

Využití nanomateriálů v kosmetice, osobní hygieně a čisticích prostředcích

Egorkina Kristina

Bakalářská práce
2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

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

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Kristina Egorkina**
Osobní číslo: **T18510**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie výroby tuků, kosmetiky a detergentů**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Využití nanomateriálů v kosmetice, osobní hygieně a čistících prostředcích**

Zásady pro vypracování:

Při vypracování literární rešerše definujte nanomateriály, věnujte se jejich historii a předpokládanému vývoji, popište charakteristiky, regulační a bezpečnostní aspekty nanomateriálů, jejich využití v různých oblastech s důrazem na uplatnění v kosmetických produktech, osobní hygieně a čistících prostředcích

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Vědecké články z databází *Web of Science* , *Scopus* a další; databáze elektronických knih (např. *Knovel*)

Barabaszová, K. (2006) Nanotechnologie a nanomateriály. VŠB-TU Ostrava. Tiskárna Šenk.

Nalwa, H. S. (2004) Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology. American Scientific Publisher.

Nalwa, H. S. (2000). Handbook of Nanostructured Materials and Nanotechnology. Academic Press.

Bhushan, B. (2012) *Encyclopedia of Nanotechnology* , Springer Science.

Rosen R. Meyer (2005) *Delivery System Handbook for Personal Care and Cosmetic Products* , USA: William Andrew Publishing

Rao C., Müller, A., Cheetham A. K. (2004) *The Chemistry of Nanomaterials, Synthesis , Properties and Applications*. Wiley Online Library.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jana Pavlačková, Ph.D.

Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Datum zadání bakalářské práce:

2. ledna 2019

Termín odevzdání bakalářské práce:

20. května 2019

Ve Zlíně dne 12. března 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

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

Příjmení a jméno: Kristina Egorkina

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 obhajoby¹⁾;
- 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. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ 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 § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně

.....

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

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

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k 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 požítovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

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

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

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

¹¹ 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 díla:

(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 výdělků jím 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 výdělků dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Práce vysvětluje pojmy z oblasti nanomateriálů a nanotechnologií včetně jejich charakteristiky, rozdělení a metod příprav. Stěžejní část je věnována aplikaci nanočástic v kosmetice, osobní hygieně a čisticích prostředcích. Dále byla zpracována interakce nanočástic s lidským organismem v návaznosti na rizika a regulační mechanismy pro bezpečné aplikace v kosmetice.

Klíčová slova: nanočástice, nanotechnologie, nanokosmetika, nosiče, rizika, toxicita, legislativa

ABSTRACT

Abstrakt ve světovém jazyce

The thesis explains the concept of nanomaterials and nanotechnologies, including their characteristics, classification and preparation methods. The main part is focused on the application of nanoparticles in cosmetics, personal hygiene and cleaning agents. Furthermore, the interaction of nanoparticles with the human organism in relation to risks and regulatory mechanisms for safe applications in cosmetics was elaborated.

Keywords: nanoparticles, nanotechnologies, nanocosmetics, carriers, risks, toxicity, legislation

Poděkování

Moc děkuji paní Ing. Janě Pavlačkové, Ph.D. za její velkou trpělivost, cenné rady, podporu a pomoc, kterou mě poskytovala v průběhu zpracování bakalářské práce. Stejně tak děkuji za poskytnuté materiály a konzultace, bez kterých by tato práce nemohla vzniknout.

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

OBSAH

TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 NANOMATERIÁLY.....	12
1.1 HISTORIE A VÝVOJ NANOMATERIÁLŮ	12
1.2 NANOVĚDA A NANOTECHNOLOGIE	13
1.3 CHARAKTERISTIKA A ROZDĚLENÍ NANOMATERIÁLŮ	14
1.3.1 Nanočástice.....	15
1.3.4 Nanotrubice	16
1.3.5 Nanovlákná.....	17
1.3.6 Fullereny.....	17
1.4 METODY PŘÍPRAV NANOMATERIÁLŮ	17
1.4.1 Top-down postupy	18
1.4.2 Bottom-up postupy	18
2 APLIKAČNÍ OBLASTI NANOMATERIÁLŮ	19
2.2 APLIKACE NANOČÁSTIC V KOSMETICE	19
2.2.1 Nekovové nanočástice v kosmetických přípravcích.....	22
2.2.1.1 Dekorativní kosmetika.....	23
2.2.1.2 Dentální péče	23
2.2.1.3 Vlasové kosmetické přípravky	24
2.2.1.4 Péče o pleť	24
2.2.2 Kovové nanočástice v kosmetických přípravcích	24
2.2.2.1 Dekorativní kosmetika.....	25
2.2.2.2 Dentální péče	26
2.2.2.3 Deodoranty	26
2.2.2.4 Vlasové kosmetické přípravky	27
2.2.2.5 Péče o pleť	28
2.2.2.6 Sunscreens – přípravky proti slunění	28
2.2.2.7 Antibakteriální přípravky	31
2.3 ČISTICÍ PROSTŘEDKY.....	32
2.3.1 Příklady čisticích produktů.....	32
2.3.2 Autokosmetika s nanočásticemi	33
3 TOXICKÝ ÚČINEK NANOMATERIÁLŮ	35
3.1 INTERAKCE NANOČÁSTIC NA BUNĚČNÉ ÚROVNI	35
3.2 VSTUP NANOČÁSTIC DO ORGANISMU.....	35
3.2.1 Příjem částic dýchacími cestami	36
3.2.2 Příjem částic trávicím traktem	37
3.2.3 Příjem nanočástic dermální cestou	37
4 RIZIKANANOMATERIÁLŮ A NANOTECHNOLOGIÍ.....	39
5 LEGISLATIVA	40
5.1 VYBRANÉ ČÁSTI Z NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) Č. 1223/2009 TÝKAJÍCÍ SE NANOMATERIÁLŮ	40
ZÁVĚR.....	42
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	43

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	52
SEZNAM OBRÁZKŮ	53
SEZNAM TABULEK	54

ÚVOD

Nanomateriály nepředstavují jeden univerzální materiál, ale jsou rozsáhlou skupinou mnoha různých materiálů, které lze kombinovat navzájem a dosáhnout tak nových zcela unikátních vlastností.

Díky tomuto aplikačnímu potenciálu se v současnosti otevírají nové možnosti v celé řadě oborů a tedy i v kosmetologii. O jejich významu v nanokosmetologii svědčí i nárůst publikací v mezinárodních vědeckých časopisech. Výzkum věnovaný nanočásticím v této oblasti ukazuje, že mohou být účinnou součástí péče o pokožku. To je důvodem, proč stále více výrobců kosmetiky používá nanočástice do svých produktů jako jsou například hydratační přípravky, přípravky určené k péči o vlasy, líčidla, přípravky proti stárnutí pleti a slunění.

Ale vzhledem k velikosti nanočástic je třeba mít neustále na vědomí, že jsou schopny pronikat pokožkou do hloubky, ve které již nebudou bezpečné. V souvislosti s těmito vlastnostmi nelze opomíjet ani rizika spojená s některými toxickými účinky, jako je oxidační poškození biologicky důležitých struktur. Stanovení limitů, které by chránily člověka před nežádoucími účinky nanomateriálů a zároveň neomezovaly důležitý rozvoj nanotechnologií, je velmi náročný a zdlouhavý úkol.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 NANOMATERIÁLY

Nanomateriály nejsou původně výtvozem člověka, jsou vytvářeny i bez lidské pomoci. Zdrojem přírodních nanomateriálů mohou být požáry, vulkanická činnost, eroze atd. Mohou vznikat i biologickými procesy, jako jsou například metabolické procesy bakterií. Lidskou činností vznikají nanomateriály díky spalovacím procesům v dopravě a energetickém průmyslu, opotřebováváním pneumatik atd.[1].

Význam nanomateriálů a nanotechnologií vzrůstá díky jejich širokému aplikačnímu potenciálu a využití v různých oblastech lidské činnosti včetně potravinářství, zemědělství, kosmetického průmyslu, zdravotní péče či dekontaminace životního prostředí [2].

1.1 Historie a vývoj nanomateriálů

Nejstarším dochovaným předmětem ze 4. století n.l. jsou tzv. Lykurgovy poháry vyrobené ze skla obsahujícího zlato a stříbro ve formě nanokrystalů o rozměru cca 70 nm, čímž je dosaženo zajímavých metalických barevných efektů. Ve 13.–16. století se objevila lesklá glazovaná keramika, která vytvářela kovový film o tloušťce 200–500 nm. Obsahovala kovové (stříbrné) sférické nanokrystaly rozptýlené v matrici bohaté na křemík. Ve vnější vrstvě filmu o tloušťce 10–20 nm se však žádný kov nenacházel. Podobné nálezy pocházejí také z italské Umbrie, kde byly v renesanční glazurované keramice přítomny částice stříbra o průměru 5–100 nm[3].

Z vědeckého světa pochází zpráva o nanomateriálech z roku 1857, kdy bylo Michaellem Faradayem syntetizováno koloidní zlato. V roce 1861 Thomas Graham jako první popsal suspenzi obsahující částice o rozměrech 1–100 nm a nazval ji koloidním systémem. Max Knoll a Ernst Ruska v roce 1931 – vynalezli elektronový mikroskop umožňující zobrazit objekty menší než 1 nm[4].

Termín nanotechnologie poprvé navrhl Japonec Taniguči v roce 1974. Na možnost vytváření materiálů s velikostí zrna menší než 100 nm, které by měly disponovat mnoha zajímavými a užitečnými doplňkovými vlastnostmi ve srovnání s tradičními mikrostrukturními materiály upozornil německý vědec G. Glejter v roce 1981. Glejter a sovětský vědec Morochov přispěli do odborné literatury svojí představou o nanokrystalech.

Glejter zavedl také termíny nanokrystalické, nanostrukturní a nanofázové materiály.

Zásadní rozvoj v oblasti nanotechnologií nastal v 80. letech minulého století zavedením nových mikroskopických metod – řádkovacího tunelového mikroskopu (STM – Scanning Tunneling Microscope) a mikroskopie atomárních sil (AFM – Atomic Force Microscopy) umožňující pozorování a manipulaci až na úrovni jednotlivých atomů [5].

Mezi další mezníky lze uvést rok 1993, kdy vznikly první nanodráty – řetízky silné pouze několik nanometrů. V roce 1997 byla založena společnost Zyvex, která se jako první začala zabývat konstrukcí nanomechanismu.

V roce 2001 byl vytvořen první tranzistor z nanotrubiček, který byl základem pro optický přenos dat v inteligentních nanosystémech [3].

V roce 2003 profesor Oldřich Jirsák z Technické university v Liberci vynalezl unikátní technologii Nanospider, která umožňuje průmyslovou výrobu netkaných textilií tvořených nanovláknem, tj. vlákny o průměru 20 až 500 nm, která našla uplatnění ve zdravotnictví, automobilovém průmyslu, energetice, stavebnictví, kosmetice a ochraně životního prostředí [6]

Nobelovu cenu za fyziku v roce 2010 získali Andre Geim a Konstantin Novoselov za průlomový experiment týkající se dvojrozměrného uhlíkového krystalu – grafenu.

V nanoformě je dosud k dispozici cca 44 prvků periodické tabulky a jejich sloučenin. Další stále přibývají. V současnosti se ale nejčastěji používají nanomateriály skládající se z přechodných kovů (nanostříbro, nanoželezo); křemíku, uhlíku (uhlíkaté nanotrubičky, dendrimery) a oxidů kovů (zejména oxidy titanu, zinku a ceru)[1].

1.2 Nanověda a nanotechnologie

Termíny nanověda a nanotechnologie jsou často zaměňovány, jedná se obsahově však o dva různé pojmy.

Nanověda se zabývá studiem jevů a manipulací s materiály na atomové, molekulární a makromolekulární úrovni, kde se vlastnosti výrazně liší od vlastností ve větších rozměrových škálách [6].

Nanotechnologie jsou definovány jako aplikace vědeckého poznání vedoucí k syntéze, manipulaci a použití materiálů v rozmezí 1–100 nm, u nichž se mohou objevovat nové vlastnosti a fenomény vzhledem k tomuto rozměru [7]. Termín nanotechnologie po-

cháží od slova nanometr nebo milimikron – jednotka délky, která se rovná jedné miliardtině metru. V současné době se nanotechnologie rozšiřují z laboratoří do různých aplikací. Jsou rozlišovány čtyři generace nanostruktur [7]:

- pasivní,
- aktivní,
- nanosystémy,
- molekulární nanosystémy.

1.3 Charakteristika a rozdělení nanomateriálů

Za nanomateriál nebo také nanostrukturální materiál je označován takový materiál, jehož stavebními prvky jsou nanočástice s přesně definovanými vlastnostmi a rozměry.

Nanomateriálem je materiál, který má nejméně jeden rozměr mezi 1 až 100 nm. V současné době je v rámci EU navržena širší definice pro nanomateriály (2011/696/EU), která zahrnuje i jejich potenciální rizika: „Nanomateriálem se rozumí přírodní materiál, materiál vzniklý jako vedlejší produkt nebo materiál vyrobený obsahující částice v nesloučeném stavu nebo jako agregát či aglomerát, ve kterém je u 50 % nebo více částic ve velikostním rozdělení jeden nebo více vnějších rozměrů v rozmezí velikosti 1 až 100 nm“. Prefix nano znamená rozměr v jednotkách 10^{-9} nm. Evropská komise připouští i některé výjimky, co se týká nižšího (1–50%) obsahu částic v tomto rozmezí. Mezi nanomateriály jsou též zahrnuty fullerény, grafenové vločky a jedностěnné uhlíkové nanotrubičky s jedním nebo více rozměry pod 1 nm [8].

Anglickým termínem engineered nanomaterial (ENM) je označován materiál, který byl vyprodukován buď záměrně, nebo neúmyslně. Skládá se ze strukturálních a funkčních částí, které jsou umístěny uvnitř nebo na povrchu daného materiálu. Různé množství těchto částic může nabývat jeden nebo více rozměrů v rozsahu 100 nm a méně [7].

Nanomateriály, se podle počtu rozměrů, v nichž nabývají hodnot pod 100 nm, mohou vyskytovat ve formě nanočástic, nanovláken a nanofilmů. Typem nanomateriálu, který má v současné době nejširší aplikační využití a z toho vyplývající vyšší pravděpodobnost expozice živých organismů, jsou nanočástice [7].

Z pohledu definice se částicí rozumí malá část hmoty s definovanými fyzikálními hranicemi. Agregátem je pak částice složená z pevně vázaných nebo sloučených částic.

Aglomerát je shlukem slabě vázaných částic nebo agregátů, jejichž výsledný vnější povrch je podobný součtu povrchů jednotlivých složek [8].

Podle geometrie lze nanoobjekty rozdělit do následujících skupin [9], [10]:

- 0D – nanorozměry ve všech třech souřadných osách – obecně nanočástice (nanoparticles), porézní nanomateriály, nanopěny (nanofoams), kvantové tečky (quantum dots), objemové nanomateriály a nanostroje složené z makromolekul,
- 1D – nanorozměry ve dvou souřadnicových osách – obecně nanovlákná (nanofibres), nanopásky (nanoribbons), nanotyče (nanorods), nanotrubičky (nanotubes), nanodráty (nanowires), kvantové drátky (quantum wires), pilíře (pillars) a fullereny, které mají jeden rozměr větší než 100 nm,
- 2D – nanorozměry v jedné souřadnicové ose – obecně nanodesky – tenké vrstvy (layers, films), deskovité nanokrystaly, kvantové jámy (quantum wells), nanostěny (nanowalls), rovinné makromolekuly např. grafénový list,
- 3D – kombinace výše uvedených materiálů do větších celků.

Materiály obsahující nanoobjekty [10]:

- nanokompozity (nanocomposites) – kombinace materiálu v pevné fázi s nanostrukturním materiálem,
- nanotekutiny (nanofluids) – nanostrukturní materiál rozptýlen v kapalině nebo plynu, např. koloidní roztoky nebo gely.

1.3.1 Nanočástice

Nanočástice mohou vznikat vlivem přírodních procesů nebo jako důsledek řízené či neřízené lidské činnosti. Přírodní nanočástice jsou velmi rozmanité. Vznikají sopečnou činností, jsou přítomny v prachu, jemném mořském aerosolu, písku a půdních koloidech. Mezi přírodní nanočástice se řadí také viry, DNA, proteiny, pyl apod. [2].

Nanočástice produkované řízenou lidskou činností jsou mnohem lépe definované a více uniformní. Základní rozdělení je uvedeno v Tab. 1 [2]. Oproti tomu antropogenní nanočástice vznikající náhodným procesem, jsou ve své struktuře i velikosti velmi variabilní. Nejběžnějšími nekontrolovanými procesy vzniku nanočástic patří spalování v diesellových motorech, důlní činnost, svařování atd.

Mezi nanočástice oxidů kovů patří řada oxidů přechodných kovů (Fe_2O_3 , CuO , TiO_2 , ZnO nebo CeO_2) a také SiO_2 . Tyto částice jsou součástí řady spotřebních výrobků (kosmetické přípravky, katalyzátory, biomedicína) [11].

Tab.1. Rozdělení cíleně produkováných nanočástic [2]

Typ nanočástice	Popis
Uhlíková čern	Čistá forma uhlíku. Velmi jemný černý prášek. Částice menší než 100 nm.
Kovy, oxidy, keramika	Množství kompaktních forem nanočástic včetně nano oxidu titaničitého a křemene. Často v agregované podobě. Kompozity obsahují např. kovové jádro a povrch z oxidu kovu či slitiny.
Fullereny	Sférické molekuly složené z atomů uhlíku.
Uhlíkové nanotrubičky	Allotropní forma uhlíku s cylindrickou strukturou. Mohou být jednostěnné (single-walled) či víceštěnné (multi-walled).
Nanodrátky	Vodivé či polovodivé nanodrátky o velikosti desítek nm, např. Co, Au, Cu, Si.
Kvantové tečky	Malé (2–10 nm) útvary polovodičového materiálu s elektronickými, optickými nebo katalytickými vlastnostmi.
Dendrimery	Polymery s rozvětvenou strukturou, často symetrické okolo jádra. Možnost funkcionalizace periferních funkčních skupin.
Nanojíly	Keramické nanočástice, např. bentonit, kaolinit aj.

1.3.4 Nanotrubičky

Uhlíkové nanotrubičky – tubuleny (CNTs– carbon nanotubes) jsou podlouhlé útvary, jejichž stěny jsou tvořeny atomy uhlíku. Existují jednovrstvé (SWNTs–single-walled carbon nanotubes) i vícevrstvé (MWNTs– multiple-walled carbon nanotubes). Tyto útvary se dají získat různými technikami, nejčastěji se využívá elektrického oblouku mezi grafitovými elektrodami obvykle za přítomnosti katalyzátorů (Fe, Co, Ni) nebo laserové ablace uhlíkového povrchu v peci. Uhlíkové nanotrubičky se dnes vyrábějí pro vědecké účely, jejich nevýhodou je vysoká cena. Další jejich nevýhodou je, že tyto

nanostruktury jsou nedostupné jako čisté z hlediska délky, šířky, počtu vrstev – vždy se jedná o směs skládající se z provazců a svazků, které vytvářejí kompaktní nerozpustnou hmotu [12].

Vyznačují se dobrými elektrickými, mechanickými a chemickými vlastnostmi, které své uplatnění nacházejí zejména v oblasti elektroniky, polymerního průmyslu, energetiky nebo medicíny [11].

1.3.5 Nanovlákná

Nanovlákná mají průměr menší než 1 μm (cca 50–500 nm) a jsou uměle vytvořená. Lze je pozorovat pomocí elektronického rastrovacího mikroskopu. Nejčastěji jsou vyráběna z polymerních roztoků. Vzhledem ke svému objemu mají nanovlákná velkou povrchovou plochu. Díky své vysoké pórovitosti a vynikající prodyšnosti může být nanovláknenná vrstva nanosená na podkladovou textilií. Rozdíl mezi nanovláknem a nanočásticemi je v jejich geometrii. Nanovlákná mají minimálně jeden rozměr větší než 100 nm, kdežto nanočástice mají všechny rozměry v nanometrické škále [7],[13].

1.3.6 Fullereny

Fullereny tvoří významnou skupinu nanomateriálů, které byly pojmenovány po architektu Richardu Buckminsteru Fullerovi. Fullereny jsou považovány za třetí alotropickou modifikaci uhlíku vedle grafitu a diamantu, přičemž se jedná o kondenzované polycyklické klecovité struktury. Vytváří přednostně pěti- a šestiúhelníky, ale mohou se skládat i do sedmiúhelníků. Kulovité fullereny jsou označovány jako buckyballs a válcovité se nazývají buckytubes – uhlíkové nanotrubičky.

Fullereny se v počátcích získávaly z fullerenových sazí, které vznikaly při ochlazení uhlíkového plazmatu vytvořeného elektrickým obloukem mezi dvěma grafitovými elektrodami. Děj probíhal v prostředí inertního plynu – helia. Fullereny byly také připraveny v plamenů různých organických látek [12].

1.4 Metody příprav nanomateriálů

K výrobě nanomateriálů se obvykle používá jedna ze dvou metod – metoda top-down nebo metoda bottom-up. Metoda top-down (neboli zmenšování) se zabývá výrobou nanomateriálů z větších celků, zatímco metoda bottom-up (zvětšování) se zabývá výrobou nanomateriálů tzv. sestavením atomů.

U obou metod je podstatná kontrola podmínek vytváření (např. energie elektronového svazku) a kontrola podmínek prostředí (přítomnost prachu, nečistoty apod.). Z těchto důvodů využívají nanotechnologie vysoce sofistikované nástroje pro výrobu nanomateriálů, které jsou provozovány ve vakuu superčistých laboratorních prostor [14].

1.4.1 Top–down postupy

Nanoobjekty se utvářejí zmenšováním struktury již existujícího materiálu. Můžeme ji použít na většinu nanomateriálů. Mezi strategie top-down patří například syntéza nanokrystalitů α -Al₂O₃ vysokoenergetickým mechanickým mletím z γ -Al₂O₃, kryochemický proces nebo vyhořivací syntéza [9].

V současnosti tyto výrobní postupy převládají nad postupy bottom-up, kdy do nanosvětla pronikáme z makrosvětla. Technologie top-down pracují v rozměrech 10–100 nm.

1.4.2 Bottom-up postupy

Druhá, méně používaná metoda, spočívá na vystavění nanočástic z jednotlivých atomů nebo molekul. Bottom-up metody lze rozdělit na metody syntézy nanočástic z plynné fáze (chemická depozice CVC – kondenzace chemických výparů, syntéza v plazmě atd.) nebo z kapalně fáze (sol-gel procesy, samoorganizace atd.). Všechny přírodní materiály, organické i anorganické, jsou vytvářeny procesem samoorganizace (self-assembly). V přirozených biologických procesech se molekuly samoorganizují, aby vytvořily složité struktury s nanopřesností. Příkladem je třeba tvoření dvoušrovice DNA nebo buněčné membrány z fosfolipidů. K samoorganizaci dochází většinou v kapalných roztocích a na rovných površích substrátu.

I tato metoda má své výhody. Jako např. lepší kontrola požadované velikosti a tvaru a dále pak produkce komplexnějších struktur z atomů a molekul. Uplatňují se v přírodě při vytváření biologických struktur. Jejich velikost se dnes pohybuje pouze v rozmezí asi 2–10 nm. Tyto metody jsou stále ve vývojové fázi. Předpokládá se ale, že v budoucnu naleznou ve výrobě velké uplatnění. Dnes se používají např. pro výrobu uhlíkových nanotrubic a kvantových teček [3], [10], [13], [15].

2 APLIKAČNÍ OBLASTI NANOMATERIÁLŮ

K extenzivnímu rozvoji nanotechnologií dochází do několika rozhodujících odvětví, jako je molekulární medicína, kdy se využívá schopnosti průniku k cílovým orgánům a tkáním s jejich následným ovlivněním. Některé nanomateriály mohou fungovat jako nosiče léčiv nebo jako nosiče kontrastních látek pro zobrazování tkání nebo diagnostiku některých onemocnění, dále v regenerativní medicíně a nanobiofarmaceutice. Významný rozvoj je také předpovídán v potravinářství, zejména ve vývoji nových obalových materiálů, aditiv, stabilizátorů či přípravě nových potravin a dále při vývoji nanofiltrů pro filtraci pitné a podzemní vody [7]. Dalším odvětvím je kosmetický průmysl, pro který jsou nanomateriály zajímavé z několika důvodů. Jsou schopné pronikat hlouběji do kůže než jiné látky, mohou mít antioxidační a antimikrobní vlastnosti a disponují i specifickými optickými vlastnostmi [16]. Využití nanomateriálů v kosmetice a oblasti spotřební chemie budou věnovány další subkapitoly.

2.2 Aplikace nanočástic v kosmetice

V současnosti se v oblasti kosmetiky nanotechnologií využívá v oblasti obalů, výrobních zařízení a vývoje formulací. Mezi obalové technologie patří antibakteriální povlaky (nanostříbro, ZnO, MgO) prodlužující dobu skladovatelnosti díky vytváření bariéry proti působení vzduchu či vlhkosti. Dále jsou uplatňovány jako radiofrekvenční identifikační štítky, které umožňují monitorovat teplotně vlhkostní profily během skladování či transportu. Využití nanotechnologií u výrobních zařízení nemusí být patrné u koncového spotřebitele, ale může být velkým benefitem pro výrobní proces – využití nelepivých materiálů, snadno udržovatelné plochy, nízké tření a zlepšená energetická účinnost

Největší podíl nanovýzkumu a vývoje je v oblasti kosmetických formulací, kdy údaje z roku 2009 uvádí jako nejčastěji používaný nanomateriál stříbro (299 produktů), uhlík (82 produktů), titan/TiO₂ (50 produktů), křemík/SiO₂, zinek/ZnO (30 produktů) a zlato (27 produktů). Některé z nich prezentuje Tab. 2.

V samotných kosmetických přípravcích mohou plnit funkci aktivní látky, nosiče nebo přídatné látky. Nanočástice mají odlišnou morfologii, mohou být jak organického, tak i anorganického původu. Jako aktivní přísady se nabízí jejich využití pro filtraci ultrafialového (UV) záření, bělení pleti, v péči o vlasy a zuby. Ve formulaci mohou plnit funkci zahušřovadla a tak ovlivňovat texturní nebo optické vlastnosti (transparentnost,

barva atd.). Kosmetické nanonosiče nevykazují biologickou aktivitu, používají se k transportu vitaminů, antioxidantů, UV filtrů, antiaknózních a antiaging substancí do pokožky, kde dochází k jejich uvolnění [17].

Budoucností kosmetického průmyslu jsou nanoemulze, které mohou být definovány jako emulze olej ve vodě (o/v) nebo voda v oleji (v/o) s kapkami do 100 nm. Nanoemulze se vyznačují unikátními texturními vlastnostmi. Pozitivně je po aplikaci nanoemulzí vnímáno vytvoření souvislého okluzivního filmu na pokožce, který posiluje její bariérovou funkci. Okluzivní efekt může vést ke zvýšení množství vody v rohové vrstvě až o 50 % [18].

Nanosomy, niosomy nebo liposomové formulace obsahují malé vezikuly (rozmezí 50 až 5000 nm) sloužící k transportu účinných kosmetických látek a také jejich ochraně před světlem a působením kyslíku. Ukazuje se, že tyto vezikulové materiály obecně nepenetrují dál než pod povrchové vrstvy *stratum corneum*. V porovnání s tradičními formami kosmetických přípravků (roztok, gel nebo krém) mohou takové nanočásticové formy přípravků zvýšit nebo snížit vstřebávání nebo penetraci do pokožky, třeba jen v určitém rozsahu. Nedávno se objevily nové vezikulární farmaceutické aplikace tzv. transferosomů, které významně zvyšují perkutánní transport léčivých látek.

Pro níže uvedené rozdělení přípravků s obsahem nanočástic v kosmetické oblasti bylo využito publikace od autorů Miharanyan a kolektivu [17].

Tab. 2a. Kosmetické výrobky s uplatněním nanomateriálů.[17]

Skupina	Složka	Použití	Příklad výrobku
Aktivní	Arbutin	Bělidlo	Nano Bright™
Kovy a oxidy kovů	ZnO	Opalovací krémy	ZinClear-IM™
	Ag	Antibakteriální látky	GNS Nanogist; Susie-K Nano Beauty Soap
	Fe _x O _y	Korektor	Mineral foundation
	Au	Konjugovaná hedvábná mikrovlákna	Chantecaille Nano Gold Energizing Cream; Nanorama
	Pt/Ag	Absorpční nanoprodukty	Platinum Silver Nanocolloid Milky Essence
	ZnO/Ti _x O _y	Korektor	Face Brushes™ After Glow Brush and Brush Colores; Sunforgettable™
	Ti _x O _y	Přípravky proti slunění	Soltan®
	Al/Al ₂ O ₃	Korektor	Alusion™
	Ag/Ti/Ti _x O _y	Péče o vlasy	Nano Weight Pro 1800
Uhlík	Fullereny	Inhibice volných radikálů	Zelens®; Radical Sponge®
	Fullerosomy	Inhibice volných radikálů	Sircuit®
Nanohlína a oxid křemičitý	SiO ₂	Zpevňuje pokožku a nosič aktivních látek	LEOREX®; Rénergie®
	SiO ₂ /Me _x O _y	Přípravky proti slunění	Eusolex® UV Pearls
	Mica/ZnO/ Ti _x O _y		Dual Finish Pressed Compacts

Tab. 2b. Kosmetické výrobky s uplatněním nanomateriálů.[17]

Skupina	Složka	Použití	Příklad výrobku
Vezikulární lipidové nanonosiče	Liposomy, ceramidy, nano-emulze	Nosič účinných látek	Revitalift®; Lyphazome®; Celazome®; Psorinel Lotion; Hydra Zen®
Vezikulární lipidové nanonosiče	Liposomy, ceramidy, nano-emulze	Ethosomy	anti-cellulite
Pevné lipidové nanočástice	Pevné lipidy	Nosič aktivních látek	Lipopearl™; Nanopearl™ Swiss Cellular™ White Illuminating Eye Essence; Olivenöl™ Anti Falten Pflege; IOPE™ Super Vital Cream; SURMER™ Creme Legere
	Vosk	Úprava vlasů	Pureology®
Nativní a modifikované polymery	Modifikované polyaminokyseliny	Péče o kůži	Collamin_G™
	Kyselina hyaluronová	Humektant	PowerMoist™ Nano Hyaluronic acid
	Kolagen	Péče o pokožku	bim·a·nē®
Syntetické polymery	Nanokapslí	Nosič účinných látek	Primordiale Intense; Hydra Flash® Bronzer

2.2.1 Nekovové nanočástice v kosmetických přípravcích

Použití těchto účinných látek ve formě nanočástic má smysl tehdy, pokud zdokonalíme funkčnost výrobku, např. lepší účinnost nebo stabilitu v porovnání se stejným materiálem v molekulární formě [17].

2.2.1.1 *Dekoratívni kosmetika*

Dekoratívni kosmetika zahrnuje přípravky nejen pro líčení celého obličeje, ale i pro zakrytí drobných nedostatků pleti. Úpravu tvaru obličeje lze provést pomocí korektorů, make-upu a pudru, jejichž použitím lze dosáhnout dokonalého vzhledu pleti. Některé typy těchto přípravků mají zároveň pěstící účinek, chrání pokožku proti vnějším vlivům UV záření, prachu a současně pomáhají zadržovat vlhkost.

Příkladem může být aplikace nanočástic arbutinu. Arbutin je derivátem hydrochinonu, který je schopný inhibovat melanogenezi ovlivněním aktivity tyrozinázy. Bělící formulace s touto látkou mohou být použity k potlačení stařeckých skvrn, zesvětlení pokožky či nežádoucí pigmentace. V publikaci [19] je popsána bělící kosmetická kompozice s arbutinem o velikosti částic 10–150 nm (1–15 hm. %) ve formě vodné disperze. S podobným bělícím efektem funguje i formulace s nanočásticemi derivátů tyraminu, o které píše Lintner [20]. Pro zesvětlení pleti a potlačení vrásek se také používá formulace, jejíž aktivní ingrediencí je polyvalentní minerální sůl povrchově upravená nanočásticemi kyseliny retinové s průměrnou velikostí 5–300 nm [21], [17].

2.2.1.2 *Dentální péče*

Nanočástice se používají v přípravcích na zuby pro zlepšení jejich remineralizace a dosažení desenzitizace dentinu. Některé nanočástice jsou účinné pro nervovou desenzitizaci kvůli jejich malé velikosti, protože snadno pronikají dentinovými tubuly s mikronovou velikostí a potlačují citlivost nervů uvnitř. Lee [22] popisuje způsob výroby nanočástic dusičnanu draselného, mono-fluorofosforečnanu sodného, kyselého fosfát-fluoridu, fluoridu cínu nebo fluoridu vápenatého, které se používají pro léčbu dentinové citlivosti. Pro léčbu přecitlivělých zubů a pro vyvolání remineralizace se ještě používají látky, které obsahují vápenaté soli ve formě nanočástic. Nanočástice vápenatých solí obsahují tyčinkovitý hydroxyapatit nebo fluorapatit s délkou 5–150 nm, průměrem 2–50 nm a preferovaným poměrem stran 3 až 5. Díky tomu lze dosáhnout důkladného čištění zubů sdlohotrvající remineralizací. Hydroxyapatit je jeden z nejvýznamnějších biokeramických materiálů. Hydroxyapatit s chemickým složením $\text{Ca}_5(\text{OH})(\text{PO}_4)_3$ je hlavní složkou kostí a zubů. Nanohydroxyapatit se používá v zubní pastě, vytváří ochranný film kolem zubní skloviny a dokonce obnovuje povrch v poškozených oblastech a také potlačuje bolestivé stavy. Jedná se o první remineralizující zubní pastu na světě vyráběnou v Koreji [16]. Nanočástice mající vysokou afinitu k

minerálním složkám zubního dentinu a skloviny jsou schopné napodobit jejich strukturu. Použití nanočástic zároveň zvyšuje stabilitu výrobku i bez přídavku stabilizátorů na dobu minimálně 30 dní (2 až 3 měsíce) [17].

2.2.1.3 Vlasové kosmetické přípravky

Andrade Santana [23] popisuje použití sericinu v přípravcích vlasové kosmetiky. Nanočástice se připravují z extraktu sericinového proteinu, získaného odstraňováním sli-zovitých látek z kokonů bource morušového (*Bombyx mori*), síťované kvaternizovanou guarovou gumou. Nanočástice sericinu se přidávají do šamponů a kondicionérů, protože tyto látky výrazně přispívají ke zlepšení lesku vlasů, snížení objemu, rozčesatelnosti, pomáhají regeneraci vlasů (pravděpodobně kvůli utěsnění kutikuly) a udržují vlasy po barvení [17].

2.2.1.4 Péče o pleť

Většina přípravků určených pro péči o pleť obsahuje antioxidanty, vitaminy nebo proteiny disponující vlastnostmi proti stárnutí (anti-aging). Vyšší účinnost lze zajistit použitím účinných složek ve formě nanočástic. Příkladem nanočástic s antioxidačními, protizánětlivými a anti-aging vlastnostmi vhodnými pro dermální použití je hesperetin [17]. V publikaci [24] je popsán kosmetický přípravek obsahující isoflavon ve formě nanočástic menších než 500 nm. Isoflavon se používá k dosažení zkrášlujícího a anti-aging efektu. Aktivní složky ve formě nanočástic se mohou používat i pro zlepšení stability přípravku. Auwerter a kol. [25] popisují multi-core (tj. sekundární částice, v nichž jsou primární částice uloženy v matricové struktuře) složení suchých prášků obsahujících karotenoidy. Edelson a Kotyla [26] charakterizují suspenzi nanočástic obsahujících částici o průměru mezi 10 a 300 nm, kde nanočástice obsahují alespoň jeden nemodifikovaný peptid o 2 až 30 aminokyselinách, který je biologicky aktivní v kůži.

2.2.2 Kovové nanočástice v kosmetických přípravcích

V této části se termín kovová nanočástice používá k označení čistého kovu nebo jeho sloučenin včetně oxidů, hydroxidů, sulfidů, fosforečnanů, fluoridů a chloridů. Používají se vzácné kovy jako je zlato, platina, stříbro stejně jako oxidy titanu, zinku, ceru a železa. Hliník a oxidy železa se používají do podkladových krémů kvůli potlačení vrásek. Stříbrné nanočástice se přidávají jak do antibakteriálních mýdel, tak i do přípravků potlačujících akné. Spolu s nanočásticemi platiny, které mají dobré adsorpční

vlastnosti, jsou používány do pleťových krémů. Nanočástice zlata jsou nejběžněji používány do obličejových masek.

V kosmetických přípravcích speciálně v přípravcích proti slunění je v popředí veřejného zájmu oxid zinku a titanu ve spojitosti s fotokatalytickou aktivitou, která vede k tvorbě volných radikálů [17].

2.2.2.1 *Dekoratívni kosmetika*

Kovové nanočástice se používají v různých korektorech nebo make-upech. Publikace [27] popisuje pigment ze zlatých nanočástic vykazujících červenou nebo modrou barvu, stříbrných nanočástic žluté barvy a/nebo nanočástic ze slitiny stříbra zlato-stříbro vykazujících oranžovou barvu. Zlaté (červené barvy) a stříbrné (žluté barvy) nanočástice se vyrábějí ve formě nanosfér. Zlaté nanočástice s modrou barvou se vyrábí ve formě nanoshellů, nanorod, nanokubů nebo nanoprismů. Tyto nanočástice lze použít do rtěnek, emulzí, make-upu, přípravků pro péči o pokožku, očních stínů nebo obličejových pudrů. V dalším zdroji [28] je popsána metoda modulace vnímání barvy kůže. Způsob zahrnuje smíchání mikročástic nebo nanočástic do kosmetického přípravku, který po aplikaci na kůži vytvoří primárně jí odpovídající barvu. Částicemi jsou organické nebo anorganické rozptylovače světla jako je oxid zinečnatý, oxid hořečnatý nebo titan. Dingley a kol. [29] popisuje kosmetickou bezvodou gelovou strukturu obsahující fraktální síť anorganických nanočástic (3–60 nm, %) a průsvitné makroskopické částice. Struktura bezvodého gelu je užitečná pro optické potlačení vzhledu nedokonalostí kůže, jako jsou vrásky, jemné linie a póry. Struktura maximalizuje difuzní propustnost (větší než 55%) a minimalizuje opacitu na biologickém povrchu. V gelovém systému je fraktální síť v podstatě bezvodá disperze nanočástic v rozpouštědle, např. v silikonovém oleji. Nanočástice mají velikost 50 až 200 nm a index lomu 1,38–2. Maitra a kol. [30] popsal kosmetický gel tvořený fraktální strukturou nanočástic a transparentními makroskopickými částicemi určený pro péči o pleť nebo make-upů. Kombinace fraktálních částic s jedinečnými optickými vlastnostmi a povrchovými látkami s mikronovými rozměry anorganických částic optimalizují optické šíření světla, tj. vedou k optickému efektu, který zjemní vrásky, jemné linie, póry a potlačí nedokonalosti kůže, čímž vytvoří přirozený a bezchybný vzhled pokožky. Gel zaplní nerovnosti kožního povrchu. Nanočástice jsou anorganické s obsahem oxidu křemičitého, oxidu hlinitého, titanu, zirkonu, oxidu zinečnatého, oxidu indiumciničitého

a/nebo ceria. Kovové nanočástice se dále používají k výrobě látek s fotoluminiscenčním nebo fluorescenčním účinkem. Dubertret [31] se zabývá formulováním make-upů s pigmenty obsahujícími fluorescenční kovové nanočástice. Barva vyzařovaná nanočásticemi může být řízena velikostí částic. Nanočástice jsou zapouzdřeny v micelách obsahujících fosfolipid a hydrofilní materiál. Cassin a Simmonet [17] popisují kosmetické formulace make-upů nebo neterapeutické péče o pokožku s obsahem nanomateriálů, fotoluminiscenčních minerálních sloučenin a sloučenin vzácných kovů. Toto složení se používá také pro rtěnky, gely proti vráskám, ochranné mléko proti UV záření, přípravky pro zesvětlení pokožky a zjemnění kožních defektů. Poskytuje dlouhotrvající zesvětlení pokožky při zachování jejího přirozeného vzhledu.

2.2.2.2 Dentální péče

V péči o chrup je využíváno fotokatalytických vlastností přechodových oxidů kovů. Jeden z přípravků obsahuje nanočástice fotokatalytického oxidu titaničitého s příměsí uhlíku a oxidačního činidla, nejčastěji peroxidu vodíku, které chrání ústní dutinu před mikrobiálními chorobami. Nanočástice z oxidu zinečnatého fungují také jako fotokatalyzátory. Jsou využívány do bělicích formulací, k jejichž aktivaci fotokatalytickou reakcí dochází při styku se zuby vystavených světelnému zdroji. Bělicí činidlo obsahuje látku uvolňující kyslík (např. peroxidový uvolňovač), zahušťovadlo nebo gelotvorné činidlo a látky upravující pH. Oxidy kovů mohou být používány v péči o zuby nejen kvůli jejich fotokatalytickým vlastnostem, ale také jako zahušťovadla. Dále existuje prostředek pro zubní pastu obsahující neagregované nanočástice z oxidu zinečnatého, který je aktivní proti plaku a zápachu. Výhodou použití nanočástic je snížení množství iontů zinku v přípravku při zachování jeho účinnosti. Tato redukce slouží ke zmírnění negativních organoleptických vlastností spojených s konvenčními prostředky obsahujícími ionty zinku a také ke zvýšení čistoty látky [17].

2.2.2.3 Deodoranty

V článku [17] je popsáno použití nanočástic kovů a oxidů kovů v gelových mýdlových přípravcích, které kombinují deodorační vlastnosti s dobrými aplikačními vlastnostmi, atraktivním vzhledem (například průsvitným) a ekonomickou výrobou. Částice mají průměr mezi 10 a 50 nm a používají se v množství od 0,01 až 10 hm. %. Jsou to oxidy nebo jejich hydráty manganu, hliníku nebo zinku a jsou povrchově modifikovány pů-

sobením mono nebo polybazických 2 až 18C karboxylových nebo hydroxykarboxylových kyselin. Deodorant vzniká smícháním oxidů, oxidových hydrátů nebo hydroxidů s roztaveným mýdlovým gelem, který pak ztuhne. V článku [32] je popsán nosný systém tvořený skupinou anorganických nanočástic kovalentně vázaných na alespoň jednu volnou siloxanovou vazbu. Tento systém umožňuje lepší řízení uvolňování parfemační složky. Nanočástice umožňují použití disperzního prostředí, které je stabilnější než emulzní systémy a také zajišťuje stabilnější nanometrickou distribuci. Existují také kosmetické emulze bez povrchově aktivních látek s kontinuální kapalnou fází, která obsahuje povrchově modifikované anorganické nanočástice. Povrchově modifikované nanočástice stabilizují emulzi bez snížení povrchového napětí na rozhraní pevná látka-kapalina. Emulzese vyznačuje vysokou stabilitou [17].

2.2.2.4 *Vlasové kosmetické přípravky*

V přípravcích na vlasy se často používají látky jako oxid hlinitý, nejlépe boehmit, nebo nanočástice titanu, které dodávají vlasům objem a umožňují styling bez fixování nebo zatěžování jednotlivých vlasů. Takové přípravky nepoškozují vlasová vlákna a nezpůsobují jejich slepování. Přípravky obsahují fixační polymer a nanočástice oxidu hlinitého (asi 10 hm. %) o velikosti pod 200 nm; jako nejvýhodnější se osvědčila velikost 5 až 50 nm. V přípravcích na vlasy se také používají kovové nanočástice, které zabraňují mastnému vzhledu vlasů a poskytují účesu lesk. Nanočástice přechodných oxidů kovů, hydrátů oxidů nebo solí jsou dobrou prevencí mastného vzhledu vlasů. Částice mají velikost 10 až 100 nm a jsou jimi vrstvené křemičitany nebo hlinitokřemičitany o měrném povrchu nad 200 m²/g. Existuje suspenze kovových nanočástic se samonosnou povrchovou mono vrstvou organosírových sloučenin pro zlepšení jejich barvy a poddajnosti. Použití suspenze organo-modifikovaných kovových nanočástic ve výrobcích na vlasy zlepšuje jejich lesk, usnadňuje kadeřnické úpravy a chrání vlasy proti slunečnímu záření. Nanočástice se velmi dobře drží na vlasech a odolávají šamponování. Disponují dobrými aplikačními vlastnostmi díky disperzní formě. Preferovány jsou nanočástice zlata, stříbra, palladia, platiny, kadmia, selenu nebo jejich slitin. Kovové částice (zlato, stříbro, indium, měď, křemík, yttrium) mají velikost 1–100 nm a používají se v koncentracích pod 10hm. %. Použití luminiscenčních kvantových teček nanočástic (např. selenid kademnatý) zvyšuje trvanlivost jak přirozené, tak i umělé barvy vlasů bez degradace keratinových vláken. Přípravek musí obsahovat nanočástice

aspoň jednoho z následujících prvků: zinek, kadmium a rtuť; a jednoho z dále uvedených: síra, selen a telur [17]. Kovové nanočástice byly rovněž prohlášeny za účinné při léčbě vypadávání vlasů.

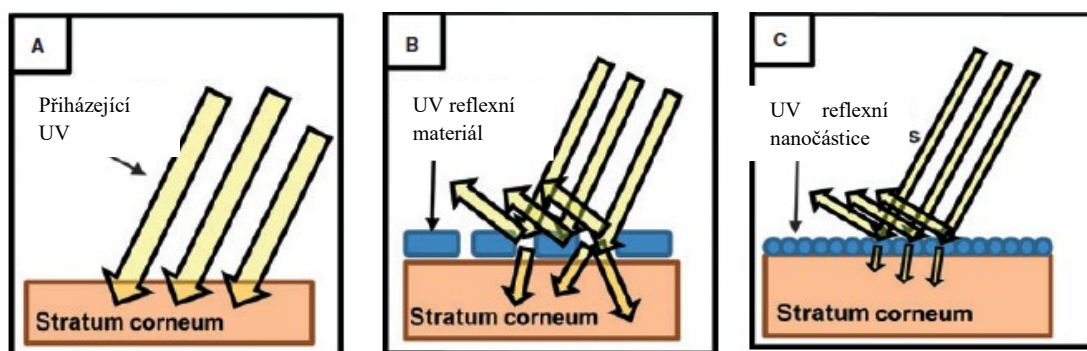
2.2.2.5 Péče o pleť

Pro dosažení anti-aging efektu jsou vhodné jako lapače volných radikálů kovy a oxidy kovů. V tomto ohledu byly popsány nanočástice oxidu ceru pro použití v kosmetických přípravcích, které mají za cíl prodloužit životnost tkání. Peptidy z oxidu ceriického snižují nebo eliminují poškození buněk způsobené endogenními a exogenními volnými radikály. V kosmetických přípravcích se tyto nanočástice podávají místně pomocí liposomů ve formě anti-aging krémů. Bylo také navrženo použití nanočástic vzácných kovů, jako je zlato nebo platina v poměru 1:1 s velikostí částic v rozmezí 0,1 až 10 nm, jakožto super absorbentů aniontů [17].

Dalším možným využitím nanozlata může být pro nanovláknenné masky, kdy zvyšuje stabilitu a dobu trvanlivosti masky. Nanovláknenné masky napomáhají k lepšímu přenosu aktivních látek do pokožky pomocí tzv. řízeného transportu [33].

2.2.2.6 Sunscreens – přípravky proti slunění

Receptury přípravků proti slunění obsahují složky, které působí jako filtry UV záření [16]. Moderní sunscreensy často obsahují nerozpustné nanočástice TiO_2 nebo ZnO , které filtrují UV záření efektivněji, než částice o velikosti mikronů viz Obr.1. Kombinace částicových a organických filtrů synergicky násobí účinek rozptylu s UV absorpcí, což umožňuje vývoj přípravků s vysokými slunečními ochrannými faktory (Sun Protection Factor – SPF).



Obr. 1. Ochrana proti UV záření [34]

Na Obr. 1 (A) je znázorněn dopad UV záření na *stratum corneum* bez aplikovaného přípravku proti slunění. Varianta (B) prezentuje mechanismus dopadu paprsků na chráněný povrch *stratum corneum* UV reflexním materiálem ve volné formě (např. ZnO). Část příchozího UV záření je blokováno odrazem/rozptylem a část je odblokována/odkloněna od vrstvy *stratum corneum*. Působení reflexních nanočástic aplikovaných na vrstvu *stratum corneum* ukazuje odraz většiny příchozích UV paprsků (varianta C) [34].

Studie [35], [36] o průniku těchto látek neprokázaly přestup nerozpustných nanočástic TiO₂ nebo ZnO do lidské nebo zvířecí kůže. Výzkum trans dermálního podávání léků ukázal, že významnou pasivní penetraci kůže lze dosáhnout pouze u látek kombinací nízké molekulové hmotnosti, teploty tání a lipofility, což by vyloučilo nerozpustné nanočástice. Orální a topické *in vivo* testy toxicity prokázaly, že nanočástice TiO₂ a ZnO mají nízkou toxicitu a jsou dobře snášeny na pokožce. Subkutánní nebo intravenózní podávání nanočástic TiO₂ nevyvolalo žádnou toxicitu nebo nepředpokládanou distribuci v organismu. Publikované *in vitro* výzkumy o TiO₂ a jiných nerozpustných částicích, které uvádějí příjem buňkami, poškození oxidativními buňkami nebo genotoxicitu, by měly být interpretovány opatrně, neboť tyto nálezy mohou být také přičítány nežádoucím účinkům sekundárně způsobených fagocytózou savčích buněk vystavených vysokým koncentracím nerozpustných částic. Studie prokázaly, že nanomateriály, které se v současné době používají v kosmetických přípravcích nevyjímaje přípravky proti slunění, nepředstavují pro lidskou kůži ani lidské zdraví žádné nebo zanedbatelné potenciální riziko, naopak jejich výhodou je poskytnutí ochrany lidské pokožky před nepříznivými vlivy, účinky UV záření, včetně rakoviny kůže. V publikaci [35] autoru vádí, že bezpečnost nerozpustných nanočástic byla přezkoumána a potvrzena několika mezinárodními regulačními orgány [37].

Vlastnosti nanočástic TiO₂a ZnO

Oxid titaničitý, chemicky TiO₂, tvoří více krystalových modifikací. V přírodě se běžně nachází rutil, anatas a brookit. Ostatní polymorfické modifikace s výjimkou jedno-klonného nebyly dosud připraveny v čisté formě.

Použití rutilu jako pigmentu je díky vysokému indexu lomu jedinečné. Pro průmyslové použití nebo kvalitní barvy je rutil díky vyšší krycí schopnosti, menšímu podílu sušiny

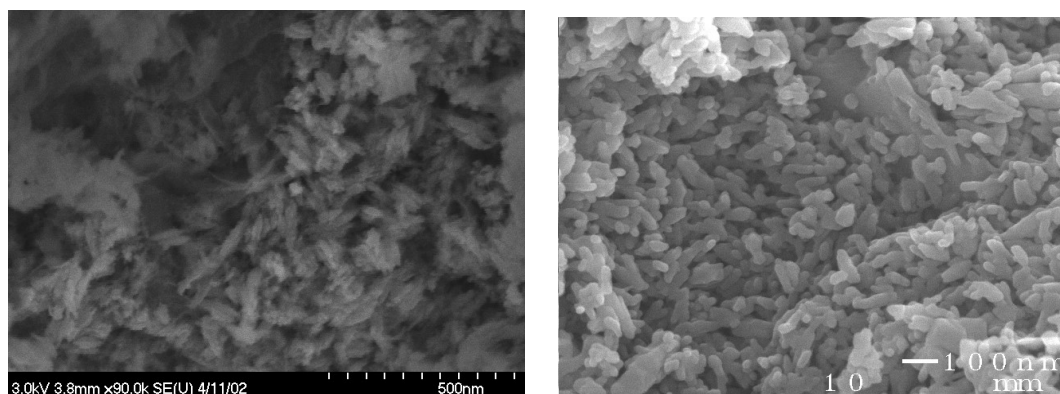
v barvách a lepší zpracovatelnosti nenahraditelný ve srovnání s novými materiály využívajícími kaolín a srážený kalcit. Pro použití rutilu jako pigmentu jsou také důležité jeho povrchové úpravy [15].

Stále většího významu nabývají produkty nanorutilu především kvůli jejich využití v kosmetice jako filtru UV záření. Nanorutil absorbuje UV záření od vlnové délky 410 nm směrem ke kratším vlnovým délkám a je perfektní alternativou nebo doplňkem k ZnO a organickým UV absorbérům [38].

Pro optickou transparentnost nanomateriálů je důležité, aby velikost částic byla menší než 100 nm. Větší částice u TiO₂ od 150 do 300 nm a u ZnO o velikosti 200–400 nm světlo odrážejí a rozptylují [39], čímž dochází k nežádoucímu efektu tzv. white nose. V použitém produktu se proto nesmí objevit částice větší než 70 nm. Tolerance k obsahu těchto nadměrně velkých částic je velmi nízká – do 1 %. Nad touto hranicí by produkt způsoboval nežádoucí bílý film při aplikaci na kůži. Při optimální velikosti částic je během průchodu slunečního světla ochranným filmem přibližně 80–90 % UV záření absorbováno, 5–15 % je odraženo směrem dopředu a okolo 5 % je rozptýleno zpět.

Přestože bylo uplatnění nanočástic TiO₂ jako UV filtru jedno z prvních, trvalo téměř 15 let, než se podařilo v přípravcích proti slunění správně zkombinovat vlastnost jeho UV absorpce s velikostí částic výrazně menších než je vlnová délka světla a vytvořit tak transparentní film na kůži, který filtruje UV záření, ale nerozptyluje bílé světlo [40].

Obrázek 2 ukazuje vlevo SEM nanorutilu používaného v produktech Biocare s SPF 25. Vpravo je SEM materiálu používaného firmou Rhodia v jejich přípravku Tioveil AQ [41].



Obr. 2. SEM snímky nano rutilu v kosmetických přípravcích proti slunění [41]

V souvislosti s použitím v kosmetice bylo nutné zvládnout technologická úskalí spojená s disperzí a povrchovými úpravami nanočástic. Povrchově upravené TiO_2 a ZnO jsou chemicky inertní a nereagují ani s pokožkou, ani s komponentami přípravků proti slunění, poskytují tzv. dlouhotrvající UV ochranu (long lasting UV protection) [41],[42], [43].

U těchto kosmetických aplikací jsou využívány povrchově ošetřené nanočástice TiO_2 za účelem zablokování jeho fotokatalytické aktivity na povrchu částic. Mezi tradiční povrchové úpravy tenkou vrstvou patří SiO_2 a Al_2O_3 . Popsaný postup anorganického pokrytí je např. v EP 1356152 [44], který podala firma Procter & Gamble. Tyto produkty jsou vhodné do hydrofilních přípravků, jako jsou např. opalovací mléka. Nověji se používají silany a silikony, které jsou naopak vhodné do hydrofobních produktů, jako jsou voděodolné přípravky proti slunění [45]. Často se také provádí za účelem získání hydrofobních vlastností, kterých se docílí provedením silanové úpravy po tradiční hydrofilní úpravě.

Někteří výrobci jako Oxonica se pokouší o zablokování fotokatalytického efektu a tvorbu radikálů na povrchu TiO_2 dopováním, např. manganem [46].

2.2.2.7 Antibakteriální přípravky

K zamezení primární mikrobiální kontaminace při přípravě a výrobě kosmetických přípravků a ochraně před sekundární kontaminací spotřebitelem je zapotřebí konzervačních látek. Některé z používaných konzervantů jako fenoxxyethanol a parabeny či jejich kombinace mohou dočasně kůži stimulovat a zároveň i zvyšovat citlivost na UV záření. Nelze opomenout ani regulaci jejich množství. Studie [47] prokázala, že methylparaben může být v určitém koncentračním rozmezí toxický při působení UV-B záření.

Základem pro četné antimikrobiální procesy a výrobky byla od 19. století využívána antimikrobiální aktivita některých kovů, především stříbra a jeho sloučenin. Jejich antimikrobiální účinnost snižuje agregace srážení v emulzních formách. Snižováním velikosti částic a použitím jejich nanoformy zlepšilo biologickou kompatibilitu a zvýšilo tak možnosti potenciálního využití nejen v kosmetice, ale i medicínských aplikacích. Takže mnoho omezení spojených s Ag díky použití nanočástic může být překonáno.

Výsledky studie [48] naznačují, že Ag nanočástice jsou bezpečnými a stabilními konzervačními látkami účinnými proti širokému spektru mikroorganismů. Výzkumem mechanismů inhibičních účinků Ag nanočástic bylo zjištěno, že antimikrobiální účinnost proti *Escherichia coli* závisí na koncentraci a narušení její membránové struktury. Dále autoři ověřovali absorpci nanočástic do lidské kůže. Výsledky ukázaly, že Ag nanočástice nejsou schopny proniknout do lidské neporušené kůže, že fungují pouze jako konzervační látka a že nestimulují keratinocyty.

Nanočástice zlata se používají například v krémech na potlačení zánětlivých stavů, podporu tvorby kolagenu a zlepšení regenerace buněk pokožky [10].

2.3 Čisticí prostředky

Nanotechnologické přípravky jsou většinou určené na odstranění nečistot, ochranu a vyleštění kovů, plastů, skla, keramiky, usní, poromerů a různých lakovaných povrchů. Od přípravků se očekává dosažení odpudivého efektu vůči látkám znečišťujícím povrch (voda, olej), snížení přilnavosti nečistot (pyl, prach) a vodního kamene, účinné samočisticí schopnosti od nečistot (např. při dešti vzniká tzv. lotosový efekt), zamezení růstu a poškozování povrchů plísněmi, naprostá zdravotní nezávadnost, zúšlechťení povrchů a jeho odolnost vůči UV záření a oděru, odolnost vůči změnám teploty a chemikáliím. U usní, textilu a poromerů se používají také k impregnaci, která zabraňuje znečištění vytvořením ochranného neviditelného filmu.

Vysoké účinnosti čisticích prostředků je dosaženo např. díky obsahu nanočástic křemíku.

Do čisticích, impregnačních, mycích a pracích přípravků včetně pachových neutralizátorů lze přidávat dále uvedené konkrétní směsi na bázi nanomateriálů [44].

2.3.1 Příklady čisticích produktů

Berosol ES

Je optimalizovaná směs povrchově aktivních látek založená na synergii mezi speciálními neiontovými a nanočásticemi. Je ideální pro použití v čisticím prostředku na všestranné použití, mycím prostředku a aplikacím na čištění skla [49]. Použití směsi minimalizuje čas potřebný k vyčištění povrchu, snižuje frekvenci čištění, poskytuje vynikající smáčecí vlastnosti a velmi snadno odstraňuje mastnotu [50].

Baypret NANO-PU

Je produkt vyvinutý na bázi na polyuretanu s obsahem nanočástic. Je to čirá, viskózní kapalina, bez zápachu, dobře rozpustná ve vodě [51].

Bayprotect NANO-POLLEN

Je nejnovější dokončovací produkt založený na nanodisperzním derivátu polysiloxanu. Vzhledem k přítomnosti této látky se pyly nemohou vázat na vlákna materiálu, na který je naaplikována. Pyl lehce přilne k vláknům a jde snadno odstranit jednoduchými mechanickými pohyby. To zabrání znečištění životního prostředí a k minimalizaci onemocnění dýchacích cest a alergií [52].

Glass Surfaces NANO

Profesionální přípravek vyvinutý k čištění, leštění a ochraně skel, optických zařízení a jiných lesklých ploch. Přípravek zajišťuje čisticí a odmašťovací účinek, vyčištěné povrchy mají samočisticí schopnost a zajišťují retrakci vody a tekutých nečistot. Přípravek je vyroben na bázi nanotechnologie, zajišťující snížení zamlžování skel. Využívá se i pro čištění a leštění nábytku a podlah ve vysokém lesku a lesklých hudebních nástrojů [53].

Bathroom Cleaner NANO

Antibakteriální a sanitační přípravek na bázi nanotechnologie, určený pro všechny typy koupelen a sociálních zařízení. Vytváří nanovrstvu, zajišťující retrakci vody a tekutých nečistot, oddaluje a usnadňuje další úklid. Je vhodný na veškeré obklady, dlažby, zařízení, baterie, radiátory, koupelnové a jiné komponenty. Obsahuje vysokou koncentraci aktivních látek, které způsobují odstraňování rezu, vodního kamene a silnější vrstvy mechanických nečistot [53].

2.3.2 Autokosmetika s nanočásticemi

Firma PIKATEC v roce 2015 představila speciální autokosmetiku obsahující produkty hydrofobizačních impregnačních kapalin s nanoaditivou. Nanosením takového přípravku je vytvořena speciální tenká vrstva o tloušťce několika mikrometrů. Vzniklá vrstva disponuje speciálními vlastnostmi, díky nimž vytváří dostatečnou bariéru mezi vnějším prostředím a vlastním povrchem. Vysoká odpudivost vody je určena úhlem smáčení (neošetřené sklo má úhel smáčení 43°, konvenčně používané autolaky asi

63°). Nanesením speciální (hydrofobní) vrstvy byl úhel smáčení u skla a autolaků zvýšen na hodnotu kolem 90°. Tak vysokých hodnot nová látka dosahuje proto, že nanočástice v ní obsažené perfektně zacelí mikroskopické póry ošetřovaného povrchu, ten je pak celistvý a odolný vůči vstřebávání kapaliny. Jako hydrofobní materiály označujeme takové, které vykazují úhel smáčení od 70° výše. Speciální vrstva zvyšuje tvrdost povrchu, brání proto povrch i před mechanickým poškozením (poškrábáním). Auto-kosmetika je také odolná proti UV záření – zvyšuje odolnost barev povrchových laků proti slunečnímu záření. Politura této kosmetiky má tepelnou odolnost přes 700°C, která zaručuje stálost na povrchu při extrémním tepelném zatížení, například trvalých slunečních expozicích či rozpálených disků kol při brždění [54].

3 TOXICKÝ ÚČINEK NANOMATERIÁLŮ

Chemické látky ve formě nanočástic mají často odlišné toxikologické vlastnosti oproti jejich makroskopické formě. Od toho se odvíjí nutnost zavedení nových postupů při hodnocení jejich zdravotních rizik. Účinek nanočástic na organismus je ovlivněn místem vstupu, velikostí nanočástic, druhem zvoleného materiálu, kontaminací povrchu, ale i např. pH v jednotlivých orgánech a tkáních lidského těla.

3.1 Interakce nanočástic na buněčné úrovni

Významnou roli při interakcích s buněčnými membránami či tkáněmi hraje povrch nanočástic. Interakcí nanočástic s buněčnou membránou může dojít k její mechanickému či chemickému poškození, např. oxidací. Mezi nejčastější způsoby průniku do buňky patří: nespecifická endocytóza, což je obalování částice panožkami lipidové dvojvrstvy; fagocytóza; klathrinem zprostředkovaná endocytóza; makropinocytóza a prostá difuze přes membránu nebo přes četné iontové kanály a proteiny, které jsou umístěny v membráně a umožňují přenos určitých látek z nebo do buňky. U biologicky aktivních látek může vést interakce s nanočásticí ke změně konformace a tím i ovlivnění jejich funkce. U proteinů či enzymů dochází k inhibici jejich aktivity, v případě DNA může mít interakce s nanočásticí genotoxický či mutagenní účinek [2],[55].

3.2 Vstup nanočástic do organismu

Velmi důležitým faktorem, který má vliv na toxicitu nanočástic je druh expozice, tj. místo, kudy pronikne nanočástice do organismu. Její toxický účinek je ovlivněn rychlostí nástupu. Nanočástice se nejčastěji dostávají do lidského organismu dýchacími cestami (inhalační expozice), zažívacím ústrojím, tj. požitím (perorální expozice), kůží a viditelnými sliznicemi (dermální expozice), přímo do krevního řečiště poškozenou tkání či vpichem (intravenózní expozice) [2],[7], [56].

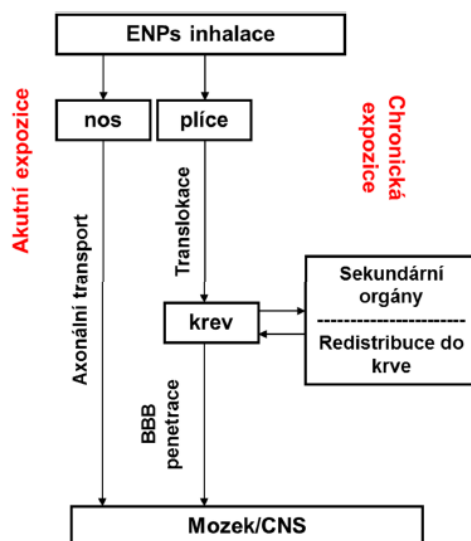
Účinky nanočástic závisí na jejich velikosti a tvaru, chemismu a také na přijatém množství. Tyto faktory dále ovlivňují přechod nanočástic k dalším orgánům, lokalizaci částic v buněčných organelách, možnost navazovat se na proteiny či receptory apod. Různá je také schopnost nanočástic způsobovat oxidativní stres, který je zřejmě jedním z klíčových mechanismů toxicity nanomateriálů [57].

3.2.1 Příjem částic dýchacími cestami

V případě absorpce plicemi je důležitá velikost částic. Plicemi je absorbován tzv. respirabilní podíl. Částice se po kontaktu se stěnami ukládají v dýchacích cestách. Hlavním mechanismem samotné translokace je endocytóza přes alveolární epiteliální buňky. Expozice lidského alveolárního epitelu nanočásticím TiO₂, Ag, Al, Zn a Ni v průběhu 24 hodin vyvolala řádově jiné tendence vedoucí k morfológické destrukci, buněčné destrukci, generaci reaktivního kyslíku a fragmentaci DNA [58].

Pro nanočástice velikosti nad 500 nm je hlavním mechanismem sedimentace, která je řízena gravitací, nebo tzv. inertní zásah. Ten nastává v případě, když v plicích dochází ke změně proudění vzduchu, avšak částice si udržuje původní směr a narazí proto na sliznici. Pro částice menší než 500 nm je depozice řízena difuzí. Závisí tedy na tvaru molekuly resp. na jejím difuzním koeficientu. U nabitých velmi jemných částic usnadňuje sorpci elektrostatická interakce [2].

Na Obr. 3 je uvedeno schéma transportu nanočástic přes dýchací cesty. Do centrální nervové soustavy mohou být nanočástice translokovány po překonání bariéry krev-mozek (BBB – angl. blood-brain barrier) nebo translokací po axonech čichového nervu, kdy BBB chrání centrální nervovou soustavu proti pronikání xenobiotik a endogenních molekul a je tedy rozhraním mezi kapilárami a mozkovou tkání [7].



Obr. 3. Transport přes dýchací cesty [7]

3.2.2 Příjem částic trávicím traktem

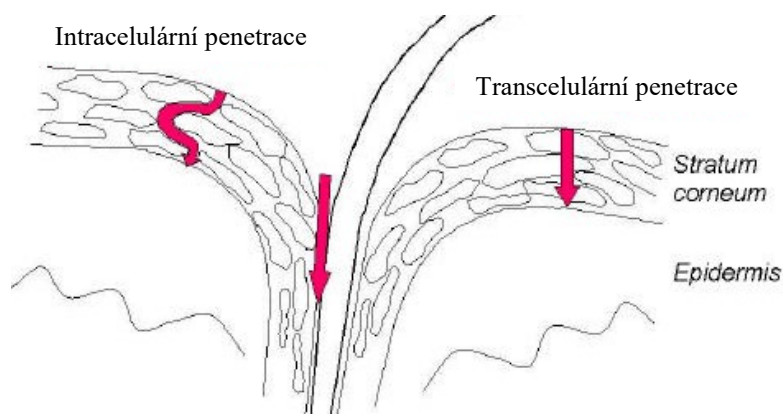
Používání nanočástic roste také v potravinářském průmyslu ve formě aditiv nebo obalových materiálů pro potraviny. Jedná se např. o oxid křemičitý nebo montmorillonit používaný ke zlepšení vlastností plastových lahví, konkrétně zabránění propouštění kyslíku dovnitř lahví. Aegis OXCE je polymerní nanokompozitní film obsahující zachycovač molekul kyslíku (nylonovou pryskyřici) a nanokompozitní jí. Hliník v nanoformě se používá k výrobě alobalu, který má zlepšené vlastnosti (např. zlepšené bariérové vlastnosti pro plyny jako jsou kyslík a oxid uhličitý, chrání proti UV záření, je antiadhezivní a teplotně odolný). Nanočástice uvolněné z potravinářských obalů do potravin tak mohou pronikat ve zvýšené míře do organismu přes zažívací systém [56].

3.2.3 Příjem nanočástic dermální cestou

Význam dermální cesty absorpce je relativně nízký. Důležitou roli hraje tvar nanočástic. Lépe kůži pronikají sférické nanočástice. Průnik kůži je dále ovlivněn hydrofobicitou, látkami sorbovanými na povrchu nanočástic, agregací nanočástic, rozpouštědlem nanočástic, koncentrací nanočástic, integritou kůže, UV zářením – zvyšuje penetraci TiO_2 a ZnO . V neposlední řadě penetraci zvyšuje hypertermie, iontoforéza (u hydrofilních a nabitých nanočástic), dermaportace pulzním elektrickým polem, sonoforéza ultrazvukem, abraze pokožky, napnutí pokožky (masáž) a chemické přípravky. Čím tenčí je pokožka, tím lépe jí proniká nanočástice. Kůže je lepší bariérou vůči absorpci nanočástic v porovnání s plícemi či trávicím traktem. Lidská kůže je pokryta a chráněna tenkým filmem tuku, proto je možné absorpci nanočástic zvýšit pomocí organických rozpouštědel.

Příkladem dermální absorpce je aplikace nanočástic TiO_2 o velikosti 4 nm, který proniká až do bazálních buněk *epidermis*. Při dlouhodobé expozici (60 dnů) nanočástic TiO_2 dochází k projevům systémové absorpce [2]. Nanočástice TiO_2 používané v přípravcích proti slunění mohou pronikat přes vlasové folikuly nebo poraněnou kůži [55]. Existují ještě další nanoformy, které mohou pronikat do těla, například aplikace nanoformy ZnO , která je běžnou součástí přípravků proti slunění, vede k jejich pozdější detekci v moči i krvi. V případě nanočástic stříbra lépe penetrují menší částice (15 nm) v porovnání s částicemi větších rozměrů (102 či 198 nm). Obdobně je tomu i u nanočástic zlata [2]. Přes kůži mohou poměrně snadno pronikat nanočástice lipofilní po-

vahy, a to přes potní žlázy či podél chlupů a vlasů nebo se plně „protlačí“ všemi vrstvami kůže. Způsoby penetrace nanočástic přes kůži lze tedy rozdělit na intercelulární, folikulární a transcelulární. Na Obr. 4. jsou znázorněné možnosti kožní penetrace.



Obr. 4. Možnosti kožní penetrace [59]

4 RIZIKANANOMATERIÁLŮ A NANOTECHNOLOGIÍ

Téma bezpečnosti a potenciálních rizik nanomateriálů a nanotechnologií je v posledních letech velmi aktuální a diskutované na národních i mezinárodních úrovních. V případě nanotechnologií a nanomateriálů jsou rizika jejich používání stále ještě ve fázi zkoumání [10]. Některá rizika jsou spojená především s mimořádně rychlým růstem použití nejrůznějších nanomateriálů v řadě oborů počínaje mikroelektronikou přes potravinářský, textilní a automobilový průmysl, výrobu sportovních potřeb a kosmetiky, ve stavebnictví a konče aplikacemi v biomedicíně a farmakologii [60]. K novým rizikům mohou vést například katalytické schopnosti, složení, koncentrace, krystalická fáze, rozpustnost ve vodě, rozpustnost v tucích, velikost částic, hydrodynamická velikost, distribuce částic, jejich délka, tvar, povrchová plocha, povrchový náboj, povrchová chemie, zeta potenciál, čistota látky atd.[61].

Politika bezpečnosti nanotechnologií pracuje s tzv. analýzou rizik zahrnující tři základní vzájemně propojené prvky [7]. Řízení rizika – vytváření a uvádění v život příslušné legislativy a provádění státního dozoru nad dodržováním požadavků právních předpisů– tedy výkon úřední kontroly.

Komunikace o riziku představuje vzájemnou výměnu informací (včetně výsledků hodnocení rizika a základů pro rozhodování v rámci řízení rizik), a to mezi hodnotiteli rizika, manažery apod.[10].

Hodnocení rizika sestává ze 4 klíčových kroků: výzkum, identifikace míry nebezpečí, charakterizace rizika a nastavení regulačních mechanismů k ochraně zdraví. Stejně jako v toxikologii chemických látek, je míra rizika dána součinem nebezpečnosti nanočástic [2] a jak dlouho konkrétnímu materiálu trvá, než se v těle zcela rozloží nebo zda se zde jen ukládá. Látky, které se brzy rozloží, riziko prakticky nepředstavují, naopak tomu látky, které se v těle ukládají, mohou být vysoce nebezpečné. Nebezpečné mohou tedy být například nanočástice kovů– oxidy titanu, zinku, železa, zlata nebo stříbra. Například při použití výrobků s nanočásticemi Fe_2O_3 bylo zjištěno, že dochází k četným alergickým reakcím od podráždění pokožky až k těžkým alergickým reakcím [10].

5 LEGISLATIVA

5.1 Vybrané části z Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1223/2009 týkající se nanomateriálů

Nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1223/2009 ze dne 30. listopadu 2009 o kosmetických přípravcích [62] jsou nastaveny podmínky a pravidla pro použití nanomateriálů do kosmetických přípravků. V současné době jsou informace o rizicích spojených s nanomateriály nedostačující. Za účelem lepšího posouzení bezpečnosti nanomateriálů by měl Vědecký výbor pro bezpečnost spotřebitele (VVBS) s příslušnými institucemi vydat pokyny týkající se metod testování, jež budou brát v úvahu specifické vlastnosti nanomateriálů.

Kapitola I – Oblast působnosti a definice

V Článku 2 odstavci k) je jako nanomateriál definován nerozpustný nebo bioperzistentní a záměrně vyrobený materiál o jednom nebo více vnějších rozměrech nebo s vnitřní strukturou v řádu od 1 do 100 nm [62].

Kapitola III – Posouzení bezpečnosti, informační dokumentace k přípravku, oznamovací povinnost

Článek 13 popisuje informace, které musí odpovědná osoba uvést před uvedením kosmetického přípravku na trh např. kategorii kosmetického přípravku, jeho název, jméno a adresu odpovědné osoby, zemi původu, kontaktní údaje fyzické osoby, na kterou je možné se v případě potřeby obrátit, přítomnost látek ve formě nanomateriálů, jejich identifikaci včetně chemického názvu, název a číslo služby chemických abstrakt (Chemicals Abstracts Service, CAS), rámcové složení [62].

Kapitola IV – Omezení pro některé látky

Článek 16 Nanomateriály uvádí, že u každého kosmetického přípravku, který obsahuje nanomateriály musí být zabezpečena vysoká úroveň ochrany lidského zdraví. Není-li výslovně stanoveno, nevztahuje se tento článek na nanomateriály používané jako barviva, filtry UV záření nebo konzervační přísady, jejichž použití upravuje článek 14. Vedle oznamovací povinnosti podle článku 13 musí odpovědná osoba oznámit Komisi elektronickou cestou kosmetické přípravky obsahující nanomateriály šest měsíců před jejich uvedením na trh, s výjimkou případů, kdy tyto přípravky již na trh uvedla před 11. lednem 2013.

Informace oznámené Komisi musí obsahovat např. identifikaci nanomateriálu včetně jeho chemického názvu, přesné vymezení nanomateriálu, fyzikálních a chemických vlastností nanomateriálu, odhadované množství nanomateriálu v přípravku, toxikologický profil nanomateriálu apod.

Pokud má Komise obavy ohledně bezpečnosti určitého nanomateriálu, požádá neprodleně VVBS o stanovisko k bezpečnosti použití tohoto nanomateriálu pro odpovídající kategorie kosmetických přípravků a rozumně předvídatelné podmínky expozice. Komise tyto informace zveřejní.

Článek 19 – Označování se týká kosmetických přípravků. Všechny obsažené přísady ve formě nanomateriálu musí být jasně uvedeny na seznamu přísad. Za názvy těchto přísad se uvede slovo „nano“ v závorkách.

Příloha I uvádí, jaké údaje musí obsahovat Zpráva o bezpečnosti kosmetického přípravku. V části A – Informace o bezpečnosti kosmetického přípravku, odstavci 8 týkajícího se Toxikologického profilu látek je uvedeno, že je třeba zvláštní pozornosti věnovat veškerým možným dopadům na toxikologický profil vyplývající z velikosti částic, včetně nanomateriálů, z nečistot v použitých látkách a surovinách, z interakce látek [62].

ZÁVĚR

Cílem práce bylo na základě dostupných literárních zdrojů vytvořit přehled o nanočásticích používaných v kosmetických přípravcích, osobní hygieně a čisticích prostředcích.

Úvodní část práce podává základní informace o nanomateriálech, jejich vývoji, typech nanočástic a metodách přípravy.

Navazující kapitoly jsou věnovány aplikačním oblastem nekovových a kovových nanočástic v kosmetickém průmyslu. V kosmetických přípravcích mohou nanočástice přírodního nebo syntetického původu díky svým různorodým fyzikálním, chemickým a biologickým charakteristikám plnit funkci jak aktivní látky, tak i nosiče nebo aditiva upravujícího vlastnosti formulace. Nanočástice nalézají nové uplatnění v dekorativní kosmetice, v oblasti dentální péče, ve vlasových přípravcích, pleťových formulacích proti stárnutí, deodorantech, antibakteriálních přípravcích a přípravcích proti slunění. Mezi nejčastěji používané nanomateriály patří stříbro/Ag, titan/TiO₂, křemík/SiO₂, a zinek/ZnO.

I přes extrémně malou a jen těžko představitelnou velikost nanočástic dokážeme v dnešní době využít jejich síly také v oblasti čisticích prostředků k úpravě různých povrchů. Díky nanočásticím lze dosáhnout dokonalého lesku skel a skleněných povrchů, dokonce vyčistit i těžce odstranitelné skvrny, například z textilu.

Další využití nanočástic je rozšířené v autokosmetice tzv. nanovoscích, které i přes neviditelnou vrstvu dokáží ochránit lak karoserie proti vnějším vlivům, jako jsou drobné škrábance, rez nebo oděrky.

I přes kladné účinky nanočástic, nelze opomíjet rizika spojená s jejich možným vstupem do lidského organismu. Nanočásticové formy kosmetických přípravků oproti tradičním formám mohou ovlivnit míru penetrace do pokožky. Kromě toxicity a s ní souvisejících regulačních aspektů, jsou velmi důležitá také stanoviska a postoje veřejnosti pro rozvíjející se odvětví nanotechnologií jak na poli vědy, tak i průmyslu. Proto je u kosmetických přípravků požadována identifikace nanomateriálu včetně jeho bezpečnosti podložená spolehlivými vědeckými výsledky.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Sovová, T., V. Kočí. Ekotoxikologie nanomateriálů. Chemické listy [online].2012, vyd. 106, str. 82-87[cit. 2018-05-13]Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2012_02_82-87.pdf
- [2] Dohnalová, Lucie a Vlastimil Dohnal, 2015. Nanočástice a jejich toxicita. Chem. Listy. 109(6), 444–450 [cit. 2018-07-05] ISSN 1213-7103. Dostupné z: http://ww.chemicke-listy.cz/docs/full/2015_06_444-450.pdf.
- [3] Bittová, Barbara. Nanotechnologie [online].[cit. 2018-02-20] Dostupné z: http://kdf.mff.cuni.cz/~koudelkova/U3V/Bittova_nano.pdf
- [4] Китакова Г. А. (Kitakova G.A.). Наноматериалы в косметике. (Nanomateriály v kosmetice). Московский государственный институт радиотехники электроники и автоматики.(Moskovská statni vysoka škola radioelektroniky a automatizace). 2007. [cit. 2017-09-15]
- [5] Vůjtek, Milan, Roman Kubínek a Miroslav Mašláň. Nanoskopie. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2012. Monografie (Univerzita Palackého).[cit. 2018-01-18]. ISBN 978-80-244-3102-4. Dostupné z: <https://fyzika.upol.cz/cs/system/files/download/vujtek/ostatni/nanoskopie-frvs.pdf>
- [6] Kolářová, Lucie. Úvod do nanovědy a nanotechnologií. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014.[cit. 2017-10-06] ISBN 978-80-244-4179-5. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/324602806_Uvod_do_nanotechnologii
- [7] Filipová Z., Kukutschová J., Mašláň M.: Rizika nanomateriálů. Univerzita Palackého v Olomouci, 2012. ISBN 978-80-244-3201-4
- [8] J. Potočník, “Doporučení Komise ze dne 18. října 2011 o definici nanomateriálu (2011/696/EU),” vol. 0328, no. 2005, pp. 2010–2012, 2011 [cit. 2018-10-21]. Dostupné z: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:275:0038:0040:CS:PDF>
- [9] Vysoká škola chemicko-technická v Praze. Nanomateriály a nanotechnologie. [cit. 2019-01-23]Dostupné z: http://www.vscht.cz/sil/keramika/Ceramic_Technology/SM-Lect-14-C.pdf

- [10] Jarošová, Marcela. Inovace kosmetických produktů s nanovláknem. Liberec, 2010. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Martin Kopic
- [11] López-Serrano, A., R. M. Olivas, J. S. Landaluze a C. Cámara. Na-noparticles: a global vision. Characterization, separation, and quantification methods. Potential environmental and health impact. *Analytical Methods* [online]. 2013, roč. 6, č. 1, s. 38-56 [cit. 2018-11-19]. DOI: 10.1039/c3ay40517f. Dostupné z: <http://xlink.rsc.org/?DOI=c3ay40517f>
- [12] Borovcová, Lucie. Nanomateriály a nanotechnologie v analytické chemii. Olomouc, 2010. Bakalářská práce. Univerzita palackého v Olomouci, fakulta přírodovědecká. Vedoucí bakalářské práce prof. RNDr. Karel Lemr, Ph. D. [cit. 2018-05-16] Dostupné z : <https://theses.cz/id/8xwgye/108208-580016488.pdf>
- [13] Moudrá, Lenka. Ambivalence nanotechnologie, diplomová práce. Brno: Masarykova univerzita, 2006. Vedoucí diplomové práce Michal Lorenz. [cit. 2018-10-06] Dostupné z: https://is.muni.cz/th/d3vho/Moudra_Lenka_-_Ambivalence_Nanotechnologie.pdf
- [14] Filipponi L., Sutherland D. Nano You. Teachers Training Kit In Nanoscience and Nanotechnologies, Module 1, Chapter 5 – Overview of Nanomaterial, iNano, Aarhus University. Denmark, 2010. [cit. 2019-01-03] Dostupné z: www.nanoyou.eu
- [15] V. Lhotská. Hygienická problematika související s nanočásticemi. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2012. Vedoucí bakalářské práce Radmila Řepová. [cit. 2018-01-04] Dostupné z: <https://anzdoc.com/hygienicka-problematika-souvisejici-s-nanoasticemi.html>.
- [16] Patwekar, S., S. Gattani, R. Giri, A. Bade, B. Sangewar a V. Raut. Review on nanoparticles used in cosmetics and dermal products. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. [online]. 2014, roč. 3, č. 8, s. 1407-1421. [cit. 2018-10-06] Dostupné z: <http://www.wjpps.com/download/article/1406886226.pdf>.
- [17] A. Mhraryan, N. Ferraz, M. Stromme: Current status and future prospects of nanotechnology in cosmetics. [online] *Progress in Materials Science*, 57 (2012),

- s. 875-910.. [cit. 2018-11-13]Dostupné z : <https://doi.org/10.1016/j.pmat-sci.2011.10.001>
- [18] Examining nanoemulsions and nanobarrier systems [online]. The website of Personal Care Magazine2007. [cit. 2018-12-04]Dostupné z: <http://www.personalcaremagazine.com/Story.aspx?Story=2640>
- [19] Aska Corporation. Whitening cosmetic composition containing arbutin nanoparticles.[online]Původci: Nanbu T.Int. Cl. A63L/7034. United States, 12.3.2009. Patent WO 20090069253.US 20090069253. [cit. 2018-11-16] Dostupné z: <https://patentimages.storage.googleapis.com/17/8f/3b/947a1faa8bf733/US20090069253A1.pdf>
- [20] Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle. Cosmetic or dermatopharmaceutical compositions comprising tyramine derivatives, method for preparing same, and use thereof.[online]Původci:Lintner K. Int. Cl. A61P 7/48. France, 8.1.2004. Patent WO 2004002941.[cit. 2018-11-16] Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/WO2004002941A1/en?q=WO+2004002941>
- [21] European Patent Office. Composition contenant des nanoparticules d'acide retinoïque revêtues d'un sel inorganique métallique polyvalent.[online] Původci:Igarashi R., Mizushima Y., Nakamura N., Takenaga M., Yamaguchi Y. Int Cl. A61K 31/203.Bulletin, 28.06.2006. Patent WO 2005037268. [cit. 2018-11-16] Dostupné z: <https://patentimages.storage.googleapis.com/66/f0/2d/ddb5655fd3fb33/EP1674094A1.pdf>
- [22] Oral and dental care product. [online] Původci: Barth A, Kropf C, Poth T.Int Cl. A61K. Germany, 10.3.2005. Patent WO 2005020878. [cit. 2018-11-22] Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/WO2005020878A2/en?q=WO+2005020878>.
- [23] World Intellectual Property Organization. Sericin cationic nanoparticles for application in products for hair and dyed hair.[online] Původci:A. Santana MH., Dieamant GDC., Marcelino AG., Nogueira C., Polezel MA., Rossan MR.Int Cl.

- A61K 8/64. USA,23.12.2010. Patent WO 2010146415.[cit. 2018-11-22]Dostupné z: <https://patentimages.storage.googleapis.com/ee/81/44/12c95ef4a65858/WO2010146415A1.pdf>
- [24] World Intellectual Property Organization International Bureau. Compositions Comprising Nanoparticles of an Isoflavone.[online] Původci:Beumer R., Chen C., Gutzwiller H., Maillan P.E., Nowotny M., Schlegel B.Int Cl. A61K 31/352. USA, 04.01.2007. Patent WO 2007000192. [cit. 2018-11-22]Dostupné z: <https://patentimages.storage.googleapis.com/a5/93/29/b09b5012c32531/WO2007000192A1.pdf>
- [25] European Patent Office. Solid composition with a multi-core structure.[online] Původci:Auweter H., Musaeus Jensen N., Lueddecke E., Runge F., Accvit H.Int Cl. A61K 9/16. 13.03.2002. Patent EP 1186292.[cit. 2018-11-22] Dostupné z: <https://patentimages.storage.googleapis.com/70/18/c3/7658b7f9aece49/EP1186292A2.pdf>
- [26] World Intellectual Property Organization. Peptide nanoparticles and uses therefor.[online] Původci: Edelson J., Kotyla T. Int Cl.A61K 9/107. 20.11.2008.Patent WO 2008140594 A2. [cit. 2018-11-28]Dostupné z: <https://patentimages.storage.googleapis.com/18/23/e8/8e3c1d3baaa89d/WO2008140594A2.pdf>
- [27] World Intellectual Property Organization. Cosmetic pigment composition containing gold or silver nano-particles.[online] Původci:Chung BH., Ha TH., Jeong JY., Jung BH., Kim JK., Lim YT. Int Cl.A61K 8/19.25.01.2007. Patent WO 2007011103A1.[cit. 2018-12-05] Dostupné z: <https://patentimages.storage.googleapis.com/5c/42/c2/f9a3fce5fb5981/WO2007011103A1.pdf>
- [28] Patent Application Publication Alfano et al. Changing skin-color perception using quantum and optical principles in cosmetic preparations. [online] Původci: Alfano RR., Ni X., Zevallos M. Int Cl. A61K 8/19. USA, 29.11.2007.Patent US 20070274938. [cit. 2018-12-05]Dostupné z: <https://patentimages.storage.googleapis.com/66/c5/3b/006b2b06585e16/US20070274938A1.pdf>
- [29] World Intellectual Property Organization. Optical blurring pigment composition suitable for use in cosmetics.[online] Původci:Dingley AG., Fair MJ., Glynn JR., Sandstrom GA.Int Cl. A61K 33/20. 18.02.2010. Patent WO 2010019164.[cit.

- 2019-01-10] Dostupné z: <https://patentimages.storage.googleapis.com/ca/aa/a7/7a6ccfd6c6d65/WO2010019164A1.pdf>
- [30] World Intellectual Property Organization. Gel technology suitable for use in cosmetic compositions. [online] Původci: Maitra P., Brown S., Glynn J., Rothhouse J., Brahms J., Fair MJ. Int Cl. A61K 8/81. 09.07.2009. Patent WO 2009085444. [cit. 2019-01-10] Dostupné z: <https://patentimages.storage.googleapis.com/55/58/b4/d96619d0c0e1ce/WO2009085444A1.pdf>
- [31] Institut National De La Propriété Industrielle. Cosmetic composition comprising nanoparticles as fluorescent pigments. [online] Původci: Dubertret B. Int Cl. A61K 7/48. Paris, 28.11.2002. Patent FR 2847812. [cit. 2019-01-10] Dostupné z: <https://patentimages.storage.googleapis.com/1c/35/88/0739bc6d1c8f07/FR2847812A1.pdf>
- [32] World Intellectual Property Organization. Perfume delivery systems based on inorganic nano particles. [online] Původci: Goebbert C., Graether O., Nonninger R., Paget W., Wittmer R. Int Cl. A61K 7/06. 12.5.2005. Patent WO 2005041908.c Dostupné z: <https://patentimages.storage.googleapis.com/33/8b/9e/81c475bc7a43a1/WO2005041908A1.pdf>.
- [33] M. Nilforoushzadeh, M. Amirkhani, P. Zarrintaj, A. Moghaddam, T. Mehrabi, S. Alavi, M. Mollapour Sisakht. Skin care and rejuvenation by cosmeceutical facial mask. *Journal of Cosmetic Dermatology*. 2018 . DOI: 10.1111/jocd.12730. [cit. 2019-01-15]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/327167819_Skin_care_and_rejuvenation_by_cosmeceutical_facial_mask
- [34] K. Morabito, N. C. Shapley, K. G. Steeley, A. Tripathi. Review of sunscreen and the emergence of non-conventional absorbers and their applications in ultraviolet protection. *Review Article .International Journal of Cosmetic Science*. 2011, č. 33, s. 385–390. [cit. 2019-01-15] Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1468-2494.2011.00654.x>
- [35] Nohynek G. J., Lademan J., Ribaud C., Roberts M. S. Grey Goo on the skin? Nanotechnology, cosmetic and sunscreen safety. *Crit. Rev. Toxicol.* 2007, č. 37, s. 251–277.

- [36] Nohynek G.J., Dufour E.K., Roberts M.S. Nanotechnology, cosmetics and the skin: is there a health risk. *Skin Pharmacol. Physiol.*, 21 (2008), s. 136-149
- [37] Nohynek GJ, Antignac E, Re T, Toutain H. : Safety assessment of personal care products/cosmetics and their ingredients. 2010 Mar 1;243(2):239-59. doi: 10.1016/j.taap.2009.12.001.
- [38] *Journal of Photochemistry and Photobiology. Toxicology and Applied Pharmacology*. M. Wlaschek., Matsumara. Toxic effects of ultraviolet radiation on the skin, 195, 298, 2004.[cit. 2019-02-26] Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0041008X03004952?via%3Dihub>
- [39] Osmond, M. J. a M. J. McCall. Zinc oxide nanoparticles in modern sunscreens: An analysis of potential exposure and hazard. *Nanotoxicology* [online]. 2010, roč. 4, č. 1, s. 15-41. DOI: 10.3109/17435390903502028. [cit. 2019-02-26] Dostupné z: <http://informahealthcare.com/doi/abs/10.3109/17435390903502028>
- [40] D. Schlossman, Y. Shao; Discovering an optimum small micropigment for high UV shielding and low skin whitening. 23rd IFSCC Intl. Congress, Proceedings, 2004.
- [41] Procházka J. Studium vlastností nanočástic oxidu titaničitého. Praha, 2009. Diplomová práce. Karlova universita v Praze. Vedoucí diplomové práce: Prof. RNDr. Ladislav Kavan.
- [42] B. Halliwell, J.M.C. Gutteridge. *Free Radicals in Biology and Medicine*. [online]. 3rd Edition. © 2015. Oxford University Press. [cit. 2019-03-13] ISBN 978-0-19-871747-8. Dostupné z: <http://fdslive.oup.com/www.oup.com/academic/pdf/13/9780198717485.pdf>
- [43] J. Knowland, P.J. McHugh, R. Dunford. *Molecular, Cellular and Physiological Aspects, Sunscreen Photobiology*. Department of Dermatology and Cutaneous Biology. 47, 1997.[cit. 2019-01-13] ISBN 978-3-662-10135-3.
- [44] Canadian Intellectual Property Office. Coating compositions for modifying surfaces. [online] Původci: J.C. Theophile R., B.St. Laurent, J.D. Carter, R.D. Cramer, E.P. Gosselink, G.T. Int Cl. D06M 10/06. 22.08.2002. Patent CA2433059C.[cit. 2019-01-25]. Dostupné z: <https://patentimages.storage.googleapis.com/55/07/65/e955284f86ae4f/CA2433059C.pdf>

- [45] Patent Application Publication. Hybrid coated cosmetic powders and method of making and using the same. [online] Původci: Schlossman David, Shao Yun. Int Cl. A61K 9/14. 25.11.2004. Patent US 20040234613. [cit. 2019-02-06] Dostupné z: <https://patentimages.storage.googleapis.com/6d/d5/c8/12a2700d66c08b/US20040234613A1.pdf>
- [46] G. Wakefield, J. Stott, D. Browning. Improving sunscreen UVA performance and formulation stability during solar exposure by incorporation of manganese doped nanoparticles. 39th Annual Conference of Australian Society of Cosmetic Chemists (ASCC). Proceedings, 2005
- [47] Handa O., Kokura S., Adachi S., Takagi T., Naito Y., Tanigawa T. Methylparaben potentiates UV-induced damage of skin keratinocytes. Toxicology. [online] 2006, č. 227, s. 62-72. [cit. 2019-03-03] Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300483X06004641?via%3Dihub>
- [48] O. Handa, T. Takagi, T. Ishikawa, Y. Naito, S. Kokura, T. Yoshikawa. Silver nanoparticles as a safe preservative for use in cosmetics. [online] 2010 Aug;6(4):570-4. doi: 10.1016/j.nano.2009.12.002. Epub 2010 Jan 7. [cit. 2019-03-03] Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S154996341000002X?via%3Dihub>
- [49] Akzo Nobel. Technical information Berosol EC. [online]. © 2006. [cit. 2019-03-18] Dostupné z: www.macler.com.br/.../91_berosol_ec_-_ficha_tecnica.pdf
- [50] Akzo Nobel Surface Chemistry. Berosol™ EC Easy-clean solutions. Technical Information. [online]. 2010. Publication: SC 10-1.
- [51] Trhalíková, Lucie. Vliv směsí „Green solvents“ a nanočástic na vybrané polymerní povrchové úpravy. [online] Brno, 2012. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, fakulta chemická, ústav fyzikální a spotřební chemie. Vedoucí diplomové práce Jaromír Tulka. [cit. 2019-03-18] Dostupné z: https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/5932/DP_Trhalikova_v01.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- [52] Bayprotect nano-pollen, Enhanced properties through Nano-technology. [online]. [cit. 2019-03-20] Dostupné z: http://www.spot.com.tr/uploads/1/4/4/6/14462940/bayprotect_nano-pollen_handout.pdf

- [53] Bio-Tech Solutions. Profesionální čistící a impregnační prostředky. [online]. [cit. 2019-03-20] Dostupné z :<http://files.bestclean.cz/200000104-e431ce52c4/elektronick%C3%BD%20katalog%202017-2.pdf>
- [54] *Další úspěch našich vědců – unikátní autokosmetika* [online]. In: . T-UNI, 2015. [cit. 2019-03-25] Dostupné z: <http://tuni.tul.cz/rubriky/univerzita/id:76259>
- [55] K. Dražanová, B. Adam. Toxikologie nanočástic. Seminární práce. [online]. České Budějovice, 2016. [cit. 2018-05-12] Dostupné z: http://www.toxicology.cz/_soubory/pdf/nano.pdf
- [56] Vaculíková, E., Plachá, D., Jampílek, J. Toxikologie nanoforem nosičů léčiv. [online] *Chemické listy*. 2015, 109(5), s. 346-352. [cit. 2018-04-27] ISSN 0862-8947.. Dostupné z: http://chemicke-listy.cz/docs/full/2015_05_346-352.pdf
- [57] Kateřina Novotná. Toxicita nanomateriálů vůči vodním korýšům. Praha 2012. Bakalářská práce. 2012. Univerzita Karlová v Praze. Přírodovědecká fakulta. Ústav pro životní prostředí. Vedoucí Bakalářské práce Vladimír Kočí.
- [58] Nohavica, D. Respirační a kardiovaskulární problémy související s nanočásticemi. Nanocon 2009, Rožnov pod Radhoštěm 2009, sborník abstraktů str. 76, ISBN 978-80-87294-12-3
- [59] Paul JA, D. Robbins, S. Haubold, T. Kuhlbusch, H. Fissan, K. Donaldson, R. Schins. The potential risks of nanomaterials: a review carried out for ECETOC. *Particle and Fibre Toxicology*. 2006, 3:11. [cit. 2018-05-22] Dostupné z : <https://particleandfibretoxicology.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-8977-3-11>
- [60] Topinka, Jan. Je nutné studovat možná rizika nanomateriálů pro lidské zdraví? *Vesmír* [online]. 2011, č. 90. [cit. 2018-07-09] Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2011/cislo-4/je-nutne-studovat-mozna-rizika-nanomaterialu-pro-lidske-zdravi.html>
- [61] E. Hulicius. Inovace a rozvoj studia nanomateriálů na TUL. [online] *Studijní materiály*. Technická univerzita v Liberci. [cit. 2018-05-17] Dostupné z: https://nanoed.tul.cz/pluginfile.php/1534/mod_resource/content/1/07_-_Eliminace.pdf

- [62] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1223/2009 ze dne 30. listopadu 2009 o kosmetických přípravcích (Text s významem pro EHP). In: *Úřední věstník Evropské unie*. 2009. [cit. 2019-03-20] Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R1223&qid=1418576251564&from=C>
S

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

STM	Řádkovací tunelový mikroskop (Scanning Tunneling Microscope)
AFM	Mikroskopie atomárních sil (Atome Force Microscopy)
ENM	Engineered nanomaterial
DNA	Deoxyribonukleová kyselina
CNTs	Carbon nanotubes
SWNTs	single-walled carbon nanotubes
MWNTs	multiple-walled carbon nanotubes
CVC	kondenzace chemických výparů
UV	ultrafialové záření
SEM	rastrovací elektronový mikroskop
BBB	blood-brain barrier
VVBS	Vědecký výbor pro bezpečnost spotřebitele
CAS	Chemicals Abstracts Service

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Ochrana proti UV záření [34].....	28
Obr. 2. SEM snímky nano rutilu v kosmetických přípravcích proti slunění [41].....	30
Obr. 3. Transport přes dýchací cesty [7].....	36
Obr. 4. Možnosti kožní penetrace [59]	38

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Rozdělení cíleně produkováných nanočástic [2].....	16
Tab. 2a. Kosmetické výrobky s uplatněním nanomateriálů [17].....	21
Tab. 2b. Kosmetické výrobky s uplatněním nanomateriálů [17].....	22