

# **Protekční a kosmetický potenciál formulací s obsahem pongamolu a oxidu titaničitého**

Bc. Markéta Horňáková

---

Diplomová práce  
2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

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

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Markéta Horňáková**  
Osobní číslo: **T17245**  
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie tuků, detergentů a kosmetiky**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Protekční a kosmetický potenciál formulací s obsahem pongamolu a oxidu titaničitého**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši zaměřenou na účinky slunečního záření na kůži a problematice fotoprotekce. Získané poznatky kriticky zhodnoťte.
2. V praktické části stanovte in vitro protekční parametry formulací s obsahem pongamolu a oxidu titaničitého. Zorganizujte a provedte in vivo charakterizaci přípravků pomocí instrumentálních metod na skupině dobrovolníků. Přípravky podrobte senzorické analýze.
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. FLICK, E.W. *Cosmetic and Toiletry Formulations, Volume 8, 2nd Edition*, William Andrew Publishing/Noyes, 2001.
3. Schlossman M. L. *The Chemistry and Manufacture of Cosmetics Volume I.-III. Science*. Allured Publishing Corporation, 2009.
4. DRAELOS, Z., D., THAMAN, L., A. *Cosmetic Formulation of Skin Care Products-Cosmetic Science and Technolog Vol. 30*, Jungermann Associates, Arizona, 2006.
5. DRAELOS, Z., D. *Cosmetic Dermatology Products and Procedures*, Wiley-Blackell, UK, 2010.
6. ETTLER, K. *Fotoprotekce kůže*, Triton, Praha, 2004.
7. MALINA, L. *Fotodermatózy, 2. vydání*, Maxdorf, Praha, 2005.

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Jana Pavlačková, Ph.D.**

Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Datum zadání diplomové práce:

**2. ledna 2019**

Termín odevzdání diplomové práce:

**20. května 2019**

Ve Zlíně dne 12. března 2019

L.S.

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

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

Příjmení a jméno: MORÁKOVÁ MARKÉTA

Obor: TVTKD

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1/</sup>;
- 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 <sup>2/</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3/</sup> 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 <sup>3/</sup> 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 .....

.....

<sup>1/</sup> 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 nevydávalečně 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 nahlédnutí 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.

<sup>2/</sup> 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).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

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

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

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

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá ověřením ochranného a kosmetického potenciálu emulzí formulovaných na přírodní bázi s obsahem UV filtrů – pongamolového extraktu a ENHANCEU-T. Teoretická část práce je věnována problematice ultrafialového záření a jeho vlivu na lidský organismus, včetně možností přirozené i umělé ochrany s důrazem na přípravky proti slunění a UV filtry. V experimentální části práce bylo provedeno stanovení SPF a UVA-PF *in vitro*, včetně míry voděodolnosti formulací. *In vivo* byly stanoveny hydratační a bariérové vlastnosti testovaných emulzí, které doplňovalo senzorické hodnocení.

Klíčová slova:

ultrafialové záření, UV filtr, *Pongamia pinnata*, ochranný faktor, oxid titaničitý

## **ABSTRACT**

The diploma thesis deals with verification of protective and cosmetic potential of emulsions formulated on natural basis containing UV filters - pongamol extract and ENHANCEU-T. The theoretical part of the thesis is devoted to the issue of ultraviolet radiation and its influence on human body, including the possibility of both natural and artificial protection with emphasis on sunscreens and UV filters. In the experimental part, determination of SPF and UVA-PF *in vitro*, including water resistance of formulations, was performed. *In vivo*, hydration and barrier properties of the tested emulsions were determined together with sensory evaluation.

Keywords:

ultraviolet radiation, UV filter, *Pongamia pinnata*, protective factor, titanium dioxide

Na tomto místě bych ráda poděkovala Ing. Janě Pavlačkové, Ph.D. za projevenou vstřícnost, podněty a odborné rady při zpracování diplomové práce.

Děkuji rodině za podporu v průběhu celého studia i při zpracování diplomové práce.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 ULTRAFIALOVÉ ZÁŘENÍ</b> .....	<b>12</b>
1.1    FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ MNOŽSTVÍ UV ZÁŘENÍ NA ZEMI.....	12
1.2    PŮSOBENÍ UV ZÁŘENÍ NA KŮŽI .....	13
1.2.1    Časné typy účinku .....	16
1.2.2    Pozdní typy účinků.....	17
1.2.2.1    Fotokarcinogeneze .....	17
1.2.2.2    Stárnutí kůže .....	17
1.3    OCHRANA KŮŽE PŘED UV ZÁŘENÍM.....	20
1.3.1    Přirozená ochrana.....	20
1.3.2    Umělá ochrana .....	22
<b>2 SUNSCREENY</b> .....	<b>24</b>
2.1    FORMY SUNSCREENŮ.....	25
2.2    OCHRANNÝ FAKTOR.....	26
2.3    OCHRANNÉ FILTRY .....	27
2.3.1    Fyzikální filtry.....	27
2.3.2    Chemické filtry.....	28
2.3.3    Oleje .....	29
2.4    VODĚODOLNOST PŘÍPRAVKŮ.....	30
2.5    PŘEHLED PŘÍRODNÍCH LÁTEK JAKO UV FILTRŮ A ANTIOXIDANTŮ .....	30
2.5.1    Pongamia pinnata .....	34
2.5.2    Účinky a využití .....	35
2.5.2.1    Protektivní vlastnosti .....	35
<b>3 CÍLE PRÁCE</b> .....	<b>37</b>
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>38</b>
<b>4 METODIKA PRÁCE</b> .....	<b>39</b>
4.1    TESTOVANÉ FORMULACE .....	39
4.2    POUŽITÉ POMŮCKY A CHEMIKÁLIE .....	41
4.3    POUŽITÉ PŘÍSTROJE .....	41
4.3.1    Spektrofotometr UV-VIS Cary 100 .....	41
4.3.2    Solární stimulátor Atlas SUNTEST CPS +.....	41
4.3.3    Systém MPA a sondy pro charakterizaci pokožky .....	42
4.4    ORGANIZACE EXPERIMENTU.....	45
4.4.1    Stanovení ochranných faktorů SPF, UVA-PF a voděodolnosti.....	45
4.4.2    In vivo charakterizace formulací.....	46
4.4.3    Senzorická analýza testovaných formulací .....	47
<b>5 ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT</b> .....	<b>49</b>



5.1	ZPRACOVÁNÍ DAT IN VITRO MĚŘENÍ SPF A UVA-PF .....	49
5.2	ZPRACOVÁNÍ DAT CHARAKTERIZACE POKOŽKY .....	50
5.3	ZPRACOVÁNÍ DAT SENZORICKÉ ANALÝZY .....	51
<b>6</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE .....</b>	<b>53</b>
6.1	HODNOCENÍ FOTOSTABILITY IN VITRO MODELOVÝCH FORMULACÍ.....	53
6.1.1	Hodnocení voděodolnosti modelových formulací .....	58
6.2	HODNOCENÍ IN VIVO ÚČINNOSTI MODELOVÝCH FORMULACÍ.....	59
6.2.1	Bariérová účinnost .....	59
6.2.2	Hydratační účinnost .....	60
6.2.3	Vliv formulací na pH pokožky.....	62
6.3	SENZORICKÁ ANALÝZA FORMULACÍ.....	63
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>67</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>73</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>74</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>75</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>76</b>

## ÚVOD

Sluneční záření je nejdůležitějším zdrojem energie pro lidský život, ale zároveň může mít i řadu nežádoucích účinků, protože obsahuje ultrafialové záření. Akutně může na kůži způsobit popálení, které se projeví zarudnutím, v závažnějších případech otoky nebo puchýři. Dlouhodobé působení může na kůži vyvolat chronické změny – aktinické stárnutí, narušení imunitních mechanismů a v konečném důsledku se může podílet i na tvorbě zhoubných nádorů.

Reakce na slunění není u každého člověka stejná. Lidská kůže se odlišuje zejména barvou, která předurčuje míru zarudnutí a schopnost ztmavnutí. Podle tohoto chování klasifikujeme populaci do tzv. kožních fototypů. Znalost vlastního fototypu je základním prvkem přirozené ochrany před slunečním zářením. Mezi další prvky ochrany patří různé formy stínění včetně oděvu a také dodržování bezpečné doby pobytu na slunci. Současný trh nabízí celou řadu topických ochranných přípravků – sunscreenů, jejichž účinnost je charakterizována velikostí ochranného faktoru. Dnešním trendem je snaha výrobců formulace těchto přípravků obohacovat o přírodní látky, nejenom z portfolia filtrů ultrafialového záření, ale i z dalších oblastí účinků s cílem zajistit jejich komplexnost.

Novou vycházející látkou s protekčními vlastnostmi může být i Pongamol získávaný ze stromu *Pongamia pinnata*. Je doporučován jako podpůrný filtr dalších látek zaručujících ochranu proti ultrafialovému záření. Právě přírodní původ tohoto filtru předurčuje jeho zakomponování do přípravků přírodní kosmetiky. Firmou Nobilis Tilia byla navržena modelová řada přípravků proti slunění využívající synergický účinek Pongamolu a dalšího inovativního filtru ENHANCEU-T (TiO<sub>2</sub> a Silica), jejíž ověrování se stalo tématem pro tuto diplomovou práci.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 ULTRAFIALOVÉ ZÁŘENÍ

Sluneční záření ovlivňuje naše zdraví. Je zdrojem života na Zemi a součástí nezbytných životních pochodů, které v našem těle probíhají. Ať chceme nebo ne, každodenně jsme s ním v kontaktu. Slunce jako takové je přirozeným zdrojem elektromagnetického záření, které vyzařuje široké spektrum vlnových délek a to od nejkratších gama, přes rentgenové, ultrafialové (UV), viditelné světlo (VR) a infračervené záření (IR). Mezi záření, které dopadají na zemský povrch, patří UV o vlnové délce ( $\lambda$ ) 100–400 nm, VR s vlnovou délkou 400–760 nm a IR s vlnovou délkou 760–3 000 nm [1, s. 1], [2, s. 10–11].

Pro fotodermatologii má největší význam UV záření, které dále rozlišujeme zejména z hlediska biologických účinků na tři spektrální oblasti UVC, UVB, UVA [2, s. 11].

Nejkratší vlnové délky je UVC, 200–290 nm. Toto záření je absorbováno ozonovou vrstvou a vůbec přes ni neprochází, proto pro nás není nijak nebezpečné. Záření UVB představuje střední část UV spektra s vlnovými délkami 290–320 nm a může vyvolat spálení kůže, s odstupem času i hnědnutí, tedy pigmentaci. Pro kožní buňky je nebezpečné zejména potenciálem pro následný vznik kožních nádorů. Zhruba 50 až 60 % je filtrováno ozonovou vrstvou. Dlouhovlnné záření je UVA, které má vlnovou délku 320 až 400 nm. Uvedené záření zcela prochází atmosférou a způsobuje zhnědnutí. Podílí se na vzniku kožních nádorů [2, s. 11].

## 1.1 Faktory ovlivňující množství UV záření na zemi

Roční období

Obecně platí, že v létě dopadá na zem až třikrát větší množství UV záření než v zimě. Souvisí to hlavně se vzdáleností Slunce k rovníku. Čím blíže je Slunce, tím více se prodlužuje doba dopadu intenzivního UV záření. Nejvíce patrné je to u UVB záření, kterého je v letních měsících 10krát více než v zimě [1, s. 7].

V našich podmínkách jsou nebezpečné zejména měsíce květen, červen, červenec, ale i srpen [1, s. 7].

### Denní doba

Ultrafialové záření je také ovlivněno denním cyklem. Za slunného dne dosáhne intenzita maxima v době, kdy je slunce nejvýše na obloze. V zimě je to ve 12 hodin a v létě ve 13 hodin [1, s. 7].

### Rozptýlené a odražené paprsky

Jen malá část paprsků dopadá na zem přímo, většina je rozptýlena různými částicemi, které se nachází v atmosféře, jako je prach, vodní kapky či mlha. Dále se paprsky mohou odrážet přímo od zemského povrchu. Tyto paprsky pak znásobují množství UV záření. Příkladem může být čerstvý bílý sníh, ten odráží UV záření do nezanedbatelné vzdálenosti. Takto funguje i písek. Z toho vyplývá, že člověk není zcela chráněn ani pod slunečníkem, ani kloboukem [1, s. 8].

### Nadmořská výška

Riziko spálení je vyšší v horských oblastech než na úrovni moře. Ve výšce 2000 m je asi o 20 % větší intenzita UV záření než v nulové nadmořské výšce. To stačí ke spálení kůže i v zimě [1, s. 9].

### Teplota vzduchu

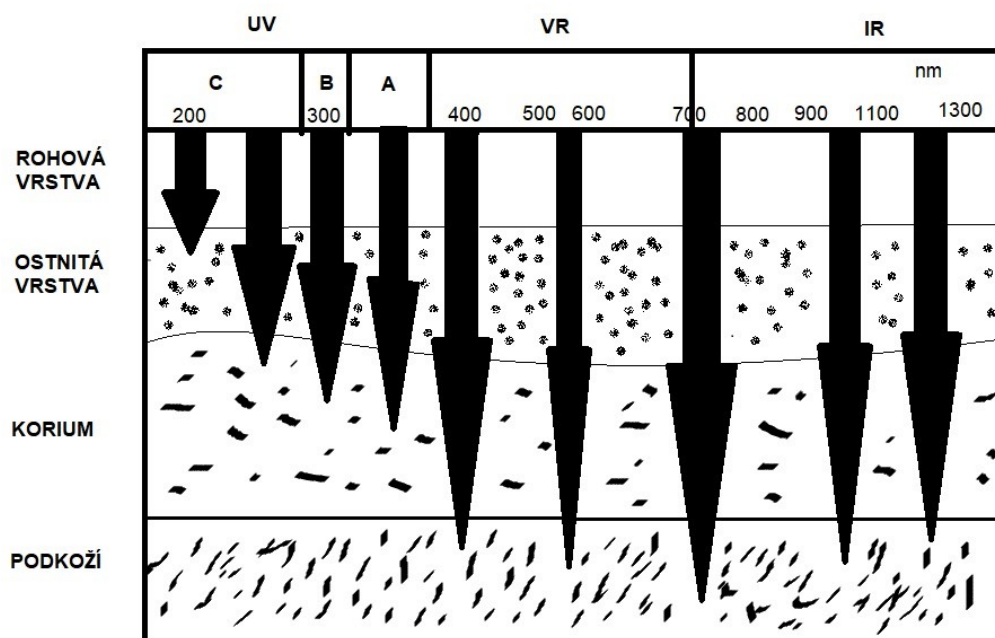
Vzduch se ohřívá díky IR. Nejteplejší bývá většinou odpoledne. Husté mraky pohlcují jak UV paprsky, tak i IR. Chladný vzduch, kdy nejsou přítomna mračna, intenzitu UV záření nezmenšuje. To znamená, že i když nám je zima, můžeme se lehce spálit. Ultrafialové záření jako takové necítíme [1, s. 9].

## 1.2 Působení UV záření na kůži

Záření vyvolává celou řadu biologických odpovědí kůže, které mohou být jak pozitivní, tak i negativní. Malé množství UVB je důležité pro tvorbu vitamínu D, větší množství UV záření může vyvolat poškození, jako je zarudnutí, zánět, přehřátí. Opakování expozice vyvolává až chronické změny. Mezi ně patří stárnutí až kancerogeneze. K tomu, aby vůbec mohlo dojít k nějaké biologické změně, musí vždy proběhnout pohlcení energie. Toto je jeden ze základních zákonů fotobiologie. Část záření, které dopadá na kůži, je vráceno zpět, část je absorbována různými vrstvami a část proniká hlouběji, dokud není energie zcela pohlcena [2, s. 19]. Klasifikace těchto účinků je uvedena v subkapitolách 1.2.1 a 1.2.2.

Negativní změny, které jsou vyvolané UV zářením, se projevují ve všech vrstvách kůže. Ve svrchní vrstvě, *epidermis*, dochází k degradativním změnám, které způsobují snížení obsahu vody, ztenčení pokožky, snížení rychlosti deskvamace. Současně se také zmenšuje vrstva mezi *epidermis* a *dermis*, to má za následek snížení vzájemného přenosu živin. V *dermis* dochází hlavně k poškození vláken, kolagenu a elastinu. Úbytek kolagenních vláken způsobuje ztrátu elasticity a pevnosti a také snížení produkce kožního mazu. Toto všechno postupně vede ke vzniku vrásek, zdrsnění kůže, suchému olupování. Dále je zde zjištěna i spojitost mezi jakýmsi předstupněm nádorových změn. Zde máme na mysli zejména časté vystavování kůže sluneční expozici. Obecně platí, že mladá kůže je hladká, s jemnými vráskami. Oproti tomu stará a poškozená kůže se projevuje hlubokými zvrásněnými rýhami s nažloutlým vzhledem [3, s. 48], [4, s. 691].

Jak již bylo zmíněno výše, UVA záření proniká hlouběji a poškozuje pojivovou tkáň v *dermis*, a způsobuje vznik rakoviny kůže. Naopak UVB záření proniká jen do *epidermis* a způsobuje spálení, opálení a fotokarcinogenezi [5, s. 39]. Průnik UV záření ukazuje Obr. 1, ze kterého je také patrné působení VR a IR, kdy platí, že s rostoucí vlnovou délkou roste i schopnost proniknutí do kůže.



Obr. 1. Průnik slunečního záření do kůže [2]

## Epidermis

*Epidermis* je tvořena z několika vrstev buněk. *Stratum corneum* je vrstva, která je přímo vystavena účinkům UV záření. Popisovaná vrstva zajišťuje hlavní bariéru těla a je klíčem k udržení optimální kožní hydratace. Struktura je zjednodušeně popisována jako model cihly a malty, kdy cihly představují korneocyty a malta jsou ceramidy, cholesterol a mastné kyseliny. Obecně platí, že tloušťka *stratum corneum* se významně s věkem nemění. Při stárnutí se objevuje vyšší suchost pokožky a tím i vyšší náchylnost k akutní dermatitidě. Existují i důkazy o změně permeability chemických látek [5, s. 39–41].

Dále dochází ke zmenšení plochy mezi *epidermis* a *dermis*, což vede ke snížení vyživování *epidermis*. Snižuje se i počet melanocytů až o 20 %. Jak již bylo zmíněno dříve, melanocyty jsou součástí přírodní fotoprotekce, protože produkují melanin a ten chrání jádra buněk před účinkem UV záření [5, s. 39–41].

## Dermis

*Dermis* je především tvořena z pojivové tkáně, tekutého pojiva, nervů, cév a potních a mazových žláz. Pojivová tkáň je tvořena z bílkovin kolagenu a elastinu. Kolagen dodává pokožce pevnost v tahu, zatímco elastin přispívá k pružnosti a elasticitě [5, s. 39–41].

Kolagen je nerozpustnou vláknitou bílkovinu nacházející se v pojivové tkáni a v extracelulární matrix. Zde pokožce poskytuje pevnost a odolnost. Výchozí látkou pro vznik kolagenu je prokolagen, vznikající ve fibroblastech. Existuje více typů kolagenu. V kůži se ve vyšším množství nachází typ I, III, IV a VII. Ultrafialové záření způsobuje poškození kůže a to hlavně kvůli vzniku kyslíkových radikálů. Ty mohou vést k oxidaci kožních buněk, což vede k poruchám kolagenu. Reagují s lipidy (peroxidace), což má za následek vzniku zlomů v DNA. Záření UVB také vyvolává tvorbu kyslíkatých radikálů, které přímo interagují s DNA (tvorba pyrimidinových dimerů, mutace DNA, mutace v mitochondriální DNA) [6, s. 2–3]. Dalším histologickým projevem je vytváření a hromadění amorfní změti elastických vláken [7, s. 32].

Dermální kolagenová vlákna mají velmi dobré uspořádání, které usnadňuje prodloužení, to se pak vrací do klidového stavu prostřednictvím protlačených elastických vláken. Ve stáří se však zvyšuje hustota svazků kolagenu, které následně ztrácí svou roztažitelnou konfiguraci. Syntéza kolagenu se snižuje, což vyústí k nerovnováze mezi syntézou

a degradací. Ve stáří dochází ke změně v obsahu typů IV a VII projevující se tvorbou vrásek [5, s. 39–41].

### Hypodermis

Změny v uvedené vrstvě jsou podobné jako u *dermis*. Dále je zde spojení se vznikem pomerančové kůže, která je způsobena rozvolněním vazivových vláken [8].

## 1.2.1 Časné typy účinku

Mezi časné typy účinku mohou být řazeny: radiačně podmíněný zánět, opálení, imunologické změny kůže, hyperplazie kůže a tvorba vitamínu D.

### Radiačně podmíněný zánět

Při dopadu UV záření na kůži dochází k absorpci bílkovinami a DNA kůže. To má za následek vznik molekulárního a buněčného poškození, což je dále spojeno s poruchou funkce a vznikem zánětu. Mezi příznaky zánětu patří erytém, pálení a bolest. Uvedené změny mohou nastat spolu s poruchami funkce během několika hodin, nejvýše dní [9, s. 36–38].

### Opálení

Časný typ opálení se může objevit po několika minutách, má krátkodobé trvání a je způsobeno UVA zářením [9, s. 37].

Pozdní typ opálení je trvalejší a vydrží až několik dní či týdnů a je způsobeno UVA a UVB zářením. Toto opálení vyžaduje vytvoření nového melaninu v melanocytech a jeho transport do keratinocytů [9, s. 37].

### Imunologické změny kůže

Všechny typy UV záření způsobují poškození Langerhansových buněk a to i při nízkých dávkách. Místo těchto buněk se indukují jiné buňky kůže, které vyvolají tvorbu jiných T-lymfocytů. Tím se mění charakter procesů prezentace antigenů a zvyšuje se míra imunosuprese, tedy míra organismu reagovat na antigenní podněty tvorbou protilátek [9, s. 37].

### Hyperplazie kůže

Hyperplazie, množení buněk, jsou způsobeny urychlením syntézy DNA, RNA a bílkovin s mnohonásobným zvýšením mitotické aktivity keratinocytů. *Epidermis* i *corium*



se ztlušťují až čtyřnásobně. Následkem je vzrůst fotoprotektivní schopnosti kůže. Fotoprotokce má význam hlavně u osob světlé pleti s fototypem I a II, kde větší opálení nenastává [9, s. 38].

#### Tvorba vitamínu D

Kůže po játrech patří k nejvýznamnějším místům tvorby cholesterolu. Derivát 7-dehydrocholesterol se mění na provitamin D<sub>3</sub> v *epidermis*. Dále nastává dekarboxylace a izomerace a vzniká vitamin D<sub>3</sub>. Ten je následně transportován do oběhu pomocí specifických proteinů [9, s. 38].

### 1.2.2 Pozdní typy účinků

Do této kategorie účinků patří problematika fotokarcinogeneze a stárnutí kůže.

#### 1.2.2.1 Fotokarcinogeneze

Expozice kůže UV zářením může vést ke vzniku kožních novotvarů. Po chronickém působení může dojít ke vzniku aktinické keratózy, dále basaliomů a spinaliomů. Vznikají u lidí starších 45 let se světlou, málo pigmentovanou kůží. [2, s. 52–56].

#### 1.2.2.2 Stárnutí kůže

Obecně je stárnutí kůže charakterizováno jako proces, při kterém dochází k zpomalení procesu regenerace buněk a snížení obranyschopnosti organismu. Stárnutí začíná ukončením hormonálních změn v období dospívání. Je vyvoláno jak působením vnitřních faktorů, tak působením vlivů z prostředí a životním stylem. Proto se také stárnutí dělí na vnější (extrinšické) a vnitřní (intrinšické). Zjednodušeně můžeme říci, že vnitřní stárnutí je dáno změnami, které jsou pod pokožkou, a vnější je způsobeno působením okolního prostředí. Stárnutí se projevuje nejenom změnou vzhledu (např. vznikem vrásek) ale i funkce kůže [10, s. 1–3].

Ve stáří v kůži probíhá řada změn, jak anatomických, tak i fyziologických. Nejsvrchnější vrstva kůže *epidermis* se ztenčuje a dochází k její atrofii. Cévy prosvítají a jsou dilatované. Klesá schopnost sebeobnovy a obranyschopnosti buněk, ochabují kožní řasy, kůže svědí, stává se suchou a také dochází k posunu pigmentu. Věkem je kůže propustnější pro různé chemické látky. Klesá napětí kůže, které zapříčiňuje snížená tvorba a rozpustnost kolagenu. S úbytkem kolagenových vláken dochází ke změně jejich uspořádání. Kůže také

ztrácí svou elasticitu způsobenou zkrácením a zhruběním elastických vláken a změnou jejich uspořádání [10, s. 1–3].

Jedním z dalších projevů stárnutí jsou také změny v barvě vlasů. Od 30 let je zpomalen proces diferenciaci buněk a to má za následek pokles počtu a funkce melanocytů; dochází k šedivění a poklesu funkce mazových žláz [10, s. 1–3].

Nejdříve a nejvýrazněji bývá stárnutím postižena kůže obličeje, krku, dekoltu a rukou. Změny také probíhají v oblasti kožních adnex (vlasy, nehty, mazové a potní žlázy) [11, s. 1–3].

Dále se můžeme setkat s pojmem předčasné stárnutí kůže. To je způsobeno hlavně UV zářením (photoaging) a kouřením. Vznikají vrásky, které jsou permanentní a nemizí po natažení kůže [10, s. 1–3].

#### Vnitřní stárnutí

Vnitřní stárnutí je popsáno několika teoriemi, zde budou vyjmenovány tři základní.

První teorie je tzv. teorie volných radikálů, kterou navrhl Harman. Uvedená teorie naznačuje, že v průběhu života dochází k akumulaci volných radikálů, které poškozují biologické struktury, což vede ke ztrátě buněčné funkce a tím i k samotnému stárnutí [11, s. 2].

Pokud se zaměříme přímo na pojem volný radikál, tak tímto radikálem může být jakákoli molekula, atom či iont s nepárovým valenčním elektronem, který je schopen alespoň na krátkou dobu samostatné existence. Vzniklá struktura pak může napadat buněčné membrány, proteiny i deoxyribonukleovou kyselinu (DNA), lipidy. Setkáváme se s rozparem, neboť díky existenci kyslíku je možný život na zemi, ale na druhou stranu nás zabíjí a to hlavně díky vznikajícím kyslíkatým radikálům (superoxid, hydroxylový radikál, atd.). Naše tělo má však tzv. antioxidační ochranu. Sem se řadí samotné anatomické uspořádání lidského těla, *stratum corneum*, antioxidační enzymy (superoxiddismutáza, kataláza, glutathionperoxidáza, atd.), reparační mechanismy (oprava poškozené DNA) Enzymy, které umí opravovat DNA, se souhrnně nazývají endonukleázy. Patří sem ligázy, které rozpoznají, kde se nachází problém a DNA polymerázy, které dokáží vystříhnout a dosyntetizovat chybějící část. Samotné buňky i kyslík spotřebovávají, takže nevznikají radikály. I to že, buňka je vystavována oxidačnímu stresu, jí prospívá, protože se může adaptovat. Adaptace může být narušena zvýšeným

příjmem antioxidantů (vitamin C, tokoferol,  $\beta$ -karoten). Vyšší příjem antioxidantů má hlavně význam tehdy, pokud dochází k dietní suplementaci, tedy pokud nám v normálním jídelníčku úplně chybí [8].

Je však prokázáno, že nadbytek kyslíkatých radikálů může překonat kožní endogenní antioxidační kapacitu vedoucí k rovnováze. Výsledné poškození může narušit strukturu a funkci kůže, což vede ke vzniku rysů vnějšího stárnutí [11, s. 3].

Další teorií je neuro-endokrinní teorie stárnutí. Zde hraje ústřední roli hormon melatonin. Jedná se o hormon řídící biorytmy. Melatonin má antioxidační účinek a má vliv na celou řadu neuroendokrinních funkcí [8].

Třetí je teorie genetického stárnutí, která tvrdí, že stárnutí je výsledkem změn ve struktuře a funkci DNA (mutační teorie), kdy v průběhu života dochází k nahromadění mutací a současně je stárnutí výsledkem genetického programu (teorie programového stárnutí) [6].

Vnitřní stárnutí pokožky je také silně ovlivněno hormonálními změnami. Produkce pohlavních hormonů v pohlavních žlázách, hypofýze a nadledvinkách postupně klesá již od 20. roku věku. Hlavní problém je pak u žen v průběhu menopauzy, kdy se snižuje produkce estrogenů a androgenů. Uvedené změny se projeví suchostí, vznikem vrásek, atrofií, poruchou produkce kolagenu a ztrátou elastinu [12].

#### Vnější stárnutí

Stárnutí kůže obličeje je z 80 % způsobeno expozicí UV záření. Předčasné stárnutí, photoaging jsou považovány za synonyma vnějšího stárnutí.

Biologické účinky UV záření jsou založeny na absorpci světla v chromoforech a následné přeměně energie v chemických reakcích. Oba typy záření – UVA i UVB záření přispívají k biologickým změnám, ale i fotokarcinogenezi. Samotné reakce zůstávají nejasné, je však známo, že UVB se hlavně absorbuje v *epidermis* a způsobuje poškození DNA tvorbou fotokarcinogenních dimerů cyklobutan-pyrimidinu. Buněčnými chromofory, jako je kyselina urokánová, prekurzory melaninu a riboflavin je absorbováno UVA záření. Chromofory pak vytvářejí kyslíkaté radikály a ty následně poškozují lipidy, proteiny a DNA. Můžeme tedy říci, že vznikající změny se překrývají i s vnitřním stárnutím a že UVA záření poškozuje buňky nepřímo a naopak UVB působí opačně, protože přímo interaguje s DNA a vznikají mutace. Působení UVA záření je mnohem závažnější, protože proniká hlouběji než UVB radiace [8], [12].

### 1.3 Ochrana kůže před UV zářením

Osvěta lidí o negativním účinku UV záření se projevila zvýšenou poptávkou po přípravcích proti slunění. Lidé si někdy mylně myslí, že slouží k rychlejšímu zhnědnutí pokožky, slunění je díky nim mírnější a pomalejší. Kůže navíc disponuje vlastním přirozeným ochranným mechanismem. Obě možnosti ochrany budou popsány v následujících podkapitolách [13, s. 77–78].

#### 1.3.1 Přirozená ochrana

První bariéra, na kterou dopadá záření je rohová vrstva. Po anatomické stránce je tato část pokožky značně členitá a lze o ní říci, že se jedná o nehomogenní vrstvu s velmi složitými poměry průniku světla. Mezi ochranné mechanismy můžeme zařadit rozdíly v její tloušťce, odraz světla od jejího povrchu, absorpci energie záření přítomnými proteiny a vnitřní rozptyl světla při průchodu touto vrstvou [14, s. 70].

Důležitou vlastností rohové vrstvy je rovněž její tloušťka. Příkladem může být rohová vrstva dlaní. Ta má tak silnou ochrannou schopnost, že k vyvolání erytému je potřeba 15–20 násobku minimální erytérové dávky (MED) pro UVB, kdy MED je minimální erytérová dávka, která vyvolá zarudnutí kůže, erytém [2, s. 67].

Podle nových poznatků se na absorpci záření podílí také kožní lipidy. Díky tomu, že jsou lipidy schopny vlastní fotooxidace, na kožním povrchu spotřebovávají energii ve smyslu inaktivace. Důležitá je současně vrstva zrnitá, obsahující zrnka keratohyalinu, která se významně podílí na odrazu – vznik bělavého vzhledu kůže [14, s. 70].

Jako hlavní faktor přirozené ochrany je uznáván melanin. Ten umí nejen účinně absorbovat světlo, ale dokáže ho také rozptylovat. Práce melaninu spočívá v tom, že dokáže absorbovat světelná kvanta a přeměňovat je na teplo, absorbovat fotony a využívat absorbovanou energii na vlastní oxidaci. Dále působí jako nepropustný optický filtr a tím brání průniku světla do hlubších vrstev kůže. Melanin je obsažen v melanosomech, kde oslabuje světelné záření rozptylem. Mezi další přirozené faktory můžeme řadit kyselinu urokánovou, superoxidativní dismutázy, glutathion-peroxidázy a glutathion-reduktázy [14, s. 70].

V souvislosti s přirozenou ochranou kůže musí být také zmíněn fototyp kůže.

Fototyp kůže je dán intenzitou pigmentace, tedy množstvím kožního pigmentu melaninu, který chrání organismus proti negativním účinkům UV záření. Přirozené zbarvení kůže je dáno jednak geneticky, jednak markantními rozdíly mezi populacemi způsobené evolučním vývojem, tedy přizpůsobením se různým klimatickým podmínkám [15, s. 165].

Obecně platí, že čím méně má člověk pigmentu, tím je i nižší fototyp. Pro oblast střední Evropy jsou charakteristické fototypy I–IV.

Fototyp I: u těchto osob je kůže nápadně světlá, vlasy rezavé, oči modré. Obecně jsou označovány jako keltský typ. Zastoupení těchto osob je u nás velmi nízké (pouze kolem 2 %). Reakce na slunění je velmi těžká, kůže nevykazuje schopnost obrany, rudne a brzy se olupuje. Expozice by neměla překročit 5 až 10 minut.

Fototyp II: osoby mají blond až světle hnědé vlasy, oči modré, zelené, či šedé. Označování jsou jako Evropané se světlou pletí. (zastoupení kolem asi 12 %). Na působení UV záření může kůže reagovat slabou pigmentací a olupováním. Expozice u těchto osob by neměla překročit dobu 10 až 20 minut.

Fototyp III: typickými znaky osob jsou tmavé vlasy i oči, pokožka světle hnědá bez pih. Označování jsou jako Evropané s tmavou pletí. U nás asi kolem 78 % všech lidí a reakce na slunění je mírná s pigmentací. První expozice je doporučována v rozsahu 20 až 30 minut.

Fototyp IV: vlasy i oči jsou tmavé. Pokožka je tmavší. Osoby jsou označovány jako středomořský typ. U nás kolem 8 % populace. Při pobytu na Slunci na UV záření téměř nereagují, protože pokožka je chráněna hlubokou pigmentací. První expozice by neměla přesáhnout cca 40 minut.

První expozice je důležitá ne z důvodu spálení pokožky, ale z důvodu ochrany imunitního systému. Ten může být totiž narušen mnohem dříve, než se projeví spálení [16, s. 59–60].

### 1.3.2 Umělá ochrana

Umělé faktory ochrany, které chrání naši pokožku před UV zářením, lze rozdělit do 2 základních skupin popsaných níže.

#### Aktivní ochrana

Mezi mechanismy aktivní ochrany patří fotoprotektivní adaptace, což v praxi znamená opakovanou expozici (6–20krát) ozáření UV těsně podprahovými dávkami, které podpoří přirozené mechanismy fotoprotekce. K této adaptaci se většinou sahá před sezónou (v časném jaru) nebo před mimosezonním pobytem ve slunných jižních krajích. Tato metoda však bývá úspěšná jen u fototypů III a IV [2, s. 69].

Další možností aktivní ochrany je fotochemoprotekce, kdy dochází ke kombinaci použití přípravků s velmi nízkým obsahem 5-methoxypsoralenu (5-MOP) a zároveň UVB záření absorbujícího přípravku (ochranný faktor 6–8) spolu s expozicí přirozenému slunečnímu světlu. Výsledkem je ztluštění *stratum corneum* a produkce melaninu. Metoda je účinná u fototypů I i II [2, s. 69].

#### Pasivní ochrana

Pasivní ochranou se rozumí různé prvky stínění, fotoprotekce textiliemi, aplikace přípravků proti slunění (sunscreenu) a látek přírodního původu.

Ochranu stíněním nelze chápat jako dostačující. Představuje používání klobouků, přístřešků, slunečníků, stanů a budek kočárků [2, s. 70].

Oděvy mohou doplňovat uvedenou formu fotoprotekce. Rozhodující je volba materiálu, jeho vlastnosti. Mezi doporučované materiály přírodního původu patří nebělená vlákna bavlny a hedvábí. Z umělých materiálů poskytuje dobrou ochranu polyester. Vlastností ovlivňující míru ochrany, je barva zvoleného materiálu. Obecně platí, že tmavší barvy poskytují lepší ochranu než světlé barvy, neboť vykazují vyšší absorpci UV záření [2, s. 70–73].

První přípravky proti slunění byly vyvinuty ve 20. letech minulého století. Přípravky jsou založeny na dvou mechanismech účinku. Vzniklá vrstva na pokožce buď záření odráží, kdy mluvíme o fyzikálních filtrech, anebo dochází k absorpci a mluvíme o chemických filtrech. Problematika přípravků proti slunění je podrobněji popsána v kapitole 2 [17, s. 110–111].

Mezi látky přírodního původu, které mají ochranný efekt pro opalovanou pokožku, můžeme zařadit například jojobový olej, aloe či výtažky z osladiče, který patří do rodu kapradin. Řadíme jej mezi rostliny obsahující antioxidanty. Ty napomáhají kůži lépe se vyrovnat s účinky slunečního záření [17, s. 112].

Když se podíváme na kůži obecně, tak mnohem citlivější je kůže na obličeji, krku a trupu, méně pak kůže na končetinách. Problém pak může nastat například při jízdě v autě, kdy UVA záření prochází i přes sklo a poté se nám na kůži mohou objevit puchýřky i bez přímého působení. Také je důležité si uvědomit, že u některých léků je přímo uváděno, že člověk se má vyhýbat slunečnímu záření. Mezi zmiňované léky, které na slunce nepatří, řadíme léky k místnímu znečistlivění, některá antibiotika, protiplísňové léky, léky na srdce, cévy, odvodnění, hormonální přípravky, cytostatika, projímadla, léky na cukrovku a proti depresím. Z mastí a šamponů jsou to přípravky s kamenouhelným dehtem, barviva, bergamotový olej, levandulový olej, citrusový olej, některé parfémy, azulen, betakaroten,  $\alpha$ -hydroxykyseliny,  $\beta$ -hydroxykyseliny, benzoylperoxid. Dále i šťávy z řady rostlin mohou vyvolat tvorbu bolestivých puchýřů, jako třeba rostliny, které obsahují furokumariny: bolševník, routa vonná, citrusy, bergamot, ambrosie, kopretina, měsíček lékařský atd. [17, s. 116]. Sunscreeny jsou látky, které chrání strukturu a funkci lidské kůže před aktinickým poškozením. Pokud se podíváme na svět a postoj k označování sunscreenů, tak jsou zde rozdíly. V Evropě jsou považovány pouze za kosmetiku a naopak v USA se tyto přípravky berou jako léčiva a vztahují se na ně přísné předpisy FDA (U. S. Food and Drug Administration) [2, s. 76].

Tato organizace již v květnu 1999 vydala monografii, kde přesně definuje podmínky, za nichž lze považovat sunscreeny za bezpečné a účinné. Hlavní podmínkou je, že tyto látky musí absorbovat, odrážet nebo rozptylovat UV záření v rozsahu 290–400 nm [2, s. 76–78].

## 2 SUNSCREENY

Na trhu se můžeme setkat s celou řadou přípravků proti slunění, které se prodávají v různých formách. Najdeme zde roztoky (čiré nebo bělavé lotiony), krémy, gely, masti, ale i rtěnky. Ty dokáží pohltit nebo odrážet až 95 % UV záření. Důležitou roli hraje zvolené vehikulum, které udává zejména aplikační a organoleptické vlastnosti přípravku. Další jejich funkcí je přechod obsažených filtrů do rohové vrstvy, kde dochází k jejich navázání a tvorbě ochranného filmu [2, s. 78].

Důležitým parametrem, který nelze opomenout v této souvislosti, je UV index. Patří mezi mezinárodně standardizované bezrozměrné veličiny, charakterizuje úroveň erytémového slunečního UV záření dopadajícího na zemský povrch. Slouží k lepší informovanosti obyvatelstva o negativním vlivu UV záření na lidské zdraví. Pro představu, v našich klimatických podmínkách mírného podnebného pásu se UV index pohybuje od 0 do 9, kdežto v tropickém pásmu může obsahovat hodnot 15 nebo 16. Obecně platí, čím je výše Slunce, tím je vyšší UV index, a čím je vyšší UV index, tím je i vyšší dávka UV záření. Jak již víme, pokožka je schopna určité množství UV záření absorbovat bez viditelných změn. Pokud ale dávka UV záření přesáhne MED, pokožka zrudne a vzniká erytém [16, s. 59–60].

Velkým problémem mohou být i umělé zdroje UV záření. Příkladem je sváření. Podobně jako u germicidní lampy totiž obsahuje i záření oblouku všechny složky UV záření, tedy i složku UVC. Dané záření, jak již bylo uvedeno, na zemský povrch však za běžných podmínek nedopadá, je absorbováno ozonovou vrstvou. Proto je nutné, aby osoby, které přicházejí do kontaktu se svářením, používaly ochranné pomůcky, a to hlavně svářečské brýle [16, s. 58].

Dále je důležité uvést působení UV záření na dětskou pokožku. Obecně platí, že novorozenci a kojenci (děti do 1 roku věku) by neměly být vystavovány přímému slunci. Kromě již zmíněných přímých rizik na kůži totiž u nich také může dojít k rychlému přehřátí organismu (vznik úpalu, úžehu). Příčinou přehřátí organismu pak může být zejména fakt, že nemají vyvinuté potní žlázy, což se následně projeví bolestí hlavy, zvýšenou teplotou, červeným zbarvením kůže, zvracením, v horším případě ztrátou vědomí. Batolata kryjeme oděvem, pro děti do 6 měsíců věku využíváme i přípravky s vysokým ochranným faktorem (minimálně 20).



Každé spálení kůže zvyšuje riziko vzniku rakoviny a na exponovaných místech může narůstat počet pigmentovaných név a jejich dysplastického zvratu [15, s. 170].

## 2.1 Formy sunscreenů

Sunscreeny se mohou dělit podle různých hledisek. Mezi tato hlediska lze zařadit např. chemické složení, formu, či konzistenci. Jako základní typy lze uvést emulze (mléka a krémy), opalovací oleje, gely, pasty či opalovací přípravky ve formě tyčinek [18, s. 199].

Na prvním místě v oblíbenosti stojí emulze (krémy, mléka). Mléka se dobře roztírají a rychle vstřebávají do pokožky. Nevytváří na kožním povrchu nežádoucí mastný film. Další výhodou je, že se do nich mohou přidat i vysoké faktory ochrany. Krémy obsahují větší množství lipofilních substancí, které zapříčiňují horší roztíratelnost [13, s. 78]. Jedná se o mastné nebo suché emulze s obsahem výživných a ochranných látek. Rozdílnost konzistence předurčuje mléka používat k ochraně celého těla, krémy naopak jen na tvář. Mastné emulze na bázi silikonových olejů (typu v/o) jsou voděodolné, dodávají pokožce více tuku než vlhkosti. Jsou méně prodyšné, a proto se pod nimi více potíme. Suché emulze typu o/v se rychleji vstřebávají a nezanechávají mastný povlak. Pokožce dodávají více vlhkosti, než tuku. Dalšími přípravky jsou bezvodé oleje s UV filtry. Tyto přípravky mohou obsahovat pouze chemické UV filtry, které jsou rozpustné v oleji. Kůže se po nich leskne a neobsahují žádné konzervační látky [13, s. 78]. Nevýhodou je, že nepokrývají požadovanou šířku UV ochrany pokožky a nemůžeme do nich zakomponovat fyzikální UV filtry. Ochrana je proto nízká, a to SPF 3–6. Vhodnými oleji jsou takové, které obsahují jak oleje rostlinného původu, tak i ty s ropnými produkty, vazelína. Rostlinné oleje umožňují pokožce dýchat a vazelína zajišťuje voděodolnost. Opalovací gely jsou přípravky bez obsahu tuku a emulgátorů. Jsou vhodné pro mastnou pokožku se sklonek k akné. Dokáží na sebe vázat vodu, a proto na kůži působí chladivě. Mohou obsahovat jen chemické UV filtry, které jsou rozpustné ve vodě. Pro vysoce ohrožená místa jako jsou nos, uši, líce a mateřské znaménka jsou vhodné pastové přípravky, které obsahují krycí látky jako kaolín, zinkovou bělobu (ZnO) a titanovou bělobu (TiO<sub>2</sub>). Poslední formou jsou tyčinky. Ty slouží k ochraně rtů a nosu. Je důležité si uvědomit, že v pokožce rtů se nachází pigment, proto je tedy musíme intenzivně chránit [18, s. 199–200].

Za některých okolností může docházet k nežádoucím účinkům při kontaktu kůže a sunscreenů [2, s. 88].

Volbu formy přípravku musíme přizpůsobit typu pleti, na kterou má být použit. Existují přípravky pro suchou, citlivou, mastnou, aknézní pokožku atd. Například může dojít k zhoršení akné při použití komedogenního základu. Dnes již existují přípravky nekomedogenní nebo bez oleje, které těmto změnám stavů pokožky předcházejí. Setkáváme se i s přípravky, které jsou vhodné na obličej, jiné zase na tělo. Další komplikací může být kombinace s lokální léčbou naordinovanou lékařem. Příkladem mohou být hydro-alkoholické gely, které se při smíchání s lipofilním sunscreenem vysráží. Zde je důležité si užívání těchto přípravků dobře rozvrhnout. Noční léčba akné nesmí interferovat s denním používáním sunscreenů [2, s. 88].

Dalším problémem může být fotoalergická reakce při používání chemických sunscreenů. U senzitivních osob se z tohoto důvodu doporučuje použití jen fyzikálních filtrů. Tyto filtry jsou většinou biologicky inertní. Z chemických filtrů jsou v současné době jako největší alergeny uváděny deriváty kyseliny 4-aminobenzoové (PABA), cinnamáty a benzofenony [2, s. 89].

Mezi uživateli ochranných přípravků se objevují informace o tom, že používání sunscreenů může způsobit deficit vitamínu D. To však zatím nebylo nijak potvrzeno a proto v tomto směru nebezpečí nehrozí. Ohrožení jsou spíše starší lidé, kteří vůbec nevycházejí ven a mají nedostatečný příjem vitamínu D v potravě. Další skupinou lidí mohou být černoši s kareční stravou [2, s. 88–89].

Dále je velmi diskutovanou problematikou bezpečnost fyzikálních filtrů  $\text{TiO}_2$  a  $\text{ZnO}$  a to zejména z důvodu možné penetrace mikronizovaných materiálů (nanočástic) do kůže. Bylo dokázáno, že mikro- a nanočástice nepenetrují do živé tkáně, ale zůstávají na povrchu kůže nebo ve vnějších vrstvách *stratum corneum* a nebo se hromadí kolem vlasových folikulů. *In vivo* a *in vitro* studie dále prokázaly, že tyto částice nejsou cytotoxické, fototoxické a ani mutagenní [4, s. 60], [19, s. 18].

## 2.2 Ochranný faktor

Jako poměr MED chráněné kůže a MED kůže nechráněné je definován ochranný faktor (Sun Protection Factor – SPF). Jednoduše řečeno, čím je vyšší SPF, tím je kůže více chráněna. V praxi to znamená přibližně násobky doby do vzniku erytému. Pro uživatele sunscreenů, kteří se orientují podle svého fototypu, popřípadě podle svých fotosenzitivních potíží, je důležitá klasifikace stupňů ochrany dle výše SPF (dle FDA) viz Tab. 1.

Ochranný faktor tedy udává jak dlouho je kůže chráněna před slunečním zářením. Obecně platí, že dostačující by měla být ochrana s SPF 15. V praxi však řada osob udává, že ochrana nebyla taková, jako očekávali. Jedním z problémů mohlo být nedostatečné množství naneseného přípravku. Tento fakt může ovlivnit SPF tak, že klesne až o třetinu. Dále může dojít k nedostatečnému a nerovnoměrnému nanesení z důvodu přítomnosti záhybů a vrásek [2, s.84–86].

Tab. 1. Klasifikace stupňů ochrany podle SPF [2]

Stupeň ochrany	Hodnota SPF
minimální	2 až 12
střední	12 až 30
vysoká	30 až 50
velmi vysoká	50 +

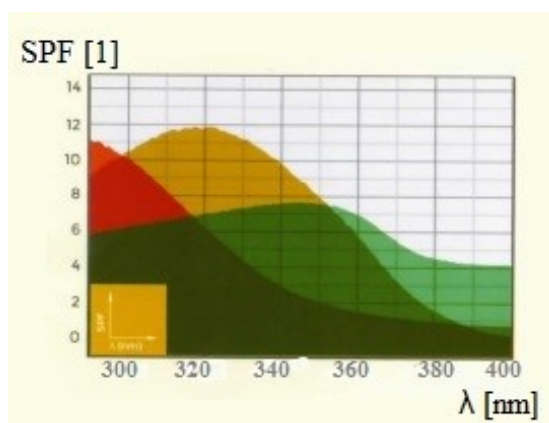
## 2.3 Ochranné filtry

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, sunscreeny obsahující složky – ochranné filtry, které působí dvojitým účinkem fyzikální a chemické. Dále se také setkáváme se sunscreeny, které jsou odolné vůči vodě. Ty navíc obsahují většinou polymery, které snadněji váží krém na kůži [1, s. 22].

### 2.3.1 Fyzikální filtry

Patří sem látky, které odráží či rozptylují UV záření. Prakticky sem patří různé oxidy kovů, jako je například uhličitán vápenatý, kaolin, talek (magnesium silikát), oxid zinečnatý a oxid titaničitý. Nejvíce používanými jsou  $\text{TiO}_2$  a  $\text{ZnO}$ , které se nejčastěji používají v koncentraci 25 %. Chrání kůži jak před UVA, tak i UVB. Nevýhodou je, že při vyšších koncentracích zanechávají na kůži nevzhledný bílý film. Tomuto se dá předejít tvorbou mikropigmentů, tedy částic menších než 100 nm. Výhodou této formy je i lepší schopnost UV paprsky odrážet a rozptylovat. Další výhodou mikronizace je, že dokážeme dosáhnout SPF přes 20 a také to, že čistě fyzikální filtry nezpůsobují alergie [2, s. 81].

U  $\text{TiO}_2$  dnes můžeme vidět na trhu novou řadu inovativních kosmetických přísad ENHANCEU-T, které využívají inovativní technologii a umožňují vysokou ochranu jak v UVA, tak i UVB oblasti. Technologie nevyužívá částice o nano velikostech (1-100 nm) a je vysoce fotostabilní. ENHANCEU-T je tvořeno z 94-96 %  $\text{TiO}_2$  (Titanium Dioxide) a ze 4-6 %  $\text{SiO}_2$  (Silica). Obrázek 2 ukazuje účinek ENHANCEU-T (žlutá křivka),  $\text{TiO}_2$  o velikosti mikrometrů (zelená křivka) a  $\text{TiO}_2$  ve formě nanočástic (červená křivka). Účinnost ENHANCEU-T zahrnuje oblast vlnových délek od 280 nm do 400 nm s maximem při 320 nm, což ukazuje na dobrou rovnováhu mezi ochranou UVA a UVB [20]. K přípravkům, které také dokáží odrážet UV záření, můžeme zařadit i některé složky pleťových make-upu a pudrů. Hlavně látky bentonit, kaolin, oxid železnatý a oxid železičitý [18, s. 199–200].



Obr. 2. UV ochrana různých forem  $\text{TiO}_2$  [20]

### 2.3.2 Chemické filtry

Do této skupiny řadíme látky, které pohlcují UV záření. energii absorbovanou přeměňují na teplo nebo ji předávají do vazebných chemických struktur, čímž dochází ke změně molekuly. Popsaný proces má dopad hlavně na jejich funkčnost, dochází většinou ke změně jejich absorpčních vlastností a ztrátě fotoprotekce [2, s. 79].

Uvedené filtry se dále dělí na UVB a UVA filtry podle toho, vůči kterému záření působí [17, s. 111].

Do skupiny UVB filtrů patří kyselina 4-aminobenzoová (PABA) a její deriváty, cinnamáty, salicyláty a deriváty sulfonové kyseliny. Mezi zmíněné deriváty PABA patří Ethylhexyl Dimethyl PABA (2-ethylhexyl-4-(dimethylamino) benzoát/Padimat O), který má povolenou koncentraci do 8%, nebo ethoxylovaný ethyl-4-

aminobenzoát (PEG-25 PABA). Velkou nevýhodou této skupiny látek je jejich schopnost vyvolávat alergické reakce a to hlavně na obličej a na dětské kůži. Mohou také zabarvit oblečení. Za bezpečnější jsou dnes považovány cinnamáty. Devět registrovaných látek je odvozených od kyseliny skořicové a nalezneme je v 90 % ochranných přípravků. Ethylhexyl Methoxycinnamate (2-Ethylhexyl-p-methoxycinamát/ Oktinoxat) je používán do koncentrace 10 % a Oktokrylene (2-ethylhexyl-3,3-difenyl-2-kyanoprop-2-enoát) je povolen do koncentrace 10 % [17, s. 111].

Mezi UVA filtry patří benzofenony, deriváty kyseliny antranilové a dibenzoylmethany. Pokud se podíváme na benzofenony, tak nejčastěji se používá Benzofenone-3 (2-hydroxysy-4-methoxybenzofenon/Oxybenzon) do 10 % a do 5 % Benzofenone-4, Benzofenon-5 (2-hydroxy-4-methoxybenzon-5-sulfonová kyselina a její sodná sůl/Sulisobenzon). Do skupiny derivátů kafru patří 4-Methylbenzylidene Camphor (3-(4-methylbenzyliden)-*dl*-kafr/Enzakamen) do 4 %, 3-Benzylidene Camphor (3-benzylidenkafr) s povoleným množstvím jen do 2 %. O této skupině látek můžeme říci, že je velmi stabilní. Z dibenzoylmetanů se nejčastěji používá Butyl Methoxydibenzoylmethane (1-(4-*terc*-butylfenyl)-3-(4-methoxyfenyl)propan-1,3-dion/Avobenzon) v koncentraci do 5 % [17, s. 111].

Kombinovanou ochranu vykazuje Drometrizole Trisiloxane (2-(2H-benzotriazol-2-yl)6{[3(1,1,1,3,5,5,5-heptamethyltrisiloxan-3-yl)-2-methylpropyl]-4-methylfenol}), ten může být použit až do 15 %. [17, s. 111].

### 2.3.3 Oleje

K ochraně kůže mohou posloužit také oleje. Zde můžeme najít využití extraktů různých rostlin. Například extrakty z aloe, jojobový olej, extrakt z rostliny *Polypodium Leucotomos*.

*Aloe barbadensis* obsahuje rostlinné oligosacharidy a polysacharidy. Uvedené látky vykazují imunoprotektivní kapacitu.

Obecně u olejů platí, že jejich ochranná funkce je nízká, spíše fungují jako promašťovadla. Antioxidanty v nich obsažené pomáhají tlumit světlem navozené změny na kůži, hodí se spíše do přípravků po opalování [2, s. 81–82].

## 2.4 Voděodolnost přípravků

Odolnost přípravků proti vodě je specifikována tvrzeními *water resistant* a *very water resistant*. Výrobek označen jako *water resistant* odolává vodě po dobu 40 minut, než dojde k jeho smytí. U tvrzení *very water resistant* se tato doba prodlužuje až na dobu 80 minut. Odolnost dodávají látky schopné zanechat na pokožce film, který je resistantní k vodě. Příkladem mohou být akryláty, methakryláty, dimethykonové polymery [17, s. 111].

## 2.5 Přehled přírodních látek jako UV filtrů a antioxidantů

Přírodní látky se v léčích i kosmetice používají již po staletí. Jejich potenciál léčit různá kožní onemocnění, dekorovat a zlepšovat vzhled kůže je dobře znám. Byliny a bylinné přípravky mají vysoký potenciál především díky své antioxidační aktivitě. Mezi antioxidanty patří vitaminy (vitamin C a E), flavonoidy, fenolické kyseliny, sloučeniny obsahující dusík (indoly, alkaloidy, aminy, aminokyseliny a monoterpeny). Jejich hlavní účinek je blokace účinků řady volných radikálů, které vznikají působením UV záření [21].

Přirozenými kožními blokátory jsou proteiny absorbující lipidy a nukleotidy. Alantoin je nukleotid, který se nachází přirozeně v těle a absorbuje UV záření. Jedná se o extrakt z rostliny kostivalu. Tento extrakt se používá pro jeho hojivé, uklidňující a protidráždivé účinky. Najdeme ho v přípravcích proti akné, v opalovacích i čistících přípravcích. Alantoin také zlepšuje regeneraci kůže [21].

Mezi účinné antioxidanty patří anthokyaniny a jejich deriváty. Například kyanidin je čtyřikrát silnější antioxidant než vitamin E. Proanthokyanidiny z hroznových semen jsou silné antioxidanty a lapače volných radikálů. Dále byla zjištěna schopnost inhibovat tvorbu kožních tumorů a snížit velikosti kožních nádorů u bezsrstých myší, které byly vystaveny karcinogennímu UV záření. Resveratrol patří do skupiny polyfenolových sloučenin zvaných stilbeny. Resveratrol je sloučenina rozpustná v tucích, která se vyskytuje v *trans* a *cis* konfiguraci. Jedná se o přirozeně se vyskytující polyfenolický fytoalexin. Bylo zjištěno, že resveratrol působí nejen jako antioxidant, ale i antimutagen. Studie [21] ukázaly, že lokální aplikace s resveratrolem (jak před léčbou, tak po léčbě) vede k inhibici výskytu nádoru vyvolaného UVB zářením a zpoždění nástupu kožní tumorigeneze. Potravin, ve kterých najdeme resveratrol, jsou hrozny, brusinky, brusinková šťáva, arašídové výrobky. Quercetin je nejčastějším flavonolem ve stravě, má

protizánětlivé a antioxidační účinky. Současně byly zjištěny i jeho pozitivní účinky na karcinogenezi kůže u myši. Nejvíce je obsažen v cibuli. Quercetin a rutin byly testovány jako potenciální lokální faktory ochrany před slunečním zářením u lidí a bylo zjištěno, že poskytují ochranu v rozsahu UVA a UVB záření. Apigenin je účinný při prevenci karcinomů kůže vyvolaných UVA/UVB záření u myši. Kurkumin má protizánětlivé, protinádorové a antioxidační vlastnosti. Topická aplikace kurkuminu na *epidermis* myši významně inhibovala aktivitu UVA indukované aktivity ornitin dekarboxylázy. Inhibiční účinky kurkuminu byly připsány jeho schopnosti zachytit radikálové formy kyslíku. Antioxidant vitamin E ( $\alpha$ -tokoferol) může chránit jak živočišné, tak rostlinné buněčné membrány před poškozením vyvolaným UV zářením [21].

Bylo prokázáno, že lokální aplikace těchto antioxidantů na kůži snižuje akutní a chronické poškození UV zářením. Vitamin C (kyselina L-askorbová) je nejdůležitějším intracelulárním a extracelulárním antioxidantem rozpustným ve vodě. Vitamin C poskytuje mnoho výhod pro kůži. Vitamin C dokáže navýšit syntézu kolagenu a fotoprotekci. Fotoprotekce je zvýšena protizánětlivými vlastnostmi vitaminu C. I v živočišné říši najdeme látky účinné proti UV záření. Například konzumace velkého množství rybího oleje poskytuje ochranný účinek proti slunečnímu záření, v některých případech až do SPF 5, a může snížit zánětlivou odpověď vyvolanou UV zářením [21].

#### Aloe vera

Z listů *Aloe vera* či *Aloe barbadensis* se získává gel, který se široce využívá jak v kosmetických přípravcích, tak i přípravcích pro zvlhčování a obnovování kůže. Jako UV filtr blokuje UVA i UVB záření a udržuje přirozenou vlhkost kůže. Při spálení kůže je zároveň doporučován k uklidnění poškozené pokožky. Olej je všestranný. Může být použit na ošetření kůže, ale i vlasů. Bylo prokázáno, že vlasy, které nebyly ošetřeny gelem z *Aloe vera*, měly vyšší stupeň chemického poškození tryptofanu, než vlasy ošetřené [22]. Nicméně je důležité, v jaké kvalitě se *Aloe vera* používá. Vždy by se mělo jednat o 100% extrakt pro co nejlepší účinky. *Aloe vera* nejenže zlepšilo strukturu buněk fibroblastů, ale také byl urychlen proces produkce kolagenu [22].

### Rajčata

Rajčata jsou bohatá na lykopen, patřící mezi karotenoidy, který jim dává červenou barvu. Jedná se o silný antioxidant. Zachytává volné radikály, hlavně kyslíkaté, a brání tak oxidaci lipidů a tvorbě erytému vyvolaného UV zářením [22].

### Hroznové víno

Hrozny jsou jedny z nejbohatších zdrojů polyfenolů. Slupka a semena hroznů obsahují resveratrol. Jedná se o silný antioxidant s protizánětlivým účinkem a antiproliferačním účinkem [22].

### *Pongamia pinnata*

Extrakt z listů *Pongamia pinnata* (*P. pinnata*) byl porovnáván se standardním opalovacím krémem obsahujícím *p*-aminobenzoát. Byly měřeny extrakty v různých rozpouštědlech pomocí UV spektrofotometrie. Vodný roztok a extrakt v metanolu byly vysoce účinné v UVB oblasti a středně účinné v UVA oblasti. Acetátový extrakt absorbuje výhradně v UVA oblasti. Samotné výtažky absorbují v celé oblasti UV záření. Můžeme tedy říci, že se jedná o vysoce účinný UV filtr. Další účinky a využití jsou popsány v následující podkapitole 2.5.1 [22].

### Mandle

Mandle obsahují polyfenolové sloučeniny, flavanoidy a fenolové kyseliny, ty vykazují ochranu proti UVB záření. Testování účinku se provádělo na myších, na které byl aplikován krém a současně byly analyzovány změny oxidace lipidů a hladiny glutathionu. Po ozáření došlo ke snížení hladiny oxidovaných lipidů a zvýšily se hladiny glutathionu. Mandle tedy mají jak antioxidační, tak i antiphotaging účinek [22].

### Šafrán

Ochranné účinky šafránu byly stanoveny *in vitro* spektrofotometrickou metodou a výsledky studie Natural Sunscreen Agents ukazují, že šafrán může být použit jako UV filtr schopný absorpce UV záření [22].

### Bambucké máslo

Máslo obsahuje antioxidanty, jako je vitamin A a E. Oba vitaminy zvyšují schopnost buněk regenerovat se a dochází také ke zlepšení krevního oběhu. Dále obsahuje i kyselinu skořicovou, která patří mezi významné UV filtry [22].



### Jojobový olej

Jedná se o vosk, který je tekutý, a proto se označuje jako olej. Jojoba je pouštní keř, který se používá při léčbě ekzému, psoriázy a suché kůže. Jojobový olej je také účinný humektant. Obsahuje kyselinu myristovou, která vykazuje určitou schopnost ochrany před UV zářením. Poskytuje nízký stupeň ochrany s hodnotou SPF 4 [22].

### Mrkev

Mrkvový olej je významným antioxidantem s vysokým obsahem vitamínu A. Má antiseptický a antimykotický účinek. Podle studie [22] mají produkty, které obsahují mrkvový olej, přirozený ochranný faktor vyšší než většina jiných přírodních látek.

### Sójový olej

Sójový olej je bohatým zdrojem esenciálních mastných kyselin, bílkovin, lecitinu, železa a vápníku ve stravě. Při lokálním použití na kůži patří mezi efektivní humektanty a vykazují přirozený SPF 10 [22].

### Pupalkový olej

Jedná se o olej s vysokým obsahem kyseliny  $\gamma$ -linolenové. Ta podporuje zdraví pokožky a její obnovu. Současně je také dobrou volbou pro lidi, kteří mají potíže s kůží, jako je ekzém, psoriáza, nebo jiné typy dermatitidy. Regeneruje suchou pokožku a oddaluje předčasné stárnutí kůže [21].

### Tea tree olej

Jedná se o populární složku mnoha přípravků na ochranu před slunečním zářením, která zmírňuje spálení od slunce tím, že zvyšuje průtok krve v kapilárách, což přináší živiny do poškozené kůže [21].

### Porphyra

Jedná se o červenou řasu hojně využívanou ve východní Asii. Pokud je vystavena intenzivnímu záření, syntetizuje sekundární metabolity absorbující UV záření. Může být tedy brána jako potencionální UV filtr [21].

Olej z brutnáku lékařského

Olej z brutnáku stimuluje aktivitu kožních buněk a podporuje regeneraci kůže. Obsahuje vysoké hladiny kyseliny  $\gamma$ -linolové, co má pozitivní účinek při léčbě všech kožních poruch, zejména alergií, dermatitid, zánětů a podráždění [21].

Zelený a černý čaj

Bylo prokázáno, že modulují biochemické dráhy, které jsou důležité v buněčné proliferaci, zánětlivých odpovědích a odpovědích nádorových promotorů. Ukázalo se, že zelený čaj má protizánětlivé a antioxidační účinky jak na lidské, tak i na zvířecí kůži. Studie [21], kde došlo k testování na zvířatech, dokazují, že čajové polyfenoly, pokud jsou aplikovány orálně i místně, zlepšují nepříznivé kožní reakce po vystavení UV záření, včetně poškození kůže, erytému a oxidace lipidů. Protože se zdá, že zánět a oxidační stres hrají významnou roli v procesu stárnutí, zelený čaj může mít také antiagingové účinky snížením zánětu a zachycením volných radikálů. Výzkumníci zjistili, že hlavní aktivní složka zeleného čaje, epigallokatechin-3-gallát, funguje dobře jako protizánětlivý, antioxidační i opalovací krém. Topický zelený čaj aplikovaný na lidskou pokožku poskytuje fotoprotektivní účinek, snižuje počet buněk spálených sluncem, chrání Langerhansovy buňky před poškozením UV zářením a snižuje poškození DNA, které vzniklo po UV záření [21], [22].

### 2.5.1 *Pongamia pinnata*

*Pongamia pinnata* řadíme mezi stromy středního růstu a roste převážně v Indii. Je stálezelený a rychle rostoucí. Dobře prospívá v tropických oblastech s teplým a vlhkým klimatem s častými srážkami. Vyskytuje se zejména u řek, kde může růst 90 až 100 let. Dokáže vyrůst i v nadmořské výšce 1200 m. Kromě Indie ho můžeme najít také v Asii, Srí Lance, Barmě, Austrálii, Floridě, Havaji, Malajsii, atd. [23], [24], [25], [26].

Z částí tohoto stromu se získávají alkaloidy: demethoxy-kanugin, gamatay, glabrin, glabrosaponin, kaempferol, kankone, kanugin, karangin, neoglabrin, pinnatin, pongamol, pongapin, quercitin, saponin,  $\beta$ -sitosterol a tannin. Semena dále obsahují 19 % vody, 27,5 % olejů (mastných kyselin), 17,4 % bílkovin, 6,6 % škrobu, 7,3 % hrubé vlákniny a 2,4 % popela. Důležitou látkou je karangin, který patří mezi furanoflavonoidy semen a řadí se mezi antioxidanty [26].

Samostatný olej z *P. pinnata* je hustá, žlutooranžová až načervenalá tekutina, která má hořkou chuť, nepříjemný zápach a není jedlá. Olej je znám jako pongam, pongamol či

hongay olej. Obsahuje 20,5 % nasycených a 79,4 % nenasycených mastných kyselin s dlouhým řetězcem s vyšším zastoupením monoenoových mastných kyselin. Nejvíce je zde kyseliny olejové (46 %), linolové (27,1 %) a kyseliny linolenové (6,3 %) [27].

### 2.5.2 Účinky a využití

Olej je široce používán již řadu let. Například v Ajurvédě slouží k léčbě očí, pokožky i pochvy. Dále se využívá k léčbě svědění, nádorů, vředů a ran. Samotný olej pomáhá při léčbě revmatismu, kožních chorob (ekzémy, lupénka, lupy). Bylo také zjištěno, že karanjin vykazuje protektivní vlastnosti před působením UV záření [23], [26].

Olej, který se za studena lisuje, se dále využívá v mýdlech, vlasových olejích a šamponech [23], [29]. V přípravcích jej najdeme hlavně kvůli pozitivním účinkům na růst vlasů a současně napomáhá při problémech s lupy. Olej je také vhodný pro problematickou pokožku náchylnou ke kožním defektům. Obsahuje vysoký obsah omega-3 mastných kyselin, snadno se vstřebává do škáry a má schopnost dodat pokožce zdravý vzhled [30], [31].

Dále můžeme hovořit o potenciálním využití při výrobě nafty. Poptávka jako taková velmi roste a je nutné najít obnovitelné, levné a kapalné palivo z rostlinných olejů. U tohoto oleje najdeme několik výhod. Není toxický, je biologicky rozložitelný a je téměř bez síry a karcinogenních komponentů. *Pongamia pinnata* má vysoký obsah oleje a dokáže růst na podvyživených půdách s nízkou hladinou dusíku a vysokým obsahem solí. Další výhodou je vysoká kvalita oleje. Patří mezi nepoživatelné oleje a nemůže tedy konkurovat jiným požitelným olejům [26], [27], [31].

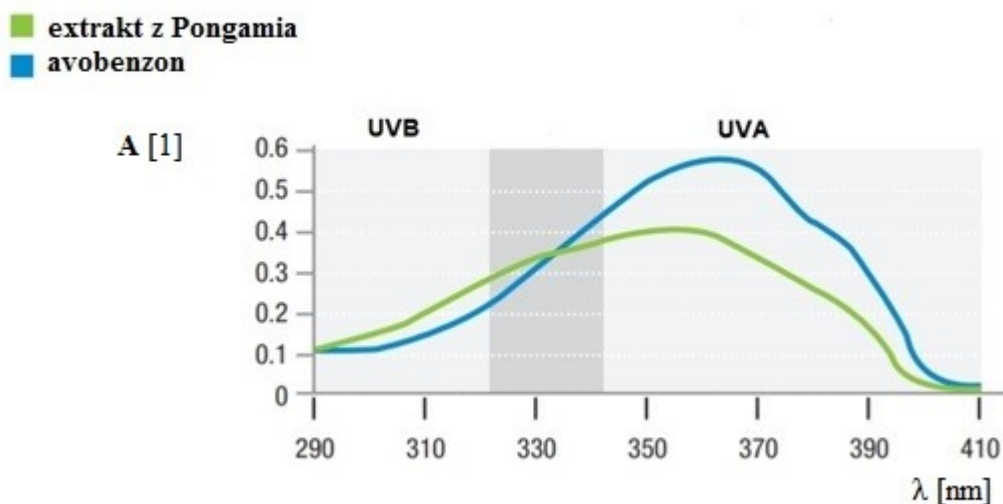
#### 2.5.2.1 Protektivní vlastnosti

V poslední době studie ukazují, že využití látek rostlinného původu je velmi prospěšné, zejména se zde bavíme o karotenoidech a flavonoidech. Jedná se o sloučeniny s aromatickým kruhem, které dokáží absorbovat UV paprsky, především UVA a UVB o vlnových délkách 200–400 nm. Proto jsou to velmi vhodné sloučeniny pro využití v sunscreeenech [28].

Kromě toho je také prokázáno, že pokud došlo k porovnání známého chemického slunečního filtru (PABA) s touto látkou, tak účinnost byla mnohem lepší, tento fakt lze pozorovat i na Obr. 3. Můžeme tedy říci, že *P. pinnata* lze využít pro výrobu vysoce

účinných přípravků pro ochranu proti slunečnímu záření a současně můžeme zamezit nežádoucím změnám, ke kterým dochází u syntetických filtrů po působení UV záření [34], [35].

Mezi další výhody můžeme zařadit také to, že extrakt z *P. pinnata* je bohatý na fenolické látky jako je bioflavonoid karanjin a pongamol, které mají vynikající antioxidační účinky. Pro jeho aplikace hovoří přírodní původ a bezpečnost při aplikaci. Není zde tolik vedlejších účinků v porovnání se syntetickými kosmetickými přípravky. Další výhodou jsou také antimikrobní, protinádorové a antioxidační vlastnosti [36].



Obr. 3. Srovnání absorpčního spektra Butyl Methoxydibenzoylmethanu a pongamolového extraktu [35]

### 3 CÍLE PRÁCE

Cílem teoretické části diplomové práce bylo vypracování literární studie zabývající se UV zářením, jeho účinky a možnostmi, jak se proti němu chránit. Samostatná podkapitola byla věnována přírodním UV filtrům a antioxidantům.

Cílem praktické části bude *in vitro* stanovení účinnosti emulzí formulovaných na přírodní bázi připravených ve firmě Nobilis Tilia, s. r. o. Dále bude provedeno *in vivo* hodnocení účinnosti formulací pomocí neinvazivních bioinženýrských metod na skupině dobrovolníků. Na závěr bude provedena senzorická analýza organoleptických vlastností těchto modelových formulací.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 METODIKA PRÁCE

Praktická část byla rozčleněna do tří dílčích úseků:

- *in vitro* stanovení ochranných faktorů SPF a UVA-PF a voděodolnosti testovaných emulzních vzorků,
- *in vivo* měření účinnosti emulzí pomocí bioinženýrských metod na skupině dobrovolníků,
- provedení senzorické analýzy testovaných emulzí.

### 4.1 Testované formulace

Experimentálně byly testovány modelové formulace emulzí v/o vyvinuté v Laboratořích přírodní kosmetiky firmy Nobilis Tilia (Česká republika). Emulze na přírodní bázi obsahovaly anorganický UV filtr oxid titaničitý ENHANCEU-T (podle INCI Titanium dioxide a Silica, AD Particles, Spain), který je nositelem známky ECOCERT udělované přírodním produktům a pongamolový extrakt (podle INCI Pongamol) v různém poměru. Na základě tohoto poměru byl výrobcem proveden odhad ochranného faktoru, viz Tab. 2. Bližší specifikace jednotlivých vzorků a jejich složení jsou popsány v Tab. 2. a Tab. 3.

Tab. 2. Odhad SPF a poměr použitých UV filtrů testovaných emulzí

Vzorek	SPF odhad	Obsah TiO <sub>2</sub> [%]	Obsah Pongamolu [%]
A	4,8	0	1
B	5,3	3	0
C	10,0	3	1
D	13,5	5	1
E	24,0	11	1
F	31,1	11	2,5

Tab. 3. Složení testovaných formulací podle INCI

Ingredience	Funkce
Olejová fáze	
Titanium Dioxide – ENHANCEU-T	UV filtr
Pongamol	UV filtr
Polyglyceryl-4 Diisostearate/ Polyhydroxystearate/ Sebacate	Emulgátor
Hydrogenated Castor Oil	Zahušťovadlo
Cera Alba	Zahušťovadlo
Magnesium Stearate	Zahušťovadlo/ Stabilizátor
Simmondsia Chinensis Seed Oil	Tuková složka
Caprilyl/Capric Triglyceride	Tuková složka
Tocopherol Acetate	Antioxidant
Theobroma Cacao Butter	Zahušťovadlo
Carotene	Barvivo
Vodná fáze	
Aqua	Rozpouštědlo
Glycerin	Humektant
Panthenol	Humektant
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



## 4.2 Použité pomůcky a chemikálie

Pro *in vitro* stanovení SPF emulzí byly použity tyto pomůcky a chemikálie:

kádinky (10 ml a 150 ml); odměrná baňka (1000 ml); buničina; parafilm; fixa, nůžky; injekční stříkačky; injekční jehly; analytické váhy KERN (OHAUS, Švýcarsko); destilovaná voda; chlorid sodný; substrát PMMA SB6 (Helioscreen Labs, Francie), třepačka.

Pro *in vivo* hodnocení účinnosti emulzí pomocí instrumentálních metod byly použity pomůcky a chemikálie:

buničina; fixy; pinzeta; plastové tyčinky ve tvaru hokejky; Petriho misky; exsikátor; nůžky; injekční stříkačky; odměrná baňka (250 ml); filtrační papír; náplast Omnifix (2 × 4 cm); dodecylsulfát sodný SDS (Sigma-Aldrich, Česká republika); chlorid sodný (Penta, Česká republika); destilovaná voda.

Pro senzorickou analýzu organoleptických vlastností emulzí byly použity:

plastové kelímky s víčky, injekční stříkačky, tyčinky, fixy.

## 4.3 Použité přístroje

Přístroje, které byly použity pro testování emulzí *in vitro* i *in vivo* jsou popsány v níže uvedených subkapitolách.

### 4.3.1 Spektrofotometr UV-VIS Cary 100

Spektrofotometr UV-VIS Cary 100 (Agilent Technologies, USA) byl použit pro měření transmitance, kdy tento přístroj dokáže měřit v rozmezí vlnových délek 190–900 nm. Světelným zdrojem je v tomto případě halogenová žárovka s deuteriem. Světlo se zde rozkládá a prochází vzorkem, kdy toto spektrum pak dále dopadá na senzor. Energie je převedena na číselné hodnoty a ty jsou vyhodnoceny softwarem Cary WinUV.

### 4.3.2 Solární stimulátor Atlas SUNTEST CPS +

Pro vyvolání umělého slunečního záření byl použit přístroj SUNTEST CPS + (Obr. 4), (Atlas, USA).

Jako zdroj záření slouží xenonová výbojka, která je chráněna křemenným skleněným filtrem. Ozařování probíhalo v solární komoře při daných podmínkách. Konstrukce komory umožňovala ozařování 5 desek v určitém čase a za dané teploty.



*Obr. 4. Solární stimulátor SUNTEST CPS + [vlastní zdroj]*

#### **4.3.3 Systém MPA a sondy pro charakterizaci pokožky**

Multifunkční systémový adaptér MPA 5 (Courage & Khazaka electronic GmbH, Německo) umožňuje flexibilní propojení se sondami a vyhodnocovacím softwarem. Adaptér MPA 5 umožnil ověření biofyzikálních vlastností testovaných formulací – transepidermální ztráty vody (Transepidermal Water Loss – TEWL), hydratace a pH kůže.

Tewametr TM 300 (Courage & Khazaka electronic GmbH, Německo)

Pro měření TEWL bylo použito sondy s otevřenou komůrkou (Obr. 5). Dochází k měření gradientu tlaku vodní páry nad povrchem kůže díky sensorům umístěným na vnitřním plášti komůrky. Transepidermální ztráta vody je pak rovna rozdílu mezi tlakem páry měřeným ve dvou různých výškách měřící sondy přiložené kolmo na povrch kůže. Hodnota TEWL udává celkové množství odpařené vody z povrchu pokožky ( $\text{g/h.m}^2$ ), získané hodnoty charakterizující aktuální stav pokožky prezentuje stupnice v Tab. 4.

Tab. 4. Stupnice tewametru [37]

Stav pokožky	Velmi dobrý	Dobrý	Normální	Napjatý	Kritický
Hodnota TEWL [g/h.m <sup>2</sup> ]	0–10	10–15	15–25	25–30	>30



Obr. 5. Tewamet TM 300 [vlastní zdroj]

Korneometr CM 825 (Courage & Khazaka electronic GmbH, Německo)

Měření je založeno na principu práce kondenzátoru. Zjednodušeně lze říci, že se jedná o systém dvou kovových desek oddělených dielektrikem, který je schopen hromadit a uchovat elektrický náboj, tzv. elektrická kapacita.

Hodnota kapacity závisí na ploše desek kondenzátoru, jejich vzdálenosti a na vlastnostech dielektrika. Hodnoty relativní permitivity vody ( $\epsilon_r = 81$ ) a dalších látek ( $\epsilon_r < 7$ ) jsou velmi odlišné, většina materiálů má schopnost zvýšit kapacitu kondenzátoru pouze o faktor 7, zatímco voda ji zvýší o faktor 81. Každá změna relativní permitivity způsobuje změnu hydratace povrchu kůže a to způsobí změnu elektrické kapacity kondenzátoru.

Hydratace se uvádí v korneometrických jednotkách (k. j.). Stupnice korneometru je uvedena v Tab. 5. a vlastní sonda na Obr. 6.

Tab. 5. Stupnice korneometru [38]

Stav kůže	Extrémně suchá	Suchá	Normální
Hydratace [k. j.]	<30	30–45	>45



Obr. 6. Korneometr CM 825 [vlastní zdroj]

## pH metr PH 905

Pro stanovení pH kožního povrchu byl použit pH metr (Obr. 7). Ten měří pomocí 2 elektrod, kdy jedna je měrná, obvykle skleněná a druhá referentní, která bývá nejčastěji argentschloridová. Obě jsou umístěné ve skleněném pouzdře. Hlava sondy je rovinná pro měření na povrchu kůže. Před měřením byl pH metr kalibrován pomocí pufovacího roztoku. Během měření musela být sonda ponořena v destilované vodě a po měření uchovávána v roztoku KCl. Stupnici aktuální kyselosti kožního pláště znázorňuje Tab. 6.

Tab. 6. Stupnice pH hodnot pro ženy [39]

Stav kůže	Kyselé				Neutrální				Zásadité				
pH	3,5	3,8	4,0	4,3	4,5	5,0	5,3	5,5	5,7	5,9	6,2	6,5	nad 6,5



Obr. 7. pH-metr 905 [vlastní zdroj]

## 4.4 Organizace experimentu

### 4.4.1 Stanovení ochranných faktorů SPF, UVA-PF a voděodolnosti

#### Příprava vzorku na substrát

Vlastní aplikaci vzorku emulze na substrát PMMA SB6 předcházela homogenizace emulzí. Poté byla deska umístěna do analytických vah, kde bylo nanášeno  $1,2 \text{ mg/cm}^2$  vzorku pomocí injekční stříkačky s jehlou. Rovnoměrnosti rozetření vzorku na substrát bylo docíleno doporučenou technikou pomocí kruživých pohybů a tahů z horizontální na vertikální stranu desky. Tímto způsobem bylo připraveno celkem 5 desek, které byly stabilizovány po dobu 15 minut v temném prostředí.

Měření transmitance ve spektrofotometru bylo opakováno v 8 místech substrátu. Získané hodnoty byly zpracovány programem Cary WinUV a data byla převedena do programu Microsoft Excel, kde byly podle normy ISO 24443 [40] provedeny výpočty ochranných faktorů –  $\text{SPF}_0$ ,  $\text{UVAPF}_0$ , kritické vlnové délky ( $\lambda_{c_0}$ ), rozptyl hodnot nerovnoměrným nanášením (CV %). Dále byla provedena kalkulace doby nutné k ozáření vzorků v solární komoře o intenzitě  $63,9 \text{ W/cm}^2$ , které jsou uvedeny v Tab. 7.

Následně byl vzorek umístěn do solární komory SUNTEST CPS+, kde byla nastavena konstantní teplota  $35 \text{ }^\circ\text{C}$ . Po uplynutí doby ozáření byla deska vyndána a přenesena do tmy na dobu 15 minut. Znovu byly změřeny hodnoty transmitancí, které byly použity pro kalkulaci faktorů po ozáření UVA-PF( $\lambda_{Dx}$ ) a kritické vlnové délky po ozáření ( $\lambda_{Dx}$ ).



Z naměřených hodnot transmitance byly přepočtem automaticky zkonstruovány grafy závislosti absorbance před a po expozici na vlnové délce.

Pro zjištění míry voděodolnosti byl použit stejný postup nanášení a měření jen s tím rozdílem, že po proměření první transmitance a zjištění doby ozáření byly desky podrobeny UV radiaci a následně ponořeny do 150 ml kádinek s fyziologickým roztokem (0,9% roztok NaCl), které byly umístěny na třepačku a třepány byly po dobu 20 minut, poté byly ponechány 15 minut samovolně schnout. Řada testovaných přípravků byla formulována jako water resistant. Máčení vzorků aplikovaných na substrát bylo provedeno dvakrát po 20 minutách s přestávkou na uschnutí. Po vysušení byla změřena transmitance. Formulace může být označena jako water resistant, pokud  $\%WRT_n$  je vyšší než 50 % [41].

Tab. 7. Doba UV radiace v solárním stimulátoru

Vzorek	Odhad SPF	Doba ozáření [min]
A	4,8	19
B	5,3	14
C	10,0	32
D	13,5	40
E	24,0	60
F	31,1	85

#### 4.4.2 In vivo charakterizace formulací

V měsíci lednu se experimentu zúčastnilo 12 žen ve věku od 22 do 47 let, s průměrným věkem 24 let. Tato část experimentu byla provedena v klimatizované laboratoři Fakulty technologické při teplotě  $23 \pm 3^\circ\text{C}$  a relativní vlhkosti  $33 \pm 2\%$ .

Před samotným měřením byli probandi seznámeni s průběhem měření a dodržováním podmínek po dobu trvání experimentu – byli instruováni, aby nepoužívali na volárních stranách předloktí jakékoliv kosmetické přípravky a v případě nutnosti omývali tato místa pouze vodou. Následně byli požádáni o vyplnění dotazníku (P I) a podepsání informovaného souhlasu.

#### Příprava 0,5% roztoku SDS

Pro samotnou přípravu 0,5% roztok SDS byla zapotřebí 250 ml odměrná baňka, do které se kvantitativně převedlo 1,25 g SDS a doplnilo po rysku připraveným roztokem NaCl. Pro přípravu 0,85% roztoku NaCl do 250 ml odměrné baňky se navážilo 2,125 g NaCl, které bylo následně rozpuštěno a doplněno po rysku destilovanou vodou.

Dále bylo nutné připravit si dostatečné množství proužků filtračního papíru o rozměrech  $2 \times 4$  cm, které byly vloženy do Petriho misky naplněné 0,5% roztokem SDS. Připravené proužky byly přiloženy na levou a pravou stranu volárního předloktí a následně zafixovány pomocí náplastí o velikosti  $7 \times 2$  cm na dobu 4 hodin. Po odstranění proužků byla předupravená místa vyznačena fixem, a provedeno nulté měření parametrů bez nanesených přípravků. Nejprve byla změřena TEWL patnáctkrát na jednom místě, následně hydratace pětkrát a naposled byla změřena jedna hodnota pH na označeném místě.

Pomocí injekčních stříkaček bylo na 6 ze 7 míst aplikováno 0,1 ml emulze. Toto množství pak bylo rovnoměrně rozetřeno pomocí plastových tyčinek. První místo bylo bez aplikované emulze a sloužilo jako kontrola. V Tab. 8 je patrné, na kterých místech byly formulace nanесeny.

Měření v místech aplikovaných vzorků formulací probíhalo v intervalech 1, 2, 3, 4 a 24 hodin.

*Tab. 8. Aplikace testovaných formulací na volárních stranách předloktí*

Volární předloktí levé ruky	Volární předloktí pravé ruky
Kontrola	SPF 10,0 (C)
SPF 4,8 (A)	SPF 13,5 (D)
SPF 5,3 (B)	SPF 24,0 (E)
	SPF 31,1 (F)

#### 4.4.3 Senzorická analýza testovaných formulací

Vzorky emulzí byly hodnoceny pomocí pořadových testů podle intenzity znaků preferenčního testu, párových porovnávacích zkoušek.

Organoleptické vlastnosti emulzí byly hodnoceny v senzorické laboratoři za účasti 12 hodnotitelů na úrovni laický nebo zaškolený posuzovatel. Posuzovatelé byli

obeznamení s průběhem a způsobem hodnocení vzorků emulzí připravených v plastových kelímcích pod kódy A až F, uvedených v Tab. 2. Pro zapsání výsledků byl hodnotitelům předložen dotazník (P II).

Pořadovými intenzitními testy byly hodnoceny znaky: konzistence, intenzita barvy, roztíratelnost a vstřebatelnost., Dále byla hodnocena i celková preference. Následovala zkouška párová porovnávací, kterou hodnotitelé posuzovaly 3 dvojice přípravků a testovanými vlastnostmi byly hustota, roztíratelnost a intenzita barvy. Získané výsledky byly statisticky zpracovány.



## 5 ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT

Zpracování naměřených dat je rozděleno do tří částí: *in vitro* měření SPF a UVA-PF, charakterizace pokožky a sensorické hodnocení formulací.

### 5.1 Zpracování dat *in vitro* měření SPF a UVA-PF

Matematické zpracování dat *in vitro* charakteristik SPF a UVA-PF kosmetických formulací proti slunění bylo provedeno v aplikaci Microsoft Excel (2007). Pro získání hodnot SPF a UVA-PF byly použity výpočty, které jsou uvedeny v rovnicích (1) a (2) [40]. Dále byly získány hodnoty koeficientu CV % charakterizující rovnoměrnost naneseného vzorku, hodnoty kritické vlnové délky před a po ozáření a doby potřebné k expozici solárního simulátoru.

$$UVA - PF_o = \frac{\int_{\lambda=320}^{\lambda=400} P(\lambda) \cdot I(\lambda) \cdot \lambda \cdot d\lambda}{\int_{\lambda=320}^{\lambda=400} P(\lambda) \cdot I(\lambda) \cdot 10^{-A_0(\lambda) \cdot C} \cdot d\lambda} \quad (1)$$

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.

$$SPF_{in vitro} = \frac{\int_{\lambda=290}^{\lambda=400} E(\lambda) \cdot I(\lambda) \cdot \lambda \cdot d\lambda}{\int_{\lambda=290}^{\lambda=400} E(\lambda) \cdot I(\lambda) \cdot 10^{-A_0(\lambda) \cdot d\lambda} \cdot d\lambda} \quad (2)$$

kde:

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

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

$A_{(0)}\lambda$  – absorbance vrstvy testovaného vzorku před UV expozicí;

$d\lambda$  – vlnová délka po 1 nm.

Procento voděodolnosti [41] bylo vypočítáno podle vztahu (3):

$$\%WRt_n = \frac{SPFt_n - 1}{SPFt_0 - 1} \cdot 100 \quad (3)$$

kde:

$SPFt_n$  – SPF po n minutě ponoření;

$SPFt_0$  – počáteční SPF.

## 5.2 Zpracování dat charakterizace pokožky

V rámci *in vivo* hodnocení hydratace, TEWL a pH byl použit program Microsoft Office Excel. Pro zpracování byly použity aritmetický průměr (4) a směrodatná odchylka (5)

$$\chi = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \chi_i \quad (4)$$

kde:

$\chi$  – aritmetický průměr;

n – počet měření;

$x_i$  – hodnota měření.

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \chi)^2} \quad (5)$$

kde:

$s_x$  – směrodatná odchylka;

$x_i$  – počet měření;

n – počet měření;

$\chi$  – aritmetický průměr.

U souboru hodnot hydratace byl použit Deanův-Dixonův test, kterým byly vyloučeny extrémní hodnoty. U výpočtu aritmetického průměru TEWL bylo prvních pět hodnot zanedbáno a to z důvodu časové prodlevy potřebné pro vyrovnání teploty sondy s teplotou měřené pokožky. Aritmetický průměr byl spočítán z deseti hodnot. U pH byl také vypočítán aritmetický průměr. Pro všechny zjišťované parametry byly spočítány směrodatné odchylky.

### 5.3 Zpracování dat senzorické analýzy

Statistická analýza pro zvolené zkoušky byla provedena na 95% hladině významnosti. Pro pořadovou zkoušku byl použit Friedmanův test a poté bylo postupováno podle Neményiho metody. Hodnocení pomocí párových porovnávacích zkoušek bylo provedeno pomocí Fisherovy statistiky. Jako poslední bylo hodnocení pomocí stupnic pomocí Krustal-Wallisova testu [42].

Pořadová zkouška

Zkouška byla hodnocena pomocí Friedmanova testu (6):

$$FR = \frac{12}{n \cdot R \cdot (R+1)} \cdot \sum_{i=1}^R T_i^2 - 3 \cdot n \cdot (R+1) \quad (6)$$

Kde:

$n$  – počet posuzovatelů,

$R$  – počet výrobků,

$T_i$  – součet pořadí.

Hypotéza se zamítá, pokud platí (7):

$$FR \geq \chi_{1-\alpha}^2(R-1) \quad (7)$$

Pokud se hypotéza zamítne, musí se pomocí Neményiho metody vícenásobného párového porovnávání nezávislých výběrů určit, které vzorky se liší. Rozdíl mezi  $i$ -tým a  $j$ -tým vzorkem je se  $100(1-\alpha)\%$  spolehlivostí podstatný, jestliže platí (8):

$$|T_i - T_j| \geq g_{1-\alpha}(R) \cdot \sqrt{\frac{n \cdot R \cdot (R+1)}{12}} \quad (8)$$

kde:

$T_i, T_j$  – jsou sloupcové součty pořadí  $i$ -tého a  $j$ -tého vzorku,

$g_{1-\alpha}(R)$  – kritická hodnota.

Párová porovnávací zkouška

Zkouška byla hodnocena podle vztahu (9).

$$F = \frac{n_A}{n - n_A + 1} \quad (9)$$

kde:

$n_A$  – počet posuzovatelů označujících preferovanější vzorek,

$n$  – celkový počet posuzovatelů.

Hypotéza se zamítá, pokud platí (10):

$$F \geq F_{1-\alpha}(v_1, v_2) \quad (10)$$

kde:

$F_{1-\alpha}(v_1, v_2)$  je kvantil Fisherova rozdělení se stupni volnosti  $1 = 2 \cdot (n - n_A + 1)$ ,  $2 = 2 \cdot n_A$

## 6 VÝSLEDKY A DISKUZE

Cílem praktické části bylo stanovení protekční účinnosti modelové řady formulací proti slunění na přírodní bázi a charakteristika jejich voděodolnosti. Kosmetický potenciál formulací byl ověřován *in vivo* na skupině dobrovolníků. Protekční a kosmetický potenciál formulací doplňují výsledky senzorické analýzy.

### 6.1 Hodnocení fotostability *in vitro* modelových formulací

U přípravků na přírodní bázi s odhadovaným SPF 4,8; 5,3; 10; 13,5; 24 a 31,1 bylo měření provedeno postupem uvedeným v kapitole 4.4.1 Výsledné hodnoty ochranných faktorů  $SPF_0$ ,  $UVA-PF_0$ ,  $UVA-PF_{(Dx)}$ ,  $\lambda_0$  a  $\lambda_{(Dx)}$  stanovené metodou *in vitro* jsou prezentovány v Tab. 9 a Obr. 8–13. Obrázky znázorňují závislost normalizovaného upraveného průměru absorbance (mAF) na vlnové délce a závislost absorbance na vlnové délce.

Tab. 9. Parametry testovaných formulací

Vzorek	SPF odhad	$SPF_0$	$UVA-PF_0$	$UVA-PF_{(Dx)}$	$\lambda_0$ [nm]	$\lambda_{(Dx)}$ [nm]	CV [%]
A	4,8	4,7 ± 0,1	6,7 ± 0,1	6,5 ± 0,1	386,5 ± 0,6	386,8 ± 0,3	0,3 ± 0,1
B	5,3	5,2 ± 0,1	4,8 ± 0,1	4,7 ± 0,2	388,1 ± 0,2	388,1 ± 0,2	0,3 ± 0,1
C	10	9,7 ± 0,1	10,9 ± 0,2	10,8 ± 0,2	385,8 ± 0,2	385,8 ± 0,2	0,2 ± 0,1
D	13,5	13,2 ± 0,2	13,7 ± 0,3	13,5 ± 0,3	386,0 ± 0,2	385,9 ± 0,3	0,2 ± 0,1
E	24	23,1 ± 0,4	21,5 ± 0,7	21,2 ± 0,5	385,7 ± 0,3	385,6 ± 0,2	0,3 ± 0,1
F	31,1	30,9 ± 0,5	30,1 ± 0,6	29,7 ± 0,6	385,8 ± 0,0	385,6 ± 0,2	0,1 ± 0,0

U formulací s obsahem ENHANCEU-T od 3 do 11 % a pongamolového extraktu a od 1 do 2,5 % je patrný nízký rozklad použitých UV filtrů, jak ukazují Obr. 9–13 s absorpčním maximem okolo 350 nm. Zajímavý byl přípravek s 3% obsahem ENHANCEU-T. Absorpční maxima nejsou významná, protože se jedná o efekt dosažený pouze fyzikálním filtrem TiO<sub>2</sub>. Degradace tohoto filtru UV expozicí byla minimální, jak je vidět z Obr. 9.

Formulace, které byly označeny pod kódem C, D, E a F obsahující kombinaci obou filtrů, vykazovaly více fotostabilní chování (Obr. 10–13). Požadovaná hodnota kritické vlnové délky byla splněna u všech formulací testované sady.

Zjištěná velikost ochranných faktorů korelovala s odhadovanými hodnotami SPF. Hodnota absorpčního maxima v rozmezí 349-355 nm u kombinace UV filtrů je ovlivněna zejména množstvím pongamolového extraktu.

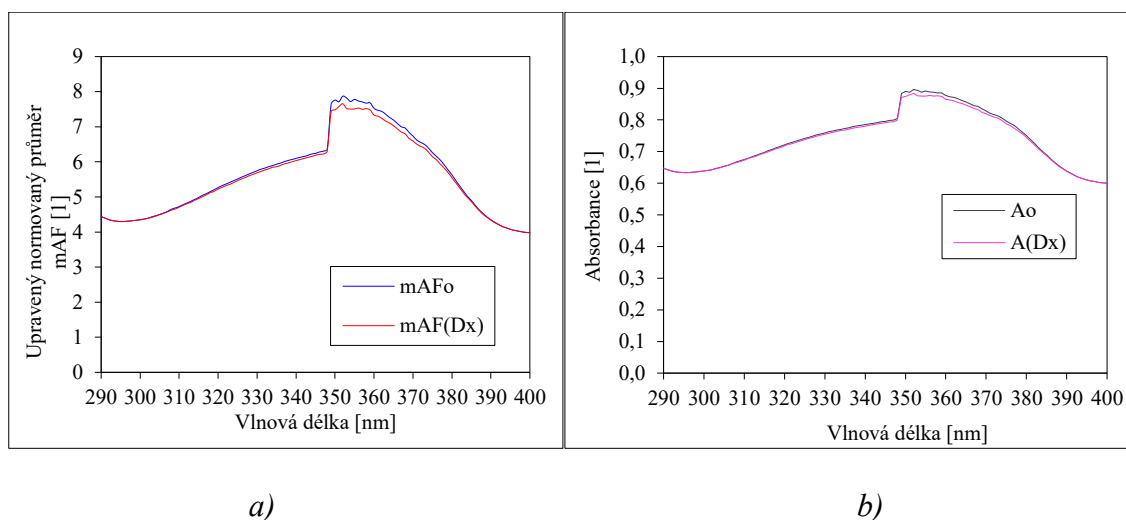
U modelových formulací bylo dosaženo dobré shody mezi SPF odhadovaným na základě obsahu použitých filtrů a SPF stanoveným metodou *in vitro*. Složením testovaných formulací bylo dosaženo očekávaných hodnot ochranných faktorů, kterých nebylo dosaženo ve studiích [42] a [43], které také ověřovaly protekční potenciál přípravků s obsahem přírodního UV filtru – Pongamalu a fyzikálního filtru ZnO.

Filtr ENHANCEU-T je inovativní kosmetickou přísadou vyvinutou patentovou technologií a je určený k ochraně před škodlivými účinky slunečního záření v UVA a UVB spektru. Chemicky se jedná o TiO<sub>2</sub> s povrchovou úpravou SiO<sub>2</sub>, která má za úkol chránit finální formulaci před fotodegradací. Takto upravené produkty jsou velmi vhodné do hydrofilních přípravků, jakou jsou právě mléka proti slunění [20].

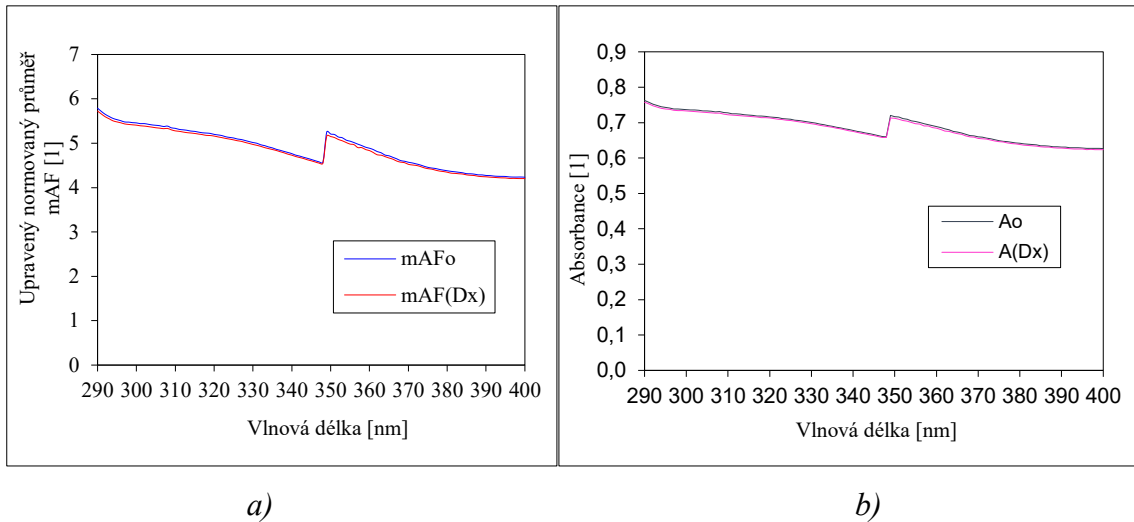
Z Obr. 10–13 je dobře patrná fotostabilita a účinnost kombinace obou použitých filtrů. Jejich vhodně zvoleným kvantitativním poměrem byl zaznamenán velmi nízký rozklad v celé UV oblasti. Zároveň bylo dosaženo hodnoty kritické vlnové délky vyšší než 370 nm, což ukazuje na rozsah ochrany proti UVA záření a celkovou protekční kvalitu modelových formulací. Absorpční spektrum Pongamolu je podobné avobenzonu, kdy studie [44] uvádí, že dosahuje až 80 % jeho absorpčních vlastností v UVA spektru. Tuto vlastnost použitého extraktu lze připsat přítomnosti některých přirozeně se vyskytujících fotoabsorpčních sloučenin, jako jsou flavonoidy. Jejich chemickým výzkumem se samostatně zabývala studie [45]. Pongamol je zvláště efektivní v ochraně před vznikem možného erytému způsobeného UV zářením, ale také stejně dobře při dlouhodobé expozici slunečnímu záření podílejícímu se na stárnutí pokožky, vzniku stařeckých skvrn či

rakoviny kůže. Jeho použití je doporučováno podpořit dalšími látkami s protekčními vlastnostmi. Tento původem rostlinný UV filtr skýtá široké možnosti využití v této oblasti, ale může do určité míry nahradit syntetické chemické filtry, u kterých jsou zaznamenány různé nežádoucí účinky. Ze studií [42] a [43], kde byl do studovaných formulací použit ZnO a pongamolový olej je patrný rozklad použitých filtrů vlivem teploty a intenzity záření.

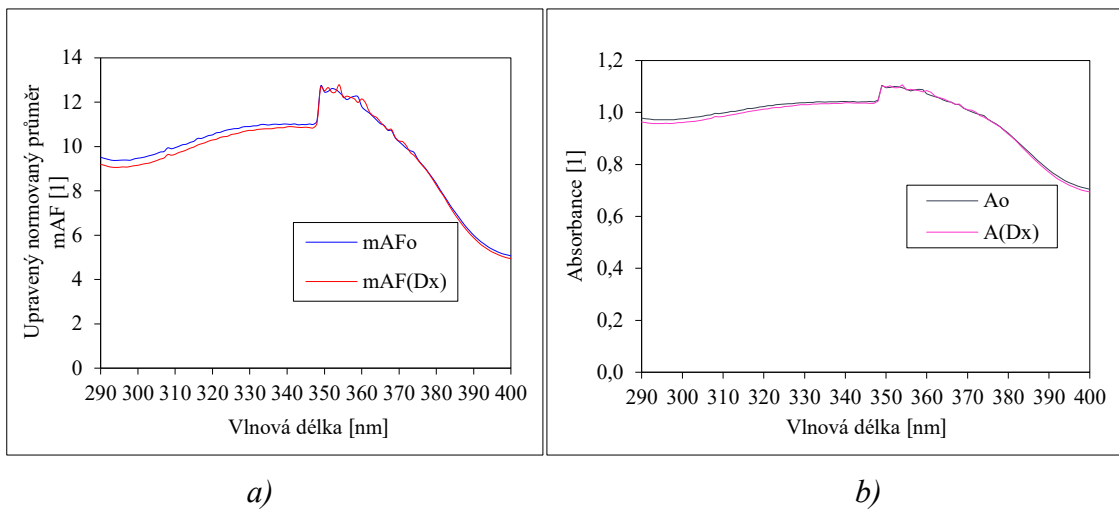
Také studie [46] naznačuje, že kombinace pongamolového oleje a výtažků z kůry *Punica Granatum* má dobrou ochranu aktivitu a je autory doporučována pro pokožku jako možná přijatelnější náhrada syntetických UV filtrů. U aplikací takových přípravků je zaznamenáno mnohem méně vedlejších účinků na pokožku a navíc disponují antioxidační, antimikrobiální, protinádorovou a antiaging aktivitou.



Obr. 8. Účinnost formulace A (SPF 4,8) a) závislost upraveného normovaného průměru na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce

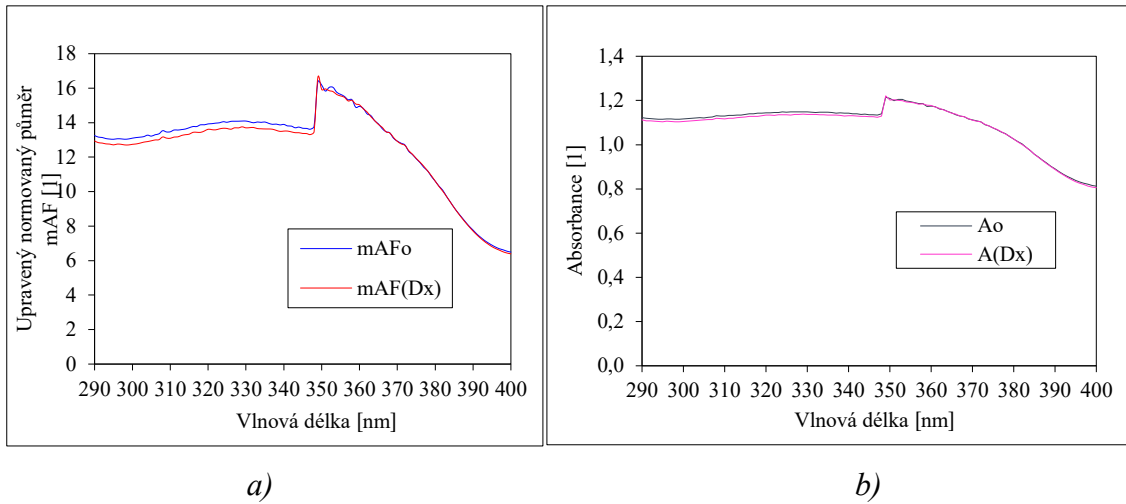


Obr. 9. Účinnost formulace B (SPF 5,3) a) závislost upraveného normovaného průměru mAF na vlnové délce, b) závislost absorpance na vlnové délce

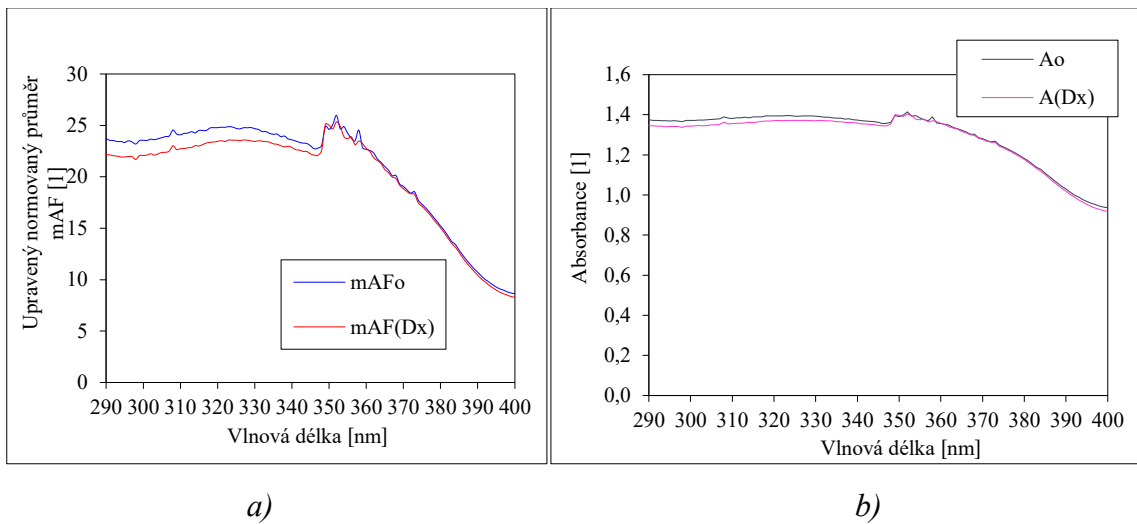


Obr. 10. Účinnost formulace C (SPF 10,0) a) závislost upraveného normovaného průměru mAF na vlnové délce, b) závislost absorpance na vlnové délce

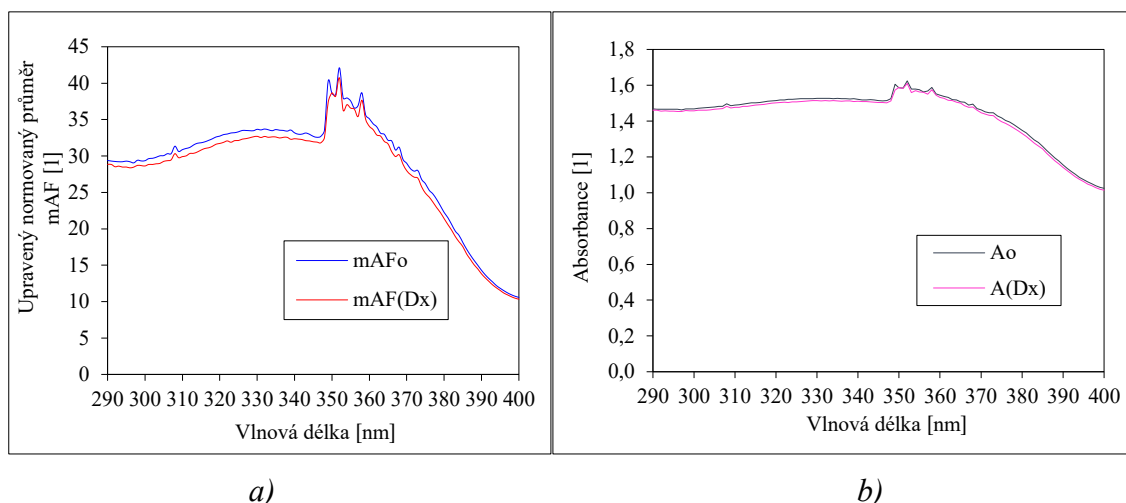




Obr. 11. Účinnost formulace D (SPF 13,5) a) závislost upraveného normovaného průměru mAF na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce



Obr. 12. Účinnost formulace E (SPF 24,0) a) závislost upraveného normovaného průměru mAF na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce



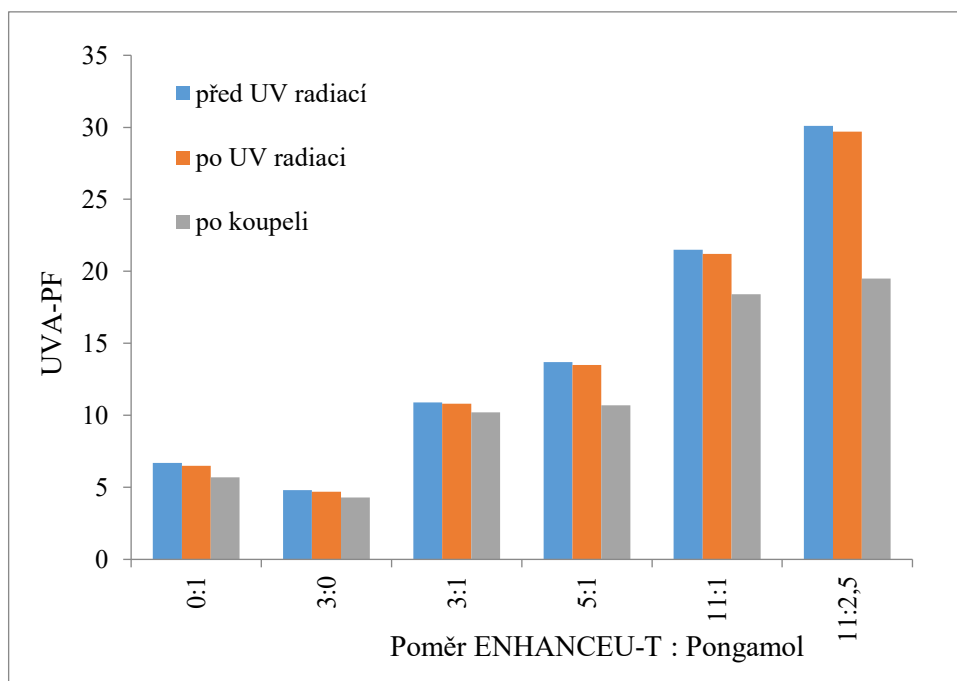
Obr. 13. Účinnost formulace F (SPF 31,1) a) závislost upraveného normovaného průměru  $mAF$  na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce

### 6.1.1 Hodnocení voděodolnosti modelových formulací

U přípravků s odhadovaným SPF od 4,8 po 31,1 bylo měření voděodolnosti provedeno postupem uvedeným v podkapitole 4.4.1. Výsledky jsou uvedeny v Tab. 10. U všech formulací bylo předpokládáno, že budou water resistant, tedy podle studie [41] musí mít  $\%WR_{t_n}$  vyšší než 50. Všechny testované formulace tuto podmínku splnily a mohou být označeny tvrzením water resistant. V Obr. 14 je vidět rozdíl UVA-PF před UV radiací, po UV radiaci a po koupeli. Je patrné, že po koupeli došlo ke snížení UVA-PF. Největší rozdíl je u formulace označené jako F, kde je 11 %  $TiO_2$  (ENHANCEU-T) a 2,5 % Pongamolu.

Tab. 10. Parametry testovaných formulací po koupeli

Vzorek	A	B	C	D	E	F
Odhad SPF	4,8	5,3	10,0	13,5	24,0	31,1
$\%WR_{t_n}$	83,6 $\pm 7,4$	87,0 $\pm 7,2$	94,5 $\pm 4,8$	75,7 $\pm 11,3$	83,6 $\pm 7,4$	91,0 $\pm 7,6$
UVA-PF	5,7 $\pm 0,7$	4,3 $\pm 0,3$	10,2 $\pm 0,5$	10,7 $\pm 1,4$	18,4 $\pm 1,5$	19,5 $\pm 2,0$



Obr. 14. UVA-PF testovaných formulací před UV radiací, po UV radiaci a po koupeli

## 6.2 Hodnocení in vivo účinnosti modelových formulací

### 6.2.1 Bariérová účinnost

Výsledky měření TEWL jsou uvedeny v Tab. 11. Zjištěné hodnoty TEWL vypovídají především o stavu bariérové funkce pokožky a její schopnosti zadržovat vodu. Po nanesení přípravků došlo ke snížení tohoto sledovaného parametru.

Největší ztráta vody byla zaznamenána po první hodině působení přípravků proti slunění na pokožku v rozmezí 11,6–13,2 g/h.m<sup>2</sup>. Nejnižší ztráta vody byla zjištěna ve druhé hodině kolem 9 g/h.m<sup>2</sup>. Neznatelný rozdíl lze vyzorovat u formulace bez Pongamolu, kde byla po třech hodinách aplikace naměřena nejvyšší ztráta vody 12,1 g/h.m<sup>2</sup>. Z tohoto faktu by se dalo usuzovat, že přítomnost pongamolového extraktu zlepšuje bariérové vlastnosti formulací, což koresponduje s mírou hydratace u těchto formulací viz kap. 6.2.2.

Tab. 11. Výsledky měření TEWL

TEWL [g/h.m <sup>2</sup> ]							
$\bar{x} \pm s$							
čas [hod]	kontrola	A	B	C	D	E	F
SDS	26,0 ± 1,4	8,7 ± 0,2	11,2 ± 0,7	11,4 ± 0,7	9,4 ± 0,3	8,1 ± 0,1	8,8 ± 0,2
1	10,5 ± 0,4	12,0 ± 0,7	12,5 ± 0,6	13,2 ± 0,9	11,6 ± 0,5	12,0 ± 0,4	12,0 ± 0,3
2	9,5 ± 0,4	9,3 ± 0,3	9,2 ± 0,2	8,9 ± 0,3	8,7 ± 0,2	8,7 ± 0,3	9,9 ± 0,2
3	15,5 ± 0,7	9,4 ± 0,3	10,4 ± 0,2	9,2 ± 0,2	10,0 ± 0,2	9,7 ± 0,2	10,6 ± 0,3
4	14,4 ± 0,7	10,0 ± 0,3	12,1 ± 0,5	10,4 ± 0,3	9,8 ± 0,2	9,5 ± 0,2	11,3 ± 0,3
24	13,2 ± 1,0	8,6 ± 0,2	11,0 ± 0,5	8,9 ± 0,3	7,9 ± 0,2	7,7 ± 0,2	8,6 ± 0,2

### 6.2.2 Hydratační účinnost

Hydratační účinnost formulací proti slunění byla stanovena postupem popsáním v kap. 5.2. Výsledky hydratačního efektu jsou shrnuty v Tab. 12.

Ze zpracovaných hodnot v jednotlivých časových intervalech je ve srovnání s hodnotami předupravené pokožky roztokem SDS patrné zvýšení hydratace u všech formulací z hodnot kolem 20 k. j na 26,7–33.0 k. j. Receptura testovaných přípravků obsahovala tradiční ověřené humektanty – glycerin a panthenol. Panthenol navíc disponuje zklidňujícími účinky. Glycerin obecně patří mezi nepoužívanější humektanty v kosmetice, jeho obsah je

doporučován více jak 5 %, aby byla dosažena potřebná účinnost [47]. Panthenol patří mezi univerzální kosmetické ingredience s širokou škálou využití [48]. Používá se například k léčbě defektu ve *stratum corneum* – hojení ran, popálenin, prasklin, atopické dermatitidy, ekzémů, podráždění kůže, lupénky. Tyto vlastnosti ho předurčují jak do kosmetických, tak dermatologických extern [49]. Jednou z jeho specifických vlastností je i schopnost vazby na vlasy, za současné hydratace. Vlasy pak nejsou suché a křehké [48].

U formulace bez přítomnosti pongamolového extraktu byl evidovány nejvyšší hodnoty hydratace ve všech monitorovaných časech. Po třech hodinách aplikace přípravku na volární stranu předloktí bylo zaznamenáno zvýšení téměř o 10 k. j. Podobnou úroveň hydratace vykazoval i přípravek s obsahem 3 % anorganického filtru a 1 % Pongamolu. Po čtvrté hodině působení formulací na pokožku hodnoty hydratace odpovídaly kontrolním hodnotám před odmaštěním.

Obecně můžeme říci, že testované formulace pokožku hydratovaly, bylo dosaženo hodnot odpovídajících stavu suché pokožky, jak uvádí Tab. 5. Složení přípravků nebylo primárně formulováno na podporu hydratace, ale na ochranu před slunečním zářením. Přesto posun v hydrataci pokožky oproti výchozímu stavu lze hodnotit pozitivně. Ve studii [42], kde byla ověřována hydratační účinnost krémových formulací s obsahem UV filtrů oxidu zinečnatého a pongamolového oleje bez účinných hydratačních látek, glycerinu a panthenolu, byl zaznamenán také mírný nárůst hodnot. U formulační řady autoři zmiňují vznik mastného filmu na pokožce, který se dokonale vstřebával až po 4 hodinách od nanesení.

Z výše uvedené diskuse vyplývá, že hydratační efekt nezáleží pouze na zvolených hydratačních látkách, ale i na zvoleném nosiči a celkové formulaci kosmetického přípravku.

Tab. 12. Výsledky hydratace stanovené pomocí korneometru

Hydratace [k. j.]							
$\bar{x} \pm s$							
Čas [hod]	kontrola	A	B	C	D	E	F
SDS	30,6 ± 1,6	19,5 ± 0,8	23,0 ± 1,0	20,0 ± 0,8	19,1 ± 0,7	18,5 ± 0,8	19,2 ± 0,8
1	32,3 ± 1,8	26,7 ± 1,3	30,7 ± 1,1	27,1 ± 0,7	25,3 ± 0,9	27,3 ± 0,9	32,3 ± 1,8
2	34,7 ± 1,8	31,9 ± 1,3	37,9 ± 0,9	32,7 ± 1,1	30,7 ± 1,1	30,8 ± 1,0	34,7 ± 1,8
3	34,7 ± 1,9	33,0 ± 1,4	40,6 ± 1,0	38,7 ± 1,0	35,3 ± 1,0	34,9 ± 1,0	34,7 ± 1,9
4	35,0 ± 1,7	32,3 ± 1,2	39,6 ± 1,0	38,3 ± 1,0	36,3 ± 1,0	34,6 ± 1,0	35,0 ± 1,7
24	31,3 ± 1,5	29,8 ± 1,2	31,0 ± 1,1	33,1 ± 1,1	32,4 ± 1,1	29,9 ± 1,3	31,3 ± 1,5

### 6.2.3 Vliv formulací na pH pokožky

Pokožka zdravých jedinců se přirozeně pohybuje v kyselé oblasti pH [39]. Do jaké míry testované přípravky ovlivňovaly pH pokožky dobrovolníků uvádí Tab. 13.

Naměřené hodnoty pH byly po předúpravě pokožky roztokem SDS mírně zvýšené, pohybovaly se od 4,7 do 5,1. Monitorováním hodnot pH v časových intervalech došlo k jejich posunu směrem do neutrální oblasti podle stupnice, viz Tab. 6. Neutrální oblast hodnot pH se u žen pohybuje v intervalu od 4,5 po 5,5. Bylo tedy prokázáno, že všechny testované formulace mírně snižovaly pH v rozsahu prezentujícím neutrální oblast.

Studie [42] uvádí, že přípravky do čtvrté hodiny mírně zvyšovaly pH. Po 24 hodinách došlo k posunutí také směrem do neutrální oblasti.

Tab. 13. Výsledky měření pH pokožky

pH							
$\bar{x} \pm s$							
čas [hod]	kontrola	A	B	C	D	E	F
SDS	4,5 ± 0,3	4,7 ± 0,3	4,7 ± 0,4	4,7 ± 0,2	3,9 ± 0,3	4,2 ± 0,3	4,9 ± 0,6
1	5,0 ± 0,3	5,1 ± 0,2	4,7 ± 0,2	4,7 ± 0,2	5,1 ± 0,2	5,1 ± 0,2	5,0 ± 0,2
2	4,4 ± 0,3	4,7 ± 0,2	4,8 ± 0,3	4,8 ± 0,3	4,7 ± 0,3	4,7 ± 0,2	4,8 ± 0,2
3	4,8 ± 0,3	4,9 ± 0,1	5,2 ± 0,2	4,9 ± 0,3	5,2 ± 0,1	5,2 ± 0,2	5,0 ± 0,2
4	4,8 ± 0,2	4,8 ± 0,2	4,8 ± 0,2	4,8 ± 0,2	4,8 ± 0,2	4,7 ± 0,2	4,8 ± 0,2
24	4,7 ± 0,3	4,6 ± 0,2	4,7 ± 0,2	4,8 ± 0,2	4,7 ± 0,3	4,5 ± 0,3	4,9 ± 0,1

### 6.3 Senzorická analýza formulací

Pořadovou zkouškou na intenzitu určitých parametrů byly posuzovány organoleptické vlastnosti modelových formulací: konzistence, roztíratelnost a vstřebatelnost. Zároveň byl také proveden pořadový preferenční test. Díky Friedmanově statistice uvedené v podkapitole 5.3 bylo prokázáno, že mezi testovanými vzorky jsou ve vyjmenovaných vlastnostech na 95 % hladině významnosti statisticky významné rozdíly.

Statisticky významné rozdíly v konzistenci byly nalezeny mezi vzorky B a E. Dále jako nejvíce konzistentní byl označen vzorek E a pak je pořadí F, A, D, C, B. Součet pořadí jednotlivých vzorků je uveden v Tab. 14.

Tab. 14. Součet pořadí u pořadové zkoušky zaměřené na konzistenci

Vzorek	A	B	C	D	E	F
Součet pořadí	47	26	36	38	55	50

Statisticky významné rozdíly v roztíratelnosti nebyly zjištěny. Vzorky jsou tedy z pohledu roztíratelnosti stejné. Součet pořadí jednotlivých vzorků je uveden v Tab. 15.

Tab. 15. Součet pořadí u pořadové zkoušky zaměřené na roztíratelnost

Vzorek	A	B	C	D	E	F
Součet pořadí	30	36	46	42	51	47

Statisticky významné rozdíly ve vstřebatelnosti byly stanoveny u vzorků B a F, C a F a C a F. Nejlépe vstřebatelný byl vnímán vzorek C, což mohlo být způsobeno relativně nízkým obsahem  $\text{TiO}_2$  (3 %). Pořadí dalších bylo B, A, D, E, F. Součet pořadí jednotlivých vzorků je uveden v Tab. 16. To mohlo být zapříčiněno vyšším obsahem fyzikálního UV filtru u vzorku F.

Tab. 16. Součet pořadí u pořadové zkoušky zaměřené na vstřebatelnost

Vzorek	A	B	C	D	E	F
Součet pořadí	35	31	27	44	54	59

Statisticky významné rozdíly v celkové preferenci byly nalezeny mezi vzorky B a E, B a F, C a E a C a F. Jako nejvíce preferovaný byl označen vzorek B a dále byly vzorky v pořadí C, A, D, F, E. Je tedy patrné, že vzorky s vyšší hodnotou SPF byly méně preferované, než ty s nižší hodnotou. Pravděpodobně je to způsobeno tím, že vzorky s vyšší hodnotou SPF



mají vyšší obsah fyzikálního UV filtru a to sníží například komfort při roztírání. Součet pořadí jednotlivých vzorků je uveden v Tab. 17.

Tab. 17. Součet pořadí u pořadové zkoušky zaměřené na celkovou preferenci

Vzorek	A	B	C	D	E	F
Součet pořadí	35	25	30	45	59	58

Dále následovala párová porovnávací zkouška. Hodnotitelé posuzovali hustota, roztíratelnost a intenzita barvy vybraných formulací. Na 95% hladině významnosti byly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi vzorky C a D z pohledu hustoty, kdy jako hustší byl označen vzorek D. Konfrontací se složením formulací, viz Tab. 2, je patrné, že vzorek D obsahoval i více  $\text{TiO}_2$ . U parametru roztíratelnosti nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi vzorky A a B, tedy žádný z těchto dvou vzorků se lépe neroztíral. Je patrné, že to, zda vzorek obsahuje Pongamol a nebo jen  $\text{TiO}_2$  v nízkém množství, neovlivní jejich roztíratelnost. Rozdíl byl dále nalezen v intenzitě barvy u vzorků E a F, kdy jako vzorek s intenzivnější barvou hodnotitelé označili vzorek E, jednou z příčin mohl být vyšší obsah barviva.

## ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá ověřením protekčního a kosmetického potenciálu emulzních přípravků proti slunění formulovaných na přírodní bázi s obsahem UV filtrů – pongamolového extraktu a TiO<sub>2</sub> (ENHANCEU-T) vyvinutých v Laboratořích přírodní kosmetiky firmy Nobilis Tilia. Teoretická část diplomové práce je věnována UV záření, jeho účinkům na lidské zdraví a možnostem přirozené a umělé ochrany. Podrobněji jsou popsány sunscreensy a UV filtry s důrazem na přírodní látky, které mají potenciál v ochraně proti UV záření. Praktická část se zabývala stanovením ochranných faktorů SPF a UVA-PF a míry voděodolnosti testované formulační řady. Biofyzikální vlastnosti modelových přípravků byly monitorovány *in vivo* pomocí neinvazivních instrumentálních metod. Dále byla posuzována přijatelnost formulací ze senzoričského hlediska.

Ze získaných výsledků vyplývá, že synergický účinek zvolených přírodních filtrů Pongamolu a ENHANCEU-T je schopen zajistit potřebný stupeň ochrany vůči UV radiaci. Inovativní patentovaná forma UV filtru ENHANCEU-T zahrnuje oblast vlnových délek od 280 nm do 400 nm s maximem při 320 nm, což ukazuje na dobrou rovnováhu ochrany v UVA a UVB spektru. Pongamol, UV filtr rostlinného původu, disponuje nejen absorpčními vlastnostmi, ale také nalézá uplatnění v přípravcích proti stárnutí. Testované kosmetické formulace vykazovaly dobrou fotostabilitu, byly efektivní i při zkouškách na voděodolnost.

Emulze byly primárně formulovány jako ochrana proti slunění, ale obsahovaly i další účinné látky ze skupiny humektantů – panthenol a glycerin. Přípravky vykazovaly po aplikaci na pokožku hydratační účinek, snižovaly ztrátu epidermální vody a posouvaly pH kožního pláště směrem do kyselé oblasti. Senzorickou analýzou organoleptických vlastností posuzované řady byly nalezeny statistické rozdíly v konzistenci, vstřebatelnosti a preferenci.

Lze závěrem říci, že účinek a aplikační komfort jakéhokoliv kosmetického přípravku se odvíjí od aktivních složek, zvoleného nosiče a celkové formulace přípravku.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KRAJSOVÁ, Ivana. *Je opalování nebezpečné? Jsou pihy nebezpečné?* Praha: Maxdorf, 1993. ISBN 8085800039
- [2] ETTLER, Karel. *Fotoprotekce kůže. Ochrana kůže před účinky ultrafialového záření.* Praha: Triton, 2004. ISBN 8072544632.
- [3] RIGER, Darrell S, Robert A WEISS, Henry W LIM a Jeffrey S DOVER. *Photoaging.* New York: Marcel Dekker, c2004, 397 s. ISBN 08-247-5450-6.
- [4] CHUNG, Jin Ho, Valerie N. HANFT a Sewon KANG. *Aging and photoaging.* *Journal of the American Academy of Dermatology.* 2003, vol. 49, issue 4, 690-697s. DOI: 10.1067/S0190-9622(03)02127-3. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0190962203021273>
- [5] TOBIN, Desmond J. *Introduction to SKIN aging.* *Journal of Tissue Viability* [online]. Elsevier, 2016, 26(1), s. 37-46 [cit. 2018-11-02]. DOI: 10.1016/j.jtv.2016.03.002. ISSN 0965206X. Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0965206X16000280>
- [6] POON, Flora a Anna L. CHIEN. *Mechanisms and treatments of photoaging.* *Photodermatol Photoimmunol Photomed* [online]. 2014, s. 10 [cit. 2018-10-28]. Dostupné z: <http://www.slofotomedicina.si/PDF/Mehanizmi%20in%20obravnave%20fotostaranja.pdf>
- [7] RAJNOCHOVÁ, SVOBODOVÁ, Alena. *Poškození kůže působením slunečního záření, možnosti ochrany a prevence.* Olomouc: Univerzita palackého v Olomouci, 2012. ISBN 9788024431833.
- [8] Kosmetika a kosmetologie file:///C:/Users/Jakub/Downloads/06\_St%C3%A1rnutí%20k%C5%AF%C5%BEe%20(K+K)%20(1).pdf
- [9] MALINA, Lubor. *Fotodermatózy.* Praha: Maxdorf, 1999. ISBN 8085911221X.
- [10] RŮŽIČKOVÁ JAREŠOVÁ, Lucie. *Stárnutí kůže a péče o ni.* *Medicína pro praxi* [online]. Praha, 2012, s. 3 [cit. 2018-10-28]. Dostupné z: <https://www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2012/06/09.pdf>
- [11] NAIDOO, Khimara, Rebecca HANNA a Mark A BIRCH-MACHIN. *What is the role of mitochondrial dysfunction in skin photoaging?.* *Experimental Dermatolo-*

- gy [online]. WILEY, 2018, **27**(2), s. 124-128 [cit. 2018-11-02]. DOI: 10.1111/exd.13476. ISSN 09066705.
- [12] KOHL, E, J STEINBAUER, M LANDTHALER a R.-M SZEIMIES. Skin ageing. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology* [online]. Blackwell Publishing, 2011, **25**(8), s. 873-884 [cit. 2018-11-02]. DOI: 10.1111/j.1468-3083.2010.03963.x. ISSN 09269959
- [13] BRESSER, Harald. *Krása a zdraví kůže*. Munchen : Dobra a Fontána, 1996. ISBN 8086179249.
- [14] FEŘTEKOVÁ, Vlasta a kolektiv. *Kosmetika v teorii a praxi*. Praha: Maxdorf, 1994. ISBN 8085800209.
- [15] KOBSA, Miroslav a Veronika TOLAŠKOVÁ. Letní období a dětská kůže z pohledu praktického lékaře. *Pediatric pro praxi* [online]. 2016, s. 163–170. [cit. 2018-10-27]. Dostupné z: <https://www.pediatricpropraxi.cz/pdfs/ped/2016/03/08.pdf?fbclid=IwAR2XHPRAyV-cmLAAI5za4iuyAvAavHYFaFA5v02eN-EpCqI56SXHYwJsIJE>
- [16] LAJČÍKOVÁ, Ariana a Luděk PEKÁREK. UV ZÁŘENÍ A JEHO VLIV NA ZDRAVÍ. *Hygiena: časopis pro ochranu a podporu zdraví*. Praha: Státní zdravotní ústav, 2009, s. 61. ISSN 1802-6281. Dostupné z: <https://hygiena.szu.cz/pdfs/hyg/2009/02/07.pdf?fbclid=IwAR1y2yhZtFny4EdG7d2b57461innSoR4K6-YHM-6beHWjIXk8BYfJxAsUdE>
- [17] FINSTERLOVÁ, Marie. *Péče o pleť a vlasy*. Havlíčkův Brod: Grada Publishing a.s., 2006. ISBN 8024713403.
- [18] HOJEROVA, Jarmila, ŠKULTÉTYOVÁ, Katarína. *Materiály pre 2. a 3. ročník študijného odboru kozmetik*. Bratislava: Bratislavské tlačiarne, a. s., Bratislava, 2007. ISBN 9788010012619.
- [19] SCHILLING, Karsten et al. Human safety review of “nano” titanium dioxide and zinc oxide. *Photochemical & Photobiological Sciences*, s. 16. DOI: 10.1039/b9pp00180h
- [20] *ADP cosmetics: The revolution in cosmetics ingredients* [online]. [cit. 2019-04-07]. Dostupné z: <http://adpcosmetics.com/index.html>
- [21] R. KORÁČ, Radava a Kapil M. KHAMBHOLJA. *Potential of herbs in skin protection from ultraviolet radiation* [online], s. 22 [cit. 2019-03-24]. DOI: 10.4103/0973-7847.91114.

- [22] GOSWAMI, Priyanka Kantivan, Mayuri SAMANT a Rashmi SRIVASTAVA. Natural Sunscreen Agents: A Review. *Scholars Academic Journal of Pharmacy* [online], s. 6 [cit. 2018-11-25]. ISSN 2320-4206.
- [23] WATSON, R. R. a S. ZIBADI. Bioactive dietary factors and plant extracts in dermatology: Pongamia pinnata (Linn) Used in Skin Disease. [online] © 2016 [cit. 2016-05-05] ISBN 978-1-62703-167-7. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=kzKqMAkJw3UC&pg=PA473&dq=Pongamia+pinnata&hl=cs&sa=X&ved=0CB4Q6AEwADgKahUKEwioxu7Z38PHAhXFPhQKHfc1BCU#v=onepage&q=Pongamia%20pinnata&f=false>
- [24] DEO YADAV, R., S. K. JAIN, S. ALOK, S. K. PRAJAPATI a A. VERMA. Pongamia pinnata: An Overview. *International Journal Of Pharmaceutical Sciences And Research*. India: Department of Pharmacognosy, Institute of Pharmacy, Bundelkhand University, Jhansi, Uttar Pradesh, 2011-02-12, vol. 2, no. 3, s. 494 – 500. ISSN 0975– 8232.
- [25] CHANDRASHEKAR, L. A., N. S. MAHESH, B. GOWDA a W. HALL. Life cycle assessment of biodiesel production from pongamia oil in rural Karnataka. *CIGR Journal* . Bangalore: M. S. Ramaiah School of Advanced Studies. 2012-07-23, vol. 14, no. 3, s. 67 – 77.
- [26] ELANCHEZHIAN, M. S. RAJARAJAN, P. RAJENDRAN, S. SUBRAMANIAN a S. P. THYAGARAJAN. Antiviral properties of the seed extract of an Indian medicinal plant, Pongamia pinnata, Linn., against herpes simplex viruses: in-vitro studies on Vero cells. India: Department of Microbiology, Dr A. L. M. Post Graduate Institute of Basic Medical Sciences, Taramani, Madras-600 113 and Department of Botany, Presidency College, Madras-600 005. 1993-01-02, vol. 38, s. 262 – 264
- [27] SAVITA, S., D. V. RAO a R. A. SHARMA. In vivo and in vitro Proportional Antimicrobial Activity Karanj (Pongamia pinnata): An Imperative Leguminous Tree. *International Journal of Research and Reviews in Pharmacy and Applied science*. Jaipur: Department of Botany, University of Rajasthan, 2012, vol. 2, no. 6, s. 981 – 985. ISSN 2249-1236.

- [28] Duke, A. Pongamia. ARC CENTRE OF EXCELLENCE FOR INTEGRATIVE LEGUME RESEARCH: The University of Queensland, The University of Newcastle, The Australian National University, The University of Melbourne, 2008.
- [29] JANARDHANAN, K. R. SOAPS AND DETERGENTS. [online] Dostupné z: [http://www.vigyanprasar.gov.in/chemistry\\_application\\_2011/briefs/soaps\\_and\\_detergents.pdf](http://www.vigyanprasar.gov.in/chemistry_application_2011/briefs/soaps_and_detergents.pdf)
- [30] SAKSULE, A. S. a P. A. KUDE. Adsorbents from Karanja Seed Oil Cake and Applications. International Journal of Chemical Engineering and Applied Sciences. Jalgaon: Department of Chemical Engineering, NBA Re-Accredited SSBT'S College of Engineering & Technology, Bambhori, 2012-09-07, vol. 2, no. 3, s. 13 – 23. ISSN 2278-1266.
- [31] BASWA, M. Deodorized Organic Pongamia Glabra Seed Oil. COSMACT. Karunaweera ND: Center of post graduate studies in microbiology: Kumarasinghe SP, 2015, vol. 2, s. 1 – 2.
- [32] SVOBODOVÁ, V. PONGAMIA PINNATA (L.) Pierre - kaleda lysá [online]. In: 2014 [cit. 2018-08-22]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/pongamia-pinnata/>
- [33] NEČASOVÁ, A. Hodnocení genotoxického potenciálu UV filtru. [online] Brno, 2013 [cit. 2018-08-22]. Diplomová práce. Masarykova Univerzita Přírodovědecká Fakulta. Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí. RNDr. Pavel Čupr, Ph.D.
- [34] SHENOY, Priyank A, Sachin S KHOT, Manisha C CHAVAN, Jagruti V TAKAWALE a Sonia SINGH. Study of sunscreen activity of aqueous, methanol and acetone extracts of leaves of Pongamia pinnata (L.) pierre, fabaceae. International Journal of Green Pharmacy [online]. Medknow Publications and Media Pvt., 2010, 4(4), 270-274 [cit. 2018-09-28]. DOI: 10.4103/0973-8258.74137. ISSN 09738258.
- [35] *Pongamia extract: Natural sun protection* [online]. [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: [https://www.email.cz/download/k/4sCl3Jd8ppz\\_2Tg7XW9pAh-m3B5SD0Hxw0PXpAQe98gydG3s8S6HAjmq1bFmM9iYKRbbuw/Pongamia\\_extract.pdf](https://www.email.cz/download/k/4sCl3Jd8ppz_2Tg7XW9pAh-m3B5SD0Hxw0PXpAQe98gydG3s8S6HAjmq1bFmM9iYKRbbuw/Pongamia_extract.pdf)
- [36] PATIL, S., B. FEGADE, U. ZAMINDAR a V. H. BHASKAR. DETERMINATION OF SUN PROTECTION EFFECT OF HERBAL SUNSCREEN CREAM. WORLD JOURNAL OF PHARMACY AND

- PHARMACEUTICAL SCIENCES [online]. Gahlot Institute of Pharmacy, Kopardhairane, Navi Mumbai, 2015, 1554 – 1565 [cit. 2018– 08–22]. ISSN 2278–4357
- [37] The Tewametr TM 300: Technical charges, Courage and Khazaka electronic. 2013
- [38] The Corneometr CM 825: Technical Charges, Courage and Khazaka electronic. 2013
- [39] The Skin – pH – metr PH 905: Technical charges, Courage and Khazaka electronic. 2013
- [40] ČSN ISO 24443. Stanovení ochranného slunečního faktoru UVA in vitro – Česká technická norma. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012. 27 s.
- [41] STOKES, R.P. a B.L. DIFFEY. The water resistance of sunscreen and day-care products. *Association of Dermatologists, British Journal of Dermatology* [online]. 1999, s. 5 [cit. 2019-05-04].
- [42] ZÁPECOVÁ, Denisa. *Ověřování kosmetického potenciálu Pongamia Pinnata*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2016, 94 s. Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/39313>. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická, Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky. Vedoucí práce Pavlačková, Jana
- [43] MRNUŠTÍKOVÁ, Nikol. *Studie účinnosti kosmetických formulací proti slunění s obsahem pongamolu a ZnO*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2017, 95 s. Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/40702>. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická, Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky. Vedoucí práce Pavlačková, Jana
- [44] SABITHADEVI, K., Buddepu MADHAVARAO, Ashok VINNAKOT a Ramprasad MADHIRA VNS. *Drug Invention Today* [online], s. 3 [cit. 2019-04-11]. DOI: Determination of In -Vitro Sunscreen Activity of Pongamia Pinnata (L.) Essential Oil. ISSN 0975-7619
- [45] SABITHADEVI, K., Xiang LI, Cui SHI a et al. [online]. [cit. 2019-04-11]. DOI: Pongamone A–E, five flavonoids from the stems of a mangrove plant, Pongamia pinnata. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2006.05.016>

- [46] PATIL, Sneha et al. DETERMINATION OF SUN PROTECTION EFFECT OF HERBAL SUNSCREEN CREAM. *World journal of pharmacy and pharmaceutical sciences*, s. 12. ISSN 2278 – 4357
- [47] *Somerset Cosmetic Company* [online]. Renton: Somerset Cosmetic Company, 2005 [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: [www.makingcosmetics.com](http://www.makingcosmetics.com)
- [48] *Panthenol* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <https://thederreview.com/panthenol/>
- [49] PAVLAČKOVÁ, Jana et al. In vivo efficacy and properties of semisolid formulations containing panthenol. *Wiley Online Library*, s. 9. DOI: 10.1111/jocd.12527



**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

UV	Ultrafialové záření
VR	Viditelné záření
IR	Infračervené záření
nm	Nanometrů
TiO <sub>2</sub>	Oxid titaničitý
DNA	Deoxyribonukleová kyselina
MED	Minimální erytémová dávka
5-MOP	5-methoxypsoralen
ZnO	Oxid zinečnatý
KCl	Chlorid draselný
NaCl	Chlorid sodný
SDS	Dodecylsírán sodný
SPF	Sluneční ochranný faktor
s <sub>x</sub>	Směrodatná odchylka
TEWL	Transepidermal water loss (transepidermální ztráta vody)
UVA	Dlouhovlnné záření
UVB	Středněvlnné záření
UVC	Krátkovlnné záření
UVA <sub>PF0</sub>	Ochranný faktor UVA před expozicí ultrafialovým zářením
UVA <sub>PF(DX)</sub>	Ochranný faktor UVA po expozicí ultrafialovým zářením
$\lambda$	Vlnová délka
$\lambda_{co}$	Kritická vlnová délka po ozáření ultrafialovým zářením
$\bar{x}$	Aritmetický průměr

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1. Průnik slunečního záření do kůže [2]</i> .....	14
<i>Obr. 2. UV ochrana různých forem TiO<sub>2</sub> [20]</i> .....	28
<i>Obr. 3. Srovnání absorpčního spektra butyl methoxydibenzoylmethanu a pongamolového extraktu [35]</i> .....	36
<i>Obr. 4. Solární stimulátor SUNTEST CPS +</i> .....	42
<i>Obr. 5. Tewametr TM 300</i> .....	43
<i>Obr. 6. Korneometr CM 825</i> .....	44
<i>Obr. 7. pH-metr 905</i> .....	45
<i>Obr. 8. Účinnost vzorku A (SPF 4,8) a) závislost upraveného normovaného průměru mAF na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce</i> .....	55
<i>Obr. 9. Účinnost vzorku B. (SPF 5,3) a) závislost upraveného normovaného průměru mAF na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce</i> .....	56
<i>Obr. 10. Účinnost vzorku C (SPF 10,0) a) závislost upraveného normovaného průměru mAF na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce</i> .....	56
<i>Obr. 11. Účinnost vzorku D (SPF 13,5) a) závislost upraveného normovaného průměru mAF na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce</i> .....	57
<i>Obr. 12. Účinnost vzorku E (SPF 24,0) a) závislost upraveného normovaného průměru mAF vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce</i> .....	57
<i>Obr. 13. Účinnost vzorku F (SPF 31,1) a) závislost upraveného normovaného průměru mAF na vlnové délce, b) závislost absorbance na vlnové délce</i> .....	58
<i>Obr. 14. UVA-PF testovaných formulací před UV radiací, po UV radiaci a po koupeli</i> .....	59

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1. Klasifikace stupňů ochrany podle SPF [2].....</i>	<i>27</i>
<i>Tab. 2. Odhad SPF a poměr použitých UV filtrů testovaných emulzí [2].....</i>	<i>39</i>
<i>Tab. 3. Složení testovaných formulací podle INCI.....</i>	<i>40</i>
<i>Tab. 4. Stupnice tewametru [37].....</i>	<i>43</i>
<i>Tab. 5. Stupnice korneometru [38].....</i>	<i>44</i>
<i>Tab. 6. Stupnice pH hodnot pro ženy [39].....</i>	<i>44</i>
<i>Tab. 7. Doba UV radiace v solárním stimátoru.....</i>	<i>46</i>
<i>Tab. 8. Aplikace testovaných formulací na volárních stranách předloktí .....</i>	<i>47</i>
<i>Tab. 9. Parametry testovaných formulací .....</i>	<i>53</i>
<i>Tab. 10. Parametry testovaných formulací po koupeli.....</i>	<i>58</i>
<i>Tab. 11. Výsledky měření TEWL .....</i>	<i>60</i>
<i>Tab. 12. Výsledky hydratace stanovené pomocí korneometru .....</i>	<i>62</i>
<i>Tab. 13. Výsledky měření pH pokožky.....</i>	<i>63</i>
<i>Tab. 14. Součet pořadí u pořadové zkoušky zaměřené na konzistenci.....</i>	<i>64</i>
<i>Tab. 15. Součet pořadí u pořadové zkoušky zaměřené na roztíratelnost.....</i>	<i>64</i>
<i>Tab. 16. Součet pořadí u pořadové zkoušky zaměřené na vstřebatelnost.....</i>	<i>64</i>
<i>Tab. 17. Součet pořadí u pořadové zkoušky zaměřené na celkovou preferenci.....</i>	<i>65</i>

## **SEZNAM PŘÍLOH**

**P I: Dotazník a individuální informovaný souhlas**

**P II: Dotazník pro sensorické hodnocení emulzních formulací**

# PŘÍLOHA P I: DOTAZNÍK A INDIVIDUÁLNÍ INFORMOVANÝ SOUHLAS

## DOTAZNÍK PRO ÚČASTNÍKA MĚŘENÍ

Jméno:

Příjmení:

Věk:

Pohlaví:

Kód pokusné osoby (evidenční číslo):

**Současný zdravotní stav:**

<b>Vyskytuje se u Vás nyní:</b>	<b>ano</b>	<b>ne</b>	<b>jaké</b>
lupénka			-----
ekzém			-----
rakovina kůže			-----
jiné kožní problémy a onemocnění			
jizvy, mateřská znaménka, jiné vady kůže v místě testu			-----
zarudnutí kůže po slunění nebo z jiného důvodu v místě testu			-----
astma vyžadující denní příjem léků			-----
jiné chronické respirační onemocnění			
diabetes vyžadující léčbu inzulínem			-----
onemocnění imunitního systému			

**Zdravotní stav v minulosti:**

<b>Prodělal(a) jste:</b>	<b>ano</b>	<b>ne</b>
transplantaci orgánů		
léčbu maligního nádoru v posledních 6 měsících		

**Užívání léků:**

<b>Berete či používáte pravidelně:</b>	<b>ano</b>	<b>ne</b>	<b>jaké</b>
protizánětlivé léky (např. aspirin, ibuprofen, hydrokortizon, nebo jiné steroidy)			
imunosupresivní léky (např. cyklosporin A)			
jiné léky			

**Alergická léčba:**

<b>Probíhá u vás v současné době:</b>	<b>ano</b>	<b>ne</b>	<b>jaká</b>
alergologická léčba (kapky, injekce, apod.)			
dostali jste poslední dávku během minulého týdne			-----
očekáváte další dávky v průběhu studie			-----

**Pouze pro ženy:**

<b>Jste:</b>	<b>ano</b>	<b>ne</b>
těhotná nebo kojící		

**Alergie:**

<b>Projevila se u vás někdy alergie na:</b>	<b>specifikujte:</b>
detergenty a čisticí prostředky	
kosmetické přípravky a vůně parfémů	
přípravky do koupele a na mytí (šampón, mýdlo)	
pleťové krémy a mléka, lotiony	
antiperspiranty a deodoranty	
léky	
jiné materiály	

**Doplňkové informace:**

<b>Zdravotní stav:</b>	<b>specifikujte:</b>
používáte pravidelně jakýkoliv přípravek pro léčbu kůže	
používáte pravidelně jakékoliv léčivo (na předpis, či volně prodejné)	
navštěvujete v současné době lékaře kvůli:	
alergiím	
kožním problémům	
z jiného důvodu	
máte nějaké jiné zdravotní potíže	

**Účast v dalších studiích:**

<b>Studie:</b>	<b>Typ studie:</b>	<b>Datum poslední studie:</b>
účastnil(a) jste se někdy kožního testu	-----	
účastníte se v současné době jiné studie jakéhokoliv druhu		

podpis účastníka měření:

datum:

---

**Pouze pro účely organizátora měření**

Na základě zjištěných údajů je účastník a) přijat

b) nepřijat

Zdůvodnění:

Datum:

Podpis organizátora:

## **INDIVIDUÁLNÍ INFORMOVANÝ SOUHLAS**

V rámci realizace experimentální části diplomové práce budou na Vaši kůži aplikovány různé testované výrobky. U všech výrobků byla posouzena dokumentace z hlediska jejich bezpečnosti. Všechny známé informace o zkoumaných výrobcích dovolují testování na dobrovolnících.

### **Cíl studie**

Cílem práce je zjistit odezvu Vaší pokožky na aplikovaný přípravek pomocí exaktně změřených veličin.

### **Podmínky účasti**

Před zahájením vlastního experimentu je nutno vyplnit dotazník (viz. příloha č. 3). Součástí dotazníku jsou údaje o Vašem zdravotním stavu, alergiích, kožních problémech, o užívaných lécích a o dřívější účasti v obdobných studiích. Na základě Vašich pravdivých odpovědí bude rozhodnuto o účasti v daném cvičení.

### **Metodika testu**

Experiment bude prováděn diplomantkami pod dohledem kvalifikovaných pracovníků Ústavu technologie tuků, tenzidů a kosmetiky a dermatologa. Plánovaná práce zahrnuje: - jednorázový otevřený kožní test (epikutánní test na vnitřní straně předloktí).

### **Odstoupení z laboratorní práce**

Z práce je možno odstoupit při výskytu závažnějších potíží po dohodě s vedoucím diplomové práce.

### **Rizika a nepříjemnosti**

Během práce může dojít k podráždění odpovídající lehkému připálení sluncem. Místo aplikace může zrudnout nebo zčervenat, dočasně pálit, svědit nebo se vysušit. Nej- silnější očekávanou reakcí je zrudnutí, které může být doprovázeno místním otokem. Nej- sou očekávány žádné trvalé následky.



## PŘÍLOHA P II: DOTAZNÍK PRO HODNOCENÍ EMULZNÍCH FORMULACÍ

### PROTOKOL PRO SENZORICKÉ HODNOCENÍ TESTOVANÝCH EMULZÍ

Jméno: \_\_\_\_\_

Datum a hodina: \_\_\_\_\_

Podpis: \_\_\_\_\_

**1 ÚKOL:** Pořadové testy podle intenzity znaků

#### Konzistence

Seřaďte následující vzorky podle konzistence od nejméně (1) po nejvíce (6) konzistentní.

Kód vzorku	A	B	C	D	E	F
Pořadí						

#### Roztíratelnost

Seřaďte následující vzorky podle roztíratelnosti od nejlépe (1) po nejhůře (6) roztíratelný.

Kód vzorku	A	B	C	D	E	F
Pořadí						

#### Vstřebatelnost

Seřaďte následující vzorky podle vstřebatelnosti od nejlépe (1) po nejhůře (6) vstřebatelný.

Kód vzorku	A	B	C	D	E	F
Pořadí						

### Celková preference

Seřadte následující vzorky podle celkové preference od nejvíce (1) po nejméně (6) preferovaný.

Kód vzorku	A	B	C	D	E	F
Pořadí						

### **2 ÚKOL:** Párová porovnávací zkouška

Který ze vzorků C a D je hustší?

\_\_\_\_\_

Který ze vzorků A a B se lépe roztírá?

\_\_\_\_\_

Který ze vzorků E a F má intenzivnější barvu?

\_\_\_\_\_