. 2017-04-20]. Online ISSN 15700232. DOI: 10.1016/j.jchromb.2015.02.018. Dostupné z:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1570023215001105>
- [64] MCCORMICK, P. et al. In vitro testing of zinc oxide sunscreens. *International Journal of Cosmetic Science* [online]. 2012, 34(4), s. 291–297 [cit. 2017-04-20]. Online ISSN 01425463. DOI: 10.1111/j.1468-2494.2012.00717.x. Dostupné z:
<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1468-2494.2012.00717.x>
- [65] ALMEIDA, Andreia. et al. Insights on in vitro models for safety and toxicity assessment of cosmetic ingredients. *International Journal of Pharmaceutics* [online]. 2017, 519(1–2), s. 178–185 [cit. 2017-04-21]. Online ISSN 03785173. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2017.01.024. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378517317300236>
- [66] The European Commission Recommendation on the Efficacy of Sunscreen Products. *Cosmetic Europe* [online]. [cit. 2017-04-020]. Dostupné z: <https://www.cosmeticseurope.eu/component/content/article/77.html>
- [67] 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.
- [68] COLIPA, The European Cosmetic, toiletry and Perfumery Association. *Method for the in vitro determination of UVA protection provided by sunscreen products*. Brusel. 2007, s. 10.
- [69] ČSN ISO 6658. *Senzorická analýza – Metodologie – Všeobecné pokyny*. Praha: Český normalizační institut, 2009. s. 24. Třídící znak 560050.

- [70] MADHAVARAO, Buddepu. et al. Determination of In -Vitro Sunscreen Activity of Pongamia Pinnata (L.) Essential Oil. *Drug Invention Today* [online]. India, 2011, 3(8), s. 197-199 [cit. 2017-05-10]. Online ISSN 0975-7619. Dostupné z: www.ditonline.info
- [71] ZÁPECOVÁ, Denisa. *Ověřování kosmetického potenciálu Pongamia pinnata*. Zlín, 2016. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Jana Pavlačková Ph.D.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

COLIPA	Evropské sdružení výrobců kosmetiky, parfumerie a toaletních potřeb
DNA	Deoxyribonukleová kyselina
DU	Dobsonovy jednotky
EP	Evropský parlament
INCI	Mezinárodní názvosloví kosmetických ingrediencí
IR	Infračervené
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
KP	Kosmetický přípravek
MED	Minimální erytémová dávka
NANOX	Nano forma oxidu zinečnatého
PABA	Kyselina 4-aminobenzoová
PMMA	Polymethylmethakrylát
RNA	Ribonukleová kyselina
RNS	Reaktivní dusíkaté sloučeniny
ROS	Reaktivní kyslíkaté sloučeniny
SB6	Lisovaná deska s pískovaným povrchem
SOD	Superoxidativní dismutázy
SPF	Ochranný sluneční faktor
UPF	Ochranný faktor ultrafialového záření
USA	Spojené státy americké
UV	Ultrafialové
UVA	Dlouhovlnné ultrafialové záření
UVB	Středněvlnné ultrafialové záření
UVC	Krátkovlnné ultrafialové záření

VIS Viditelné

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Struktura kůže [2].....</i>	13
<i>Obr. 2. Elektromagnetické spektrum UV, VIS, IR oblasti [8]</i>	17
<i>Obr. 3. Průnik slunečního záření do lidské kůže [13]</i>	18
<i>Obr. 4. Kůže obličeje 25leté ženy a) poškození kůže sluncem není na běžném osvětlení spatřitelné, b) photoaging zvýrazněný po použití UV záření [5]</i>	30
<i>Obr. 5. Varovné obrázkové piktogramy vyskytující se na sunscreenech a) vyvarujte se slunečnímu záření v době poledne, b) nevystavujte malé děti a kojence přímému slunci, c) chráňte se oděvem, kloboukem či brýlemi, d) aplikujte sunscreen v dostatečném množství [41]</i>	38
<i>Obr. 6. Piktogram poskytující ochranu proti UVA i UVB [41]</i>	39
<i>Obr. 7. Vlastnost fyzikálních a chemických filtrů</i>	40
<i>Obr. 8. Proces získání extraktu pongamolu [56].....</i>	45
<i>Obr. 9. Spektrofotometr UV-VIS Cary 100.....</i>	53
<i>Obr. 10. SUNTEST CPS+.....</i>	53
<i>Obr. 11. Účinnost vzorku 1272 s SPF 5 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce.....</i>	65
<i>Obr. 12. Účinnost vzorku 1286 s SPF 5 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce.....</i>	65
<i>Obr. 13. Účinnost vzorku 1273 s SPF 8 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce.....</i>	66
<i>Obr. 14. Účinnost vzorku 1287 s SPF 8 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce.....</i>	66
<i>Obr. 15. Účinnost vzorku 1275 s SPF 9 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce.....</i>	67
<i>Obr. 16. Účinnost vzorku 1289 s SPF 9 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce.....</i>	68

<i>Obr. 17. Účinnost vzorku 1274 s SPF 11 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce</i>	<i>69</i>
<i>Obr. 18. Účinnost vzorku 1288 s SPF 11 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce</i>	<i>69</i>
<i>Obr. 19. Účinnost vzorku 1276 s SPF 12 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce</i>	<i>70</i>
<i>Obr. 20. Účinnost vzorku 1290 s SPF 12 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce</i>	<i>70</i>
<i>Obr. 21. Účinnost vzorku 1278 s SPF 13 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce</i>	<i>71</i>
<i>Obr. 22. Účinnost vzorku 1292 s SPF 13 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce</i>	<i>71</i>
<i>Obr. 23. Účinnost vzorku 1277 s SPF 15 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce</i>	<i>72</i>
<i>Obr. 24. Účinnost vzorku 1291 s SPF 15 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce</i>	<i>72</i>
<i>Obr. 25. Účinnost vzorku 1279 s SPF 16 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce</i>	<i>73</i>
<i>Obr. 26. Účinnost vzorku 1293 s SPF 16 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce</i>	<i>73</i>
<i>Obr. 27. Účinnost vzorku 1280 s SPF 19 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce</i>	<i>74</i>

Obr. 28. Účinnost vzorku 1294 s SPF 19 a) závislost upraveného normalizovaného průměru absorbance na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce 74

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Reaktivní formy kyslíku a dusíku, které vznikají v kůži [3]</i>	20
<i>Tab. 2. Kritérium dle ABCDE pro zhodnocení melanomu [24]</i>	32
<i>Tab. 3. Rozdělení textilií dle normy AS/NZS 4399 [38]</i>	37
<i>Tab. 4. Označení ochrany přípravků na etiketách [3]</i>	47
<i>Tab. 5. Odhadované hodnoty SPF testovaných formulací</i>	54
<i>Tab. 6. Použité ingredience v testovaných formulacích dle INCI</i>	55
<i>Tab. 7. Doby ozáření v solárním simulátoru</i>	57
<i>Tab. 8a. Vypočítané parametry testovaných přípravků</i>	63
<i>Tab. 8b Vypočítané parametry testovaných přípravků</i>	64
<i>Tab. 9. Součet pořadí vzorků u pořadové zkoušky – barva</i>	75
<i>Tab. 10. Součet pořadí vzorků u pořadové zkoušky – roztíratelnost</i>	76
<i>Tab. 11. Součet pořadí vzorků u pořadové zkoušky – vstřebatelnost</i>	76
<i>Tab. 12. Součet pořadí vzorků u pořadové zkoušky – preference</i>	76
<i>Tab. 13. Součet pořadí vzorků u pořadové zkoušky – barva</i>	77
<i>Tab. 14. Součet pořadí vzorků u pořadové zkoušky – textura</i>	77
<i>Tab. 15. Součet pořadí vzorků u pořadové zkoušky – roztíratelnost</i>	77
<i>Tab. 16. Součet pořadí vzorků u pořadové zkoušky – vstřebatelnost</i>	77
<i>Tab. 17. Součet pořadí vzorků u pořadové zkoušky – preference</i>	78

SEZNAM PŘÍLOH

P I: Hodnoty UV-indexu a doporučení

P II: Dělení stupňů popálenin a jejich charakteristika

P III: Dělení kožních fototypů dle Fitzpatricka

P IV: Příklady látek způsobujících fototoxické reakce

P V a: Seznam povolených UV filtrů v EU

P V b: Seznam povolených UV filtrů v EU

P VI: Senzorický dotazník

PI: HODNOTY UV INDEXU A DOPORUČENÍ

HODNOTA UV INDEXU	HODNOCENÍ EXPOZICE	DOPORUČENÍ	DOBA PŘED SPÁLENÍM
0–2	Nízká	Sluneční ochrana není vyžadována. Pobyt venku není omezený, doporučují se sluneční brýle.	1 hodina
3–5	Střední	Ochrana je vyžadována. Doporučují se ochranné přípravky s SPF 15+, sluneční brýle, pokrývky hlavy.	40 minut
6–7	Vysoká	Ochrana je vyžadována. Doporučují se ochranné přípravky s SPF 30+, sluneční brýle, pokrývky hlavy, trička a v poledních hodinách je vhodné vyhledávat stín.	30 minut
8–10	Velmi vysoká	Ochrana je vyžadována. Doporučují se ochranné přípravky s SPF 30+, sluneční brýle, pokrývky hlavy, trička a v poledních hodinách je vhodné vyhledávat stín.	20 minut
11+	Extremně vysoká	Ochrana je extrémně vyžadována. Doporučuje se nechodit v poledních hodinách na slunce. Žádoucí je i použití pokrývky hlavy, trička, ochranného přípravku s SPF 30+.	Méně než 15 minut

P II: DĚLENÍ STUPŇŮ POPÁLENIN A JEJICH CHARAKTERISTIKA

DĚLENÍ STUPŇŮ	CHARAKTERISTIKA
I. stupeň	Kůže je bez otoků, ale je zarudlá, může pálit. Rychle se hojí, a to během několika dní. Jizvy v tomto případě nevznikají.
II. stupeň	Dochází ke vzniku otoků, puchýřů, které často bývají vyplněné plazmou, kůže je zarudlá. Poškození může zasahovat až do podkoží, přičemž jde o bolestivé poranění. Hojení probíhá několik týdnů. Jizvy se mohou tvořit při nesprávném ošetření.
III. stupeň	V tomto stupni bývá kůže často žlutobílá až hnědočerná. Často necitlivá, nebolestivá, suchá, tvrdá. Poškození je tak rozsáhlé, že se na kůži projevuje výskytem příškarů. Hojení je velmi zdlouhavé a obtížné, v řádech měsíců. Je potřeba správného ošetření, aby nedošlo k druhotné infekci. V praxi se provádí i opakované plastické operace ke zlepšení vzhledu a hojení ran.
IV. stupeň	V tomto posledním stupni dochází k nekróze kůže, podkoží, svalové tkáně, ale i kosti. Hojení a regenerace kůže je naprosto vyloučeno. V praxi je nutná opakovaná plastická operace ke zlepšení vzhledu.

P III: DĚLENÍ KOŽNÍCH FOTOTYPŮ DLE FITZPATRICKA

Fototyp	Označení	Pokožka	Charakteristika	Reakce na slunění	Doba přirozené ochrany kůže na slunci [min]
I.	Keltský typ	Velmi citlivá	Velmi světlá pleť, vyskytují se pihy, vlasy jsou blond nebo zrzavé, oči jsou modré nebo zelené	Kůže vždy zrudne a spálí se. Opálení není možné	5–10
II.	Evropan – světlý typ	Citlivá	Pleť o trochu tmavší než u fototypu I., pihy se vyskytují zřídka, vlasy jsou blond nebo tmavě blond, oči jsou modré, zelené nebo šedé	Kůže zrudne a poté zhnědne. Opálení je pomalé a ne vždy	10–20
III.	Evropan – tmavý typ	Normální	Pleť je světle hnědá bez pih, vlasy jsou tmavě blond až hnědé, oči jsou šedé až hnědé	Kůže se nespálí. Opálení je rychlé a dlouhodobé	20–30
IV.	Středomořský typ	Odolná	Olivově hnědá pleť, vlasy jsou tmavě hnědé až černé, oči jsou tmavé (hnědé)	Kůže se nespálí. Opálení je rychlé a dlouhodobé	35–45
V.	Arab	Velmi odolná	Hnědá, tmavé vlasy a oči	Kůže zrudne zřídka	60–90
VI.	Černochoch	Extrémně odolná	Hnědá až černá, tmavé vlasy i oči	Kůže nerudne nikdy	90–150

P IV: PŘÍKLADY LÁTEK ZPŮSOBUJÍCÍCH FOTOTOXICKÉ REAKCE

Skupina	Příklady látek
Léky	Antibiotika a antimykotika (tetracykliny, doxycyklin, chinolony, sulfonamidy, chloramfenikol, kyselina nalidixová), anestetika (prokain, benzokain, dibukain), hormonální přípravky (estron, kombinace estrogenů a gestagenů), látky na kardiovaskulární systém (chinin, diltiazem, methyldopa, monoxidil, diazoxid, reserpin), antirevmatika a antiflogistika (kyselina acetylsalicylová, kaprofen, fenflumizol, ibuprofen, ketaprofen), cytostatika (dikarbazin, mitomycin, adriamycin, cyklofosfamid, 5-fluorouracil), psychofarmaka (barbituráty, diazepam, haloperidol, fenolthiaziny), diuretika (amilorid, tiazid a jeho deriváty, furosemid), projímadla (bisakodyl, ftalein a jeho deriváty), antidiabetika (tolbutamid, glibenclamid), antihistaminika
Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH)	Kamenouhelný dehet, akridin, anthracen, naftalen, fenantren
Barviva	Xanten, methylenová modř, toluidinová modř, genciánová violet', parafenylendiamin, tatrazin, fluorescein, erytrosin, kadmi-um sulfidy (k tetování)
Složky ochranných přípravků (sunscreeny)	Kyselina 4-aminobenzoová a její deriváty, benzofenonové sloučeniny, kafrové deriváty, estery kyseliny skořicové
Složky parfémů a kosmetických přípravků	Éterické oleje (levandulový, citrusový, bergamotový, skořicový), pyžmo, azuleny
Ostatní látky	Furokumariny (5-methoxypsoralen, 8-methoxypsoralen), retinoidy (betakaroten, deriváty vitaminu A), sladidla (sacharin, cyklamáty), rostliny (bergamot, bolševník, andělíka lékařská, celer vonný, petržel setá, pelyněk, jirčina, hvězdnice, heřmáněk, měsíček lékařský)...

P V A: SEZNAM POVOLENÝCH UV FILTRŮ V EU

Název UV filtru dle INCI	Ochranný účinek v UVA/UVB oblasti	Skupina
Disodium Phenyl Dibenzimidazole Tetrasulfonate	UVA OBLAST	CHEMICKÉ UV FILTRY
Butyl Methoxydibenzoyl Methane		
Benzophenon-3		
Methyl Anthranilate		
Diethylamino Hydroxybenzoyl Hexyl Benzoate		
PABA (4-Aminobenzoic Acid)	UVB OBLAST	
Ethylhexyl Dimethyl PABA		
PEG-25 PABA		
Benzylidene Camphor Sulfonic Acid		
Camphor Benzalkonium Methosulfate		
3-Benzylidene Camphor		
4-Methylbenzylidene Camphor		
Polyacrylamidomethyl Benzylidene Camphor		
Octocrylene		
Cinoxate		
Ethylhexyl Methoxycinnamate		
Polysilicone-15		

P V B: SEZNAM POVOLENÝCH UV FILTRŮ V EU

Název UV filtru dle INCI	Ochranný účinek v UVA/UVB oblasti	Skupina
Diethylhexyl Butamido Triazone	UVB	CHEMICKÉ UV FILTRY
Ethylhexyl Triazone		
Phenylbenzimidazole Sulfonic Acid		
Homosalate		
Ethylhexyl Salicylate		
Benzyl Salicylate		
Benzophenone-4	UVA + UVB	
Benzophenone-5		
Terephthalylidene Dicamphor Sulfonic Acid (Mexoryl SX)		
Bis-Ethylhexyloxyphenol Methoxyphenyl Triazine		
Drometrizole Trisiloxane (Meroxyl XL)		
Titanium Dioxide	UVA + UVB	FYZIKÁLNÍ UV FILTRY
Zinc Oxide		

SENZORICKÉ HODNOCENÍ PŘÍPRAVKŮ PROTI SLUNEČNÍMU ZÁŘENÍ

Posuzovatel:

Jméno a příjmení:

Datum a hodina:

Podpis:

Úkol 1: Párová porovnávací zkouška

Vzorky A a B: Který vzorek je lépe roztíratelný? _____

Vzorky A a B: Který vzorek má lepší texturu? _____

Vzorky A a B: Který vzorek je lépe vstřebatelný? _____

Vzorky A a B: Kterému vzorku dáváte přednost? _____