

Analytika povrchově aktivních látek používaných v kosmetice

Eva Polzerová

Bakalářská práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Eva POLZEROVÁ

Osobní číslo: T09808

Studijní program: B 2901 Chemie a technologie potravin

Studijní obor: Technologie výroby tuků, kosmetiky a detergentů

**Téma práce: Analytika povrchově aktivních látek používaných
v kosmetice**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

- 1. Charakterizujte povrchově aktivní látky využívané v kosmetice, zhodnoťte dermatologické aspekty související s jejich aplikací.**
- 2. Klasifikujte metody určené pro stanovení povrchově aktivních látek.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

WALDHOFF, H. Handbook of detergents, part C: Analysis (Surfactant science), CRC Press, 2004.

SALVADOR, A. Analysis of cosmetic products, Elsevier, 2007.

MYERS, D. Surfactant science and technology, John Wiley and Sons, 2006.

BLAŽEJ, A. a kol. Tenzidy, Alfa, 1978.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jana Sedlaříková, Ph.D.

Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Datum zadání bakalářské práce:

24. února 2012

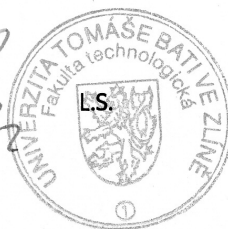
Termín odevzdání bakalářské práce:

21. května 2012

Ve Zlíně dne 24. února 2012



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan



doc. Ing. Rahula Janiš, CSc.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: POLYEROVA' EVA

Obor: ČHTP - KK

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit 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 21.5. 2012

Eva Polzerova

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Tématem bakalářské práce jsou povrchově aktivní látky obsažené v kosmetických prostředcích a metody jejich stanovení. Tyto látky mají schopnost snižovat mezifázové napětí, čímž usnadňují odstranění nečistot, dále pak stabilizují disperzní soustavy. Z toho důvodu jsou využívány v řadě praktických aplikací, zahrnujících i kosmetický průmysl. V první části práce byla na základě dostupné literatury popsána obecná charakteristika, rozdělení a vlastnosti povrchově aktivních látek. Druhá část se zabývá významem a aplikacemi povrchově aktivních látek v kosmetice. V poslední části je vypracován přehled analytických metod používaných pro stanovení povrchově aktivních látek v kosmetických produktech.

Klíčová slova: analytické metody, kosmetika, povrchově aktivní látky, tenzid.

ABSTRACT

This work deals with surface active agents included in cosmetic products and methods of their analysis. These substances have ability to reduce surface tension, which is used to remove impurities in the process of detergency and to stabilize disperse systems. For this reason they are used in many practical applications, including cosmetic industry. In the first part, a general characteristics, classification and properties of surface active agents were described on the base of literature search. In the second part, the use and application of surfactants in cosmetic industry is included. The last part of the work is devoted to possible methods applicable for the determination of surface active agents in cosmetics.

Keywords: analytical methods, cosmetics, surface active agents, surfactant.

Na tomto místě bych velice ráda poděkovala především vedoucí bakalářské práce Ing. Janě Sedlaříkové, Ph.D. za její odborné vedení a rady, ochotu, trpělivost a pomoc při vypracování této práce.

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

OBSAH

ÚVOD	10
1 POVRCHOVĚ AKTIVNÍ LÁTKY	11
1.1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA	11
1.2 CHEMICKÁ STRUKTURA	11
1.3 ROZDĚLENÍ TENZIDŮ PODLE IONTOVÉHO CHARAKTERU	12
1.3.1 Anionické tenzidy	12
Mýdla	13
Sulfáty	13
Sulfonáty	14
Fosfáty	15
1.3.2 Kationické tenzidy	15
1.3.3 Amfoterní tenzidy	16
1.3.4 Neionické tenzidy	16
1.4 ROZDĚLENÍ TENZIDŮ PODLE HODNOTY HYDROFILNĚ-LIPOFILNÍ ROVNOVÁHY	17
2 TENZIDY V KOSMETICE	19
2.1 KOSMETIKA A KOSMETICKÉ PROSTŘEDKY	19
2.2 VÝZNAM TENZIDŮ V KOSMETICE	19
2.3 KOSMETICKÉ PRODUKTY OBSAHUJÍCÍ TENZIDY	20
2.3.1 Mýdla, šampony	20
2.3.2 Vlasové kondicionéry	21
2.3.3 Mléka, lotiony	21
2.3.4 Zubní pasty, ústní vody	21
2.3.5 Dekorativní kosmetika	22
2.4 DERMATOLOGICKÉ ASPEKTY	24
2.4.1 Anti-iritační systémy	24
2.4.2 Toxicita	25
3 ANALYTICKÉ METODY STANOVENÍ PAL V KOSMETICE	28

3.1	KLASICKÉ METODY	29
3.2	ELEKTROANALYTICKÉ METODY	31
3.3	SPEKTROSKOPICKÉ METODY	33
3.4	CHROMATOGRAFICKÉ METODY	35
3.4.1	Plynová chromatografie	35
3.4.2	Kapalinová chromatografie	36
	ZÁVĚR	41
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	42
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	47
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	48
	SEZNAM TABULEK	49

ÚVOD

Povrchově aktivní látky, neboli tenzidy, patří vzhledem ke svým vlastnostem mezi nejušestrannější látky s širokým rozsahem praktických aplikací. Na jejich výrobu se využívají a ustavičně hledají nové surovinové zdroje z mnohých oblastí hospodářství. Je to skupina chemikálií, která se dennodenně dotýká našich životů nesčetnými způsoby. Jsou využívány při výrobě pracích a čisticích prostředků, barev, pesticidů, kosmetiky a mnoha dalších produktů. Hlavní požadavek na tenzidy užívané v kosmetice je jejich nízký iritační potenciál vůči pokožce, bezpečnost a čistota. Povrchově aktivní látky užívané v kosmetických přípravcích musí být zcela bez alergenů, senzibilizátorů a iritantů.

Většina tenzidů je komerčně dostupná jako směs chemických látek, ne jako čisté substance. Výrobci připravují rámcové receptury na své směsi pro různé účely v závislosti na druhu výrobku, způsobu a účelu použití dané formulace. Tenzidové kompozice jsou jednou z nejsledovanějších skupin ingrediencí používaných v kosmetických prostředcích. Pro jejich stanovení je využívána řada analytických metod, přičemž při výběru optimálního postupu je nutné brát v úvahu jak typ povrchově aktivní látky, tak typ kosmetického produktu.

Cílem práce bylo charakterizovat tenzidy, jejich vlastnosti a význam pro kosmetický průmysl. Dále pak byla práce soustředěna na shrnutí dostupných analytických technik aplikovaných pro kosmetické přípravky s obsahem tenzidů.

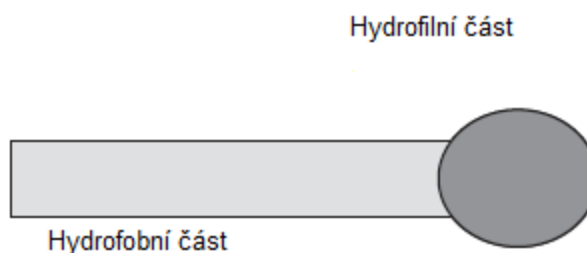
1 POVRCHOVĚ AKTIVNÍ LÁTKY

1.1 Obecná charakteristika

Povrchově aktivní látky (PAL), jsou organické sloučeniny vyznačující se tím, že již při poměrně nízkých koncentracích se adsorbují na fázovém rozhraní a velmi silně snižují mezifázové, resp. povrchové napětí vody, která je nejběžnějším rozpouštědlem [2, 3]. Ekvivalentními pojmy k PAL jsou tenzidy (z němčiny) a surfaktanty (z angličtiny) [8].

1.2 Chemická struktura

Podstatou snižování povrchového napětí je molekulární struktura tenzidu [3]. Tvar molekul takovýchto látek je zpravidla delší než širší a dá se v nich rozlišit část nepolární (hydrofobní) a část polární (hydrofilní). Souborně se taková struktura označuje jako struktura amfipatická [2].



Obr. 1: Struktura tenzidu [11]

Hydrofobní část molekuly, která je orientovaná směrem k nepolární fázi, je tvořena dlouhými uhlovodíkovými řetězci s obsahem 8 a více uhlíků, které mohou být rozvětvené a také mohou obsahovat benzenová jádra [3]. Tyto skupiny se dobře rozpouští v nepolárních rozpouštědlech [1]. S rostoucí délkou uhlovodíkového řetězce roste povrchová aktivita tenzidů, což je doprovázeno snižující se rozpustností látek ve vodě a směsi organického rozpouštědla a vody.

Hydrofilní část směřuje k polární části smáčeného povrchu a je tvořena funkčními skupinami jako např. karboxylovou, sulfátovou, sulfonovou atd. [3]. Hydrofilní část má velkou afinitu k vodě a ve vodném prostředí je velmi hydratovaná. Specifická funkce

hydrofilní skupiny přítomné v molekule tenzidu se zakládá na silném ovlivnění celkové polaroty, rozdělení elektrického náboje a celkového iontového charakteru [1].

1.3 Rozdělení tenzidů podle iontového charakteru

Povrchově aktivní látky je možné klasifikovat na základě jejich hydrofilní nebo hydrofobní složky, použití, číselné hodnoty HLB, systematiky organických sloučenin a biologické rozložitelnosti [6].

Podle iontového charakteru hydrofilní složky se PAL dělí na ionické a neionické. Toto rozdělení tenzidů souvisí s jejich chováním ve vodných roztocích. Pokud dochází ve vodném prostředí k jejich disociaci, jedná se o ionické tenzidy. V případě, že k disociaci nedochází, hovoříme o tenzidech neionických. Ionické tenzidy dále dělíme na anionické, kationické a amfoterní [3].

Anionické tenzidy disociují na povrchově aktivní anion, kationické na povrchově aktivní kation, neionické nedisociují a rozpouštějí se solvatací většího počtu hydrofilních skupin [4]. Obsahují polární nedisociovanou skupinu -OH, -O- [6]. Amfoterní tenzidy mohou nabývat anionového nebo kationového charakteru podle hodnoty pH prostředí [4]. Jako protionty bývají nejčastěji jednoduché ionty (Na^+ , Cl^- apod.) [8].

Názvy tenzidů se často uvádějí ve zkratkách převzatých z angličtiny. Kromě toho je v praxi běžné názvosloví chemické, technické nebo komerční. Na kosmetických výrobcích jsou výrobci povinni uvádět názvy podle názvosloví INCI (International Nomenclature of Cosmetic Ingredients) [5]. V předložené práci jsou používány názvy INCI i běžné názvy, v případě, že jde o známý často užívaný pojem.

1.3.1 Anionické tenzidy

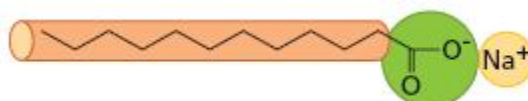
Anionické povrchově aktivní látky jsou v technické praxi nejběžnější [2]. Uplatňují se jako smáčečí, dispergační, emulgační, penetrační i detergenční přípravky. Maximální účinnost vykazují v alkalickém prostředí [2].

Nejstarší zástupci této skupiny jsou mýdla získávaná z živočišných a rostlinných tuků a olejů, která patřila po tisíce let k jediným dostupným tenzidům. Až později, když byly shledány funkční nedostatky klasických mýdel v mnoha moderních průmyslových

procesech, začal vývoj syntetických tenzidů, které se více osvědčily v řadě průmyslových aplikací [7].

Mýdla

Obecná struktura molekuly mýdla má tvar $R - COO^-M^+$. Z chemického hlediska jde tedy o směsi solí vyšších mastných kyselin přírodního původu s přímým řetězcem s alkalickými kovy, které ve vodném roztoku disociují na povrchově aktivní aniony mastných kyselin a povrchově neaktivní kationy. Tento tenzid tvoří majoritní část receptury toaletních i ostatních kusových mýdel a jako vedlejší tenzid je obsažen i v práškových pracích prostředcích. Díky své struktuře jsou mýdla snadno biologicky rozložitelná; nevýhodou ovšem je, že ve vodném roztoku tvoří s ionty vápníku a hořčíku málo rozpustné sloučeniny, které již nevykazují povrchovou aktivitu. [4].



Obr. 2: Schéma molekulární struktury mýdla [26]

Sulfáty

Sulfáty neboli soli alkylesterů kyseliny sírové, které mají obecný vzorec $R - O - SO_3^-M^+$, se vyrábí sulfatací vyšších alifatických alkoholů C10 - C18 [4]. Charakteristické je pro ně postavení sulfátové skupiny na konci řetězce [3]. Pokud je alkyl lineární, jsou alkylsulfáty snadno biologicky odbouratelné. S ionty Ca^{2+} a Mg^{2+} jsou ve vodě poměrně rozpustné. Mezi další výhody, díky kterým dosáhly ohromného technického významu, patří např. dobrá rozpustnost ve vodě a povrchová aktivita, relativně jednoduchá syntéza, nízká cena nebo dobrá dostupnost výchozích surovin [7]. Alkylsulfáty se používají v malých množstvích v práškových pracích prostředcích, ale hlavní oblast jejich použití je v kapalných mycích prostředcích (pro ruční mytí nádobí). Další těžiště jejich aplikace je v kosmetických prostředcích, vlasových a tělových šamponech, tekutých mýdlech a koupelových pěnách [4]. Nejčastěji používaným alkylsulfátem je lauryl sulfát sodný (SLS).

Mezi významné sulfátové tenzidy patří sulfáty mastných alkoholů a sulfáty oxyethylovaných vyšších mastných alkoholů. Sulfátové mastné alkoholy se vyznačují výbornými pěnicími vlastnostmi. Nejběžnějšími jsou sodné soli sulfátových alkoholů, které se používají v pracích prášcích a také jako emulgátory v kosmetických produktech. Diethanol, triethanol a amonné soli jsou součástí kapalných přípravků pro ruční mytí nádobí a vlasových šampónů. Sulfatací oxyethylovaných vyšších mastných alkoholů se získají z neionických tenzidů ionické [31]. Velké využití alkylethersulfátů lze nalézt v kosmetických prostředcích, tělových a vlasových šamponech. Ve většině těchto prostředků jsou obsaženy sodné nebo méně často amonné alkylpolyglykosulfáty. Většinou se používají oligomery se dvěma až třemi oxyethylenovými skupinami, které jsou dobře snášeny pokožkou [5].

Sulfonáty

Sulfonáty obsahují skupinu $R-SO_3^-M^+$, kde R může být přímý nebo rozvětvený řetězec, nasycený nebo nenasycený a M^+ může být vodík, ion alkalického kovu nebo ve vzácných případech vícemocný kovový ion. První komerčně dostupné sulfonátové tenzidy byly vyrobeny v Německu během první světové války. Hlavním důvodem byl nedostatek rostlinných a živočišných tuků. Byly vyvinuty alkylnaftalensulfonáty, které jsou díky své výborné smáčecí schopnosti využívány dodnes, přestože jejich čistící schopnost je relativně nízká.

Sulfonátové tenzidy lze dělit na alifatické a alkylaromatické sulfonáty [7]. Klasickým příkladem alifatických sulfonátů je lauryl sulfonát sodný. Optimální povrchové aktivity s ohledem na dostatečnou rozpustnost je dosaženo u látek s 8 až 18 uhlíky v alkylovém řetězci. Na rozdíl od alkyl sulfátů jsou sulfonáty odolnější vůči hydrolyze vzhledem k přímé vazbě mezi uhlíkem a sírou. Podle použitých surovin do alifatických sulfonátů řadíme parafínsulfonáty, ropné sulfonáty a α -olefin sulfonáty.

- Parafínsulfonáty – jsou vyráběny sulfonací parafinických uhlovodíků. Mají nízkou detergenční účinnost, ale výborné smáčecí vlastnosti. Oblast jejich hlavního využití je v kapalných pracích, mycích a smáčecích prostředcích [6].
- Ropné sulfonáty – jsou připravovány reakcí vybraných ropných frakcí s kyselinou sírovou. Jejich největší výhodou je relativně nízká cena. Běžně se využívají jako pěnicí činidla při flotaci rud nebo jako inhibitory koroze.

- Olefinsulfonáty – vyrábějí se přímou sulfonací α -olefinů, při které vzniká směs alkensulfonátu a hydroxyalkansulfonátů. Používají se především do kapalných mycích prostředků a mají výborné čistící schopnosti i v tvrdé vodě. Výhodou je lepší biodegradabilita v porovnání s alkylarylsulfonáty a menší iritace pokožky [5].

Alkylarylsulfonáty jsou významnými anionickými tenzidy, které se připravují Friedel-Craftsovou alkylací aromatického jádra (benzen, naftalen) a následnou sulfonací [6]. Alkylbenzensulfonáty patří mezi nejpoužívanější anionické tenzidy. Dříve využívané sloučeniny s rozvětvenými alkyly jsou v současné době nahrazovány lineárními alkylbenzensulfonáty (LAS) kvůli lepší biologické rozložitelnosti [5].

Fosfáty

Estery a diestery kyseliny fosforečné představují relativně jednotnou skupinu anionických tenzidů. Jde o sloučeniny s obecným vzorcem $RO-PO_3^-M^+$, kde R představuje dlouhý řetězec alkoholu nebo fenolu. Mnoho ekologických problémů souvisejících s jejich používáním vedlo k omezení jejich produkce. Navíc je jejich cena v porovnání se sulfonáty a sulfáty mnohem vyšší [7].

1.3.2 Kationické tenzidy

Kationické tenzidy jsou sloučeniny s jednou nebo více funkčními skupinami, které ve vodném roztoku disociují, přičemž vznikají kladně nabitě organické ionty, které jsou nositeli povrchové aktivity [1]. Díky těmto vlastnostem se silně adsorbují na většinu pevných povrchů, které obvykle bývají záporně nabitě [18]. Kationické tenzidy mají především dezinfekční, změkčovací a antistatické účinky [3]. K hlavním nevýhodám patří jak jejich nízká detergenční schopnost, tak v porovnání s anionickými a neionickými tenzidy i jejich vyšší cena [18]. Nejběžnější jsou alkylaminy s délkou řetězce C8-18. Vyskytují se ve formě primárních až kvartérních aminů, které jsou také vzhledem k silné ionizaci nejvýznamnější [8]. Tyto sloučeniny obsahují alespoň jeden hydrofobní uhlovodíkový řetězec spojený s pozitivně nabitým atomem dusíku a další alkylové skupiny – methyl nebo benzyl skupiny jako substituenty. Jsou široce používány v avivážních prostředcích a vlasových kondicionérech [28].

1.3.3 Amfoterní tenzidy

Amfoterní tenzidy jsou charakterizovány přítomností dvou hydrofilních skupin, kyselé (karboxylové, sulfoskupiny) a zásadité (aminoskupiny nebo amoniové skupiny), které molekule udělují amfoterní charakter, a to v závislosti na pH prostředí. V alkalickém prostředí se chovají jako anionické a v kyselém prostředí jako kationické tenzidy [1, 4].

K výhodám amfoterních tenzidů patří jejich kombinovatelnost se všemi ostatními typy tenzidů a v porovnání s nimi jsou i méně dráždivé pro pokožku a oči [18]. Výhody těchto kombinací spočívají v zajištění vynikajících čistících schopností díky přítomnosti anionických tenzidů a menší dráždivosti a dobré pěnotvornosti, kterou poskytují látky amfoterní. K jejich nevýhodám patří zejména nerozpustnost ve většině organických rozpouštědel včetně ethanolu [18]. Směsi amfoterních a anionických tenzidů jsou častou součástí šamponů, tekutých mýdel a jiných tekutých přípravků [33]. Mezi hlavní typy patří alkylbetainy, sulfobetainy, acylaminoalkylbetainové deriváty a další [4]. Konkrétním příkladem je laurylamidopropyl betain, který tvoří nepostradatelnou součást dnešních receptur šamponů [5].

1.3.4 Neionické tenzidy

Neionické tenzidy jsou sloučeniny, které ve vodném roztoku nedisociují na ionty [18]. Jejich rozpustnost je způsobena silnou hydratační schopností polárních hydrofilních skupin, zastoupených např. aminoskupinami, hydroxylovými skupinami nebo kyslíkovými můstky. Hydrofobní část je tvořena alifatickým uhlovodíkovým řetězcem nebo řetězcem alkylfenolovým [23].

Mezi vlastnosti neionických PAL patří nízká citlivost na přítomnost elektrolytů a pH roztoku a opačná teplotní závislost rozpustnosti v porovnání s ionickými PAL [7].

S výhodou jsou aplikovány ve směsích s anionickými tenzidy, se kterými vykazují synergické efekty v oblasti povrchového napětí roztoků a pěnotvorných schopností [3].

Mezi významné skupiny neionických tenzidů patří především ethoxylované mastné alkoholy a alkylpolyglykosidy, které pochází z obnovitelných rostlinných zdrojů a jsou dokonale biologicky rozložitelné [22]. V kosmetice byly běžně využívány např. alkanolaminy mastných kyselin, které jsou účinné při zvyšování viskozity kapalných formulací. Proto jsou vhodné pro přípravu šamponů nebo tekutých mýdel. Tyto látky jsou

ovšem stále častěji v recepturách nahrazovány jinými PAL, a to z důvodu možného kancerogenního účinku nitrosaminu, který vzniká v kyselém prostředí z nejvíce používaného diethanolaminu. Dále se aplikují aminooxidy, které příznivě ovlivňují stabilitu pěny a používají se podobně jako betainy [1, 22].

1.4 Rozdělení tenzidů podle hodnoty hydrofilně-lipofilní rovnováhy

Vlastnosti povrchově aktivních látek, stejně jako jejich praktická použitelnost, jsou do značné míry ovlivněny vyvážeností polární a nepolární části v jejich struktuře. Jako míru vyváženosti tohoto charakteru zavedl Griffin pojem hydrofilně lipofilní rovnováhy (HLB = hydrophile-lipophile balance), jehož využití se v praxi hojně rozšířilo.

Griffinova koncepce HLB vychází z aditivního charakteru této veličiny, což v praxi znamená, že hodnota HLB dané povrchově aktivní látky je dána algebraickým součtem HLB hodnot jednotlivých skupin atomů, které tvoří její strukturu. Pro vlastní výpočet bylo navrženo několik vztahů, z nichž v praxi jsou nejběžnější [2]:

$$HLB = \sum(HLB \text{ hydrofilních skupin}) - \sum(HLB \text{ hydrofobních skupin}) + 7 \quad (1)$$

$$HLB = 7 + 11,7 \log \left[\frac{M_H}{M_L} \right] \quad (2)$$

kde:

M_H - molekulární hmotnost hydrofilních skupin,

M_L - molekulární hmotnost skupin hydrofobních

HLB je bezrozměrné číslo, které se u neionických PAL pohybuje v rozmezí od 0 do 20. Nízké hodnoty HLB mají lipofilní PAL, které obvykle dobře stabilizují emulze typu voda v oleji, naopak vysoké hodnoty HLB přísluší hydrofilním PAL, jež jsou dobrými stabilizátory emulzí typu olej ve vodě. Většina ionických PAL má hodnoty HLB větší než 20.

PAL můžeme rozdělit podle hodnoty HLB na emulgátory, smáčedla, detergenty a solubilizátory, jak je uvedeno v Tabulce 1 [9]:

Tab. 1: Hodnoty HLB aplikačních skupin PAL [9]

Rozsah HLB	Aplikační skupina
3 - 6	emulgátory V/O
7 - 9	smáčedla
8 - 18	emulgátory O/V
13 - 15	detergenty
15 - 18	solubilizátory

2 TENZIDY V KOSMETICE

2.1 Kosmetika a kosmetické prostředky

Termínem kosmetika se označují kosmetické přípravky určené pro zevní aplikace na povrchu lidského těla, dále se jím označuje obor, ve kterém se tyto produkty používají. Věda, která se zabývá kosmetikou, se nazývá kosmetologie [16].

Podle zákona č. 258/2000 Sb. je kosmetickým prostředkem látka nebo prostředek určený pro styk se zevními částmi lidského těla, zuby a sliznicí dutiny ústní s cílem výlučně nebo převážně je čistit, parfémovat, měnit jejich vzhled, chránit je, udržovat je v dobrém stavu nebo korigovat lidské pachy, nejde-li o léčivo [41].

V příloze č. 1 §1 zákona č. 448/2009 Sb. jsou uvedeny příklady kosmetických prostředků, jako jsou: mýdlo, prostředky do koupele a na mytí (šampony, koupelové pěny), pasty a jiné prostředky pro péči o zuby a dutinu ústní; kožní prostředky repelentní, prostředky dezodorační, emulze, krémy, gely a roztoky na kůži, parfémy, toaletní vody, pudry, prostředky k barvení, krášlení a péči o rty, prostředky k barvení vlasů, prostředky proti vráskám atd. [10].

Suroviny, které je možno použít pro výrobu kosmetického prostředku, jsou rovněž stanoveny zákonem č. 448/2009 Sb., §2, citují: *“K výrobě kosmetických prostředků lze použít pouze látky, které svými vlastnostmi v koncentracích použitých v receptuře výrobku podmiňují výrobu bezpečného kosmetického prostředku“* [17].

2.2 Význam tenzidů v kosmetice

Tenzidy patří mezi významné složky všech výše uvedených typů kosmetických prostředků [1]. V první řadě jsou tenzidy v kosmetice využívány jako smáčecí a čistící přísady, pěnidla, solubilizátory, kondicionální látky, zahušťovadla a změkčovadla. Kromě těchto funkcí jsou často aplikovány za účelem vytvoření různých disperzních systémů, jako např. suspenzí a emulzí [12]. Usnadňují odstranění mazu, odumřelých buněk, lupů a mikroorganismů z kůže či vlasů [26].

Vzhledem k tomu, že PAL jsou povrchově aktivní, napomáhají vodě lépe smáčet pokožku a následně účinněji odstranit kožní maz a řadu dalších lipofilních nečistot, pro něž je voda sama o sobě neefektivní. Solubilizací odstraněných nečistot zabraňují jejich redepozici

zpět na pokožku [26]. V případě kosmetických emulzí tenzidy umožňují mísení těžko mísitelných látek, ale také ovlivňují roztíratelnost konečného produktu na kůži. Pokud je povrchové napětí krému příliš odlišné od povrchového napětí kůže, přípravek se špatně roztírá a nedochází k účinnému prostupu látek do pokožky [24].

2.3 Kosmetické produkty obsahující tenzidy

Použití tenzidů v kosmetice je závislé na požadované konečné funkci výrobku [11]. Znalost jejich vlastností, včetně působení na pokožku, vlasy apod., umožní efektivně rozhodovat o jejich zařazení do různých kosmetických produktů [8].

Běžné syntetické surfaktanty ve výrobě kosmetiky jsou karboxyláty, sulfáty, ethery sulfátů, sulfonáty, kvartérní aminy, betainy, sarkosináty a další [7]. Alkylsulfáty a ethoxylované alkylsulfáty patří k nejrozšířenějším PAL používaných v kosmetických kompozicích [8]. V kosmetice jsou aplikovány také některé přírodní tenzidy, které jsou získány např. z lanolinu nebo extrahovány ze včelího vosku. Určitým omezením těchto přirozeně se vyskytujících tenzidů ve srovnání se syntetickými molekulami jsou jejich relativně špatné fyzikálně-chemické vlastnosti [13]. Na druhou stranu stále větší zájem o ekologicky šetrnější a více přírodní produkty je hnací silou ve vývoji nových povrchově aktivních látek. Inovace v oblasti osobní péče jsou zaměřeny především na kůži a vlasy. Typy nových produktů, které zde patří, zahrnují přírodní deriváty tenzidů založené na ovesných triacylglycerolech, jejichž složení je pokožce blízké, dále rostlinných derivátů neionických tenzidů solubilizující esenciální oleje a parfěmy nebo sulfonovaných methylesterech, které se využívají k přípravě mýdel, které by snižovaly vysoušení pokožky [40].

2.3.1 Mýdla, šampony

Prostředky osobní hygieny jako jsou mýdla, šampony nebo sprchové gely a přísady do koupele jsou převážně koncentrované vodné roztoky anionických tenzidů v kombinaci se solemi. Jako doplňkové přísady jsou používány neionické tenzidy a tenzidy betainového typu spolu s malým množstvím barviv, parfemačních a konzervačních látek [12]. PAL v těchto produktech zajišťují tvorbu stabilní pěny, a proto jsou vhodné zejména sulfáty

mastných alkoholů, alkylbenzensulfonany a ethersulfáty mastných alkoholů. Perleťového nebo hedvábného lesku je dosaženo působením etylenglykolmonostearátu a distearátu [1].

2.3.2 Vlasové kondicionéry

Vlasové kondicionéry jsou přípravky, které mění texturu a vzhled vlasu. Uhlazují jeho povrch, a tím usnadňují rozčesávání i následné úpravy účesu. V těchto přípravcích jsou využívány kationické tenzidy, jako např. alkyltrimethylamoniové sloučeniny, které mají kondičionální vlastnosti [1]. Vlas je přibližně z 97 % tvořen bílkovinou keratinem. Jeho povrch obsahuje negativně nabitě aminokyseliny. Proto vlasové kondicionéry obsahují převážně kationické tenzidy, které se kompletně nevymývají, protože se jejich hydrofilní konce silně váží na keratin. Hydrofobní konec molekuly pak utváří nový povrch vlasu [26].

2.3.3 Mléka, lotiony

Kosmetické přípravky jako jsou tělová mléka nebo lotiony jsou používány především za účelem vyhlazení, rehydratace a zjemnění pokožky. Vyrábí se mnoho druhů s různými účinky, například hydratační, regenerační, vyživující, zklidňující či zpevňující. Do těchto produktů jsou aplikovány neionické tenzidy obsahující ethylenoxid, které dané kosmetické formulace solubilizují a emulgují [1].

2.3.4 Zubní pasty, ústní vody

Zubní pasty a ústní vody jsou přípravky sloužící ke zlepšení ústní hygieny. Pasty fungují jako abrazivum, odstraňující ze zubů zubní plak a zbytky jídla. Potlačují zápach z úst a působí preventivně proti zánětu dásní. K výrobě ústních vod se využívají kationické tenzidy s antimikrobiálními vlastnostmi, jako např. cetylpyridinium chlorid [1]. Na přípravu zubních past se používají většinou syntetické přípravky. Součástí převážné většiny zubních past je lauryl sulfát sodný. V současnosti se předpokládá, že při koncentraci do 2 % neškodí tenzid sliznici ani při soustavném používání. Vhodnými jsou sulfáty mastných alkoholů, kondenzační produkty mastných kyselin a N-acylsarkosináty [1].

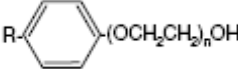
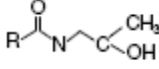
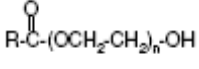
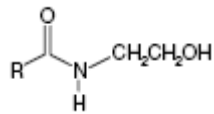
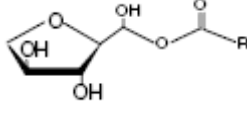
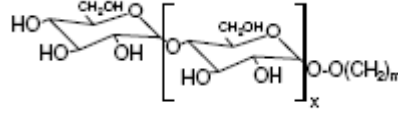
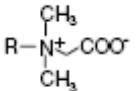
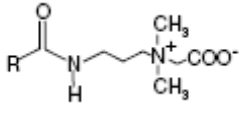
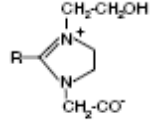
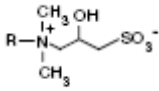
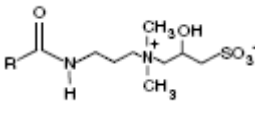
2.3.5 Dekorativní kosmetika

Dekorativní kosmetika zahrnuje např. celou řadu výrobků k péči o rty (rtěnky, růže, balzámy). V těchto produktech se může vyskytovat jeden nebo i více tenzidů, převážně neionických s nízkou hodnotou HLB. Dále sem můžeme zařadit make-upy. Zde vykonávají tenzidy přidávané do tekutých základů dvě hlavní funkce: emulgaci a smáčení barviva. Tenzidy jsou také součástí laků na nehty, kde jejich přídavek ovlivňuje smáčení a dispergaci barviva, reologické vlastnosti i stabilitu výsledného produktu [12, 27].

Tab. 2: Významné tenzidy užívané v kosmetice rozdělené podle hydrofilní složky [11]

Anionické		
Mýdla	Sulfáty	Sulfonáty
R - COO ⁻	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}-(\text{OCH}_2-\text{CH}_2)_n-\text{OSO}_3^-$ Alkylamide ether sulfate	$\text{R}(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_n\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{SO}_3^-)-\text{COOH}$ Alkyl isethionate
Kationické		
$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{R}-\text{N}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]^+$ Alkyltrimethylammonium	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{R}-\text{N}-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_5 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]^+$ Alkylbenzyl dimethylammonium	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{R}-\text{N}-\text{O} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ Alkyldimethyl amine oxide
$\left[\text{R}-\text{N} \begin{array}{c} \diagup \\ \diagdown \end{array} \text{C}_5\text{H}_4 \right]^+$ Alkyl pyridinium	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{R}-\text{N}-\text{R} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]^+$ Dialkyl dimethyl ammonium	$\left[\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{N} \begin{array}{c} \\ \text{CH}_3 \end{array} -\text{CH}_2-\text{CH} \begin{array}{c} \\ \text{OH} \end{array} -\text{CH}_2 \\ \\ \text{OH} \end{array} \right]^+$ Alkyl amidopropyl -N-N-dimethyl-N-(2,3-dihydroxypropyl)ammonium

Tab. 2: Pokračování

Neionické		
 <p>Ethoxylated alkylphenol</p>	 <p>Alkyl isopropanol amide</p>	 <p>Ethoxylated esters</p>
 <p>Alkyl monoethanolamide</p>	 <p>Sorbitan esters</p>	 <p>Alkyl polyglucoside</p>
Amfoterní		
 <p>Alkyl betaine</p>	 <p>Alkylamidopropyl betaine</p>	 <p>Alkyl imidazolinium</p>
 <p>Alkyl hydroxysultaine</p>	 <p>Alkyl amidopropyl hydroxysultaine</p>	

2.4 Dermatologické aspekty

Z hlediska praktických aplikací je důležité, aby jednotlivé složky kosmetických přípravků byly kompatibilní s pokožkou, tzn., je nutné zhodnotit také dermatologické účinky obsažených tenzidů [1]. V tomto ohledu má význam rozdělení kosmetických produktů podle doby působení na lidské tělo, a to na přípravky, které jsou v kontaktu s pokožkou jen krátkodobě (tj. ty, které se oplachují, jako např. vlasové šampony, tekutá mýdla, koupelové pěny) a ty, které na pokožce zůstávají po delší časový interval (pleťová mléka a krémy, dekorativní kosmetika). Další důležité rozdělení je podle místa působení. Je pochopitelné, že prostředky určené pro aplikace v očním okolí, nebo na sliznici nemohou obsahovat tytéž složky jako prostředky určené na změkčování ztvrdlé kůže na nohou [19].

V odborné literatuře bývá lauryl sulfát sodný (SLS) často uváděn jako „zlatý“ model surfaktantu, navozující iritaci kůže. Nicméně i některé jiné surfaktanty, které nejsou klasifikovány jako iritanty, mohou být v jistých poměrech a koncentracích považovány za potenciální dráždidla [14].

Bylo prokázáno, že povrchově aktivní látky mohou silně interagovat s proteiny ve vrstvě *stratum corneum*, což vede k jejímu botnání a následně pak podráždění pokožky (zarudnutí, svědění). Tendence PAL k vázání proteinů klesá v řadě od anionických přes amfoterní po neionické [12]. Dále mohou surfaktanty reagovat s lipidovými složkami biologických membrán a zvýšit jejich propustnost, což je doprovázeno transepidermální ztrátou vody se snížením hydratace kůže. Surfaktanty mohou rovněž snížit teplotu celé vrstvy *stratum corneum* [14, 29].

2.4.1 Anti-iritační systémy

V současné době existuje řada systémů, které mají minimalizovat rizika možných negativních reakcí způsobených kosmetickými produkty na bázi PAL. Vzhledem k současnému životnímu stylu, kdy jsou lidé zvyklí častěji využívat kosmetické a hygienické přípravky, jsou tyto anti-iritační systémy velmi významné.

Bylo prokázáno, že nejlepšími prostředky, snižujícími podráždění způsobené tenzidy, jsou další PAL. Mezi ně patří například amfoterní tenzidy, které jsou známé snižováním iritačního vlivu anionických tenzidů. Stejný účinek mohou mít také neionické tenzidy, aplikované v dostatečně vysoké koncentraci. Překvapivě i určité anionické tenzidy mohou

redukovat dráždivý efekt jiného anionického tenzidu, namísto předpokládaného zesílení jejich účinku [14].

Předpokládá se, že mechanismus působení těchto anti-iritačních systémů souvisí s přítomností směsí PAL v roztoku a následně ve tvorbě větších a hlavně stabilnějších micel tenzidů. Bylo totiž prokázáno, že pouze jednotlivé monomery PAL mohou přímo interagovat s kožními proteiny a tak způsobovat iritaci. Tzn., že existence větších a stálejších micel může zamezit negativním účinkům na pokožku. Přídavek jiného sekundárního surfaktantu s mírnějšími účinky na pokožku může také napomoci celkovému snížení iritačního potenciálu přípravku [14].

Za nejmírnější jsou obecně považovány neionické tenzidy a využívají se k výrobě kosmetiky pro děti, pro osoby s velmi citlivou pokožkou a pro čistící pleťovou kosmetiku. Dokonce i některé anionické tenzidy jsou velmi šetrné k pokožce a používají se ke stejným účelům. Jsou to např. vysoce ethoxylované alkylsulfáty, estery sulfosukcinátů, sarkosináty, alkylglutamáty, tauráty aj. Amfoterní tenzidy jsou zřídka používány samostatně, ale většinou jako sekundární surfaktanty, tudíž jejich skutečný dráždivý potenciál nemá podstatnější význam. Kationické tenzidy se užívají hlavně díky svým antibakteriálním vlastnostem a bývají popisovány jako silné iritanty. Nicméně stejně jako u anionických tenzidů je možné i mezi kationickými nalézt ty mírné [14].

K minimalizaci zdravotního rizika inklinuje i výroba polymerních surfaktantů, u kterých je méně pravděpodobné, že proniknou přes *stratum corneum* a následně tak způsobí podráždění pokožky [13, 15].

2.4.2 Toxicita

Vzhledem k tomu, že při některých aplikacích se dostávají tenzidy do styku se sliznicí (oči, dutina ústní) a resorbují se, jsou velmi důležité i jejich farmakologicko-toxikologické vlastnosti [1]. Toxicita silně závisí na chemické struktuře tenzidů. Toxicita tenzidů se posuzuje zpravidla podle těchto kritérií:

- orální toxicita při LD₅₀,
- účinky na pokožku a oči,
- účinky na vodní organismy.

Toxicity tenzidů, které se používají v kosmetice, se uvádí ve formě hodnot LD_{50} [$g \cdot kg^{-1}$][1]. LD je odvozeno z latinského pojmu *latalis dosis*, což je smrtelná dávka a LD_{50} znamená dávku, při které zahyne 50 % testovaných organismů při podání látky ústy [23].

Z hlediska toxicity se tenzidy rozdělují na:

- 1) Vysoce toxické – do této skupiny patří kationické tenzidy na bázi alkyipyridinových a alkytrimethylamoniových sloučenin, z neionických tenzidů zde patří ethoxylované mastné aminy. Z anionických tenzidů zahrnuje tato skupina alkybenzensulfonany s C_{12} - C_{14} a alkylsulfonany s alifatickým řetězcem.
- 2) Velmi toxické – do této skupiny patří většina tenzidů. Z neionických jsou to kondenzáty ethoxylovaných alkylfenolů, ethoxylované mastné alkoholy a ethoxylované mastné aminy. Z anionických přípravků zde patří např. lauryl sulfát sodný a acetyl sulfát sodný.
- 3) Toxické – do této skupiny patří z neionických tenzidů kondenzáty kyseliny stearové a kyseliny olejové s ethylenoxidem.
- 4) Mírně toxické – tato skupina zahrnuje některé přípravky na bázi ethylenoxidu [32].

Obecně můžeme říci, že toxicita tenzidů je poměrně malá. V současnosti vyráběné a používané anionické tenzidy jsou z hlediska toxického účinku na lidský organismus prakticky nezávadné. Toxicky se projevují především kationické tenzidy, které jsou z tohoto důvodu často využívány jako dezinfekční prostředky [23].

Tab. 3: Hodnoty LD_{50} důležitých tenzidů používaných v kosmetice [1]

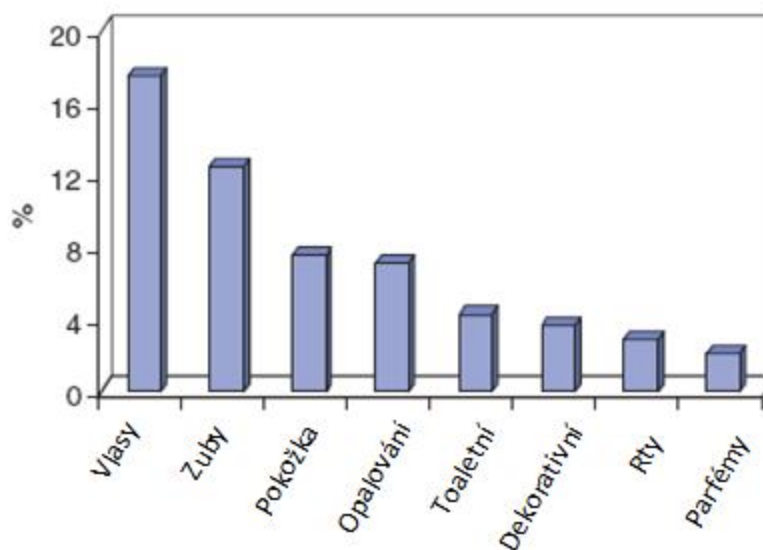
Typ tenzidu	LD_{50} [$g \cdot kg^{-1}$]
Alkalická mýdla	16
Alkylsulfáty	3 až 9
Alkybenzensulfonany	2
Kondenzační produkty mastných kyselin	6

Sulfojantarany	5
Polyglykoletery mastných alkoholů	4
Polyglykolestery mastných kyselin	60
Alkylfenolpolyglykoletery	2
Sorbitany mastných kyselin	30
Polyglykoletery sorbitanů mastných kyselin	20 až 60
Polyetylenglykoly	6 až 30

3 ANALYTICKÉ METODY STANOVENÍ PAL V KOSMETICE

Od doby, kdy se tenzidy staly součástí kosmetických přípravků, se prováděla celá řada kvalitativních testů výsledných produktů, které sloužily k ujištění, že jednotlivé série výrobků se shodují. Tyto testy určují povahu samotného tenzidu, jeho charakter, množství nečistot z výroby a také přítomnost různých konzervačních látek, přidávaných za účelem prevence mikrobiální kontaminace [22].

Stanovení povrchově aktivní látky v kosmetickém výrobku není vzhledem k její povaze snadné. Jde totiž o sloučeniny s nízkou těkavostí, které často mají spoustu homologů a oligomerů [11]. Problémem může být velké množství složek, které daný produkt obsahuje a variabilita možných forem přípravků (suspenze, emulze) [21]. Při výběru vhodné analytické metody je nutné zvažovat typ tenzidu, složení kosmetické matrice, požadovanou analytickou informaci (kvantitativní, kvalitativní) a jednotlivé kroky ve výrobním cyklu [11].



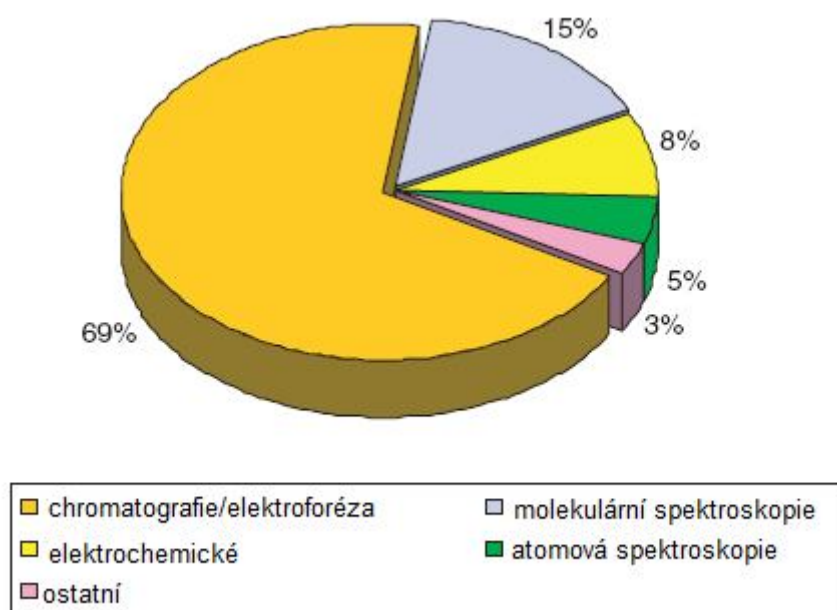
Obr. 3: Procentuální zastoupení analyzovaných kategorií kosmetických prostředků [11]

Často jsou využívány skupinové metody stanovení tenzidů, a to zejména ke stanovení tenzidů neionických. Nevýhodou této metody je nutnost separace tenzidů ze vzorku, a tím jejich zkoncentrování v případě, že jsou ve vzorku přítomny interferující látky a tenzidy jsou v nízké koncentraci. Výsledky analytického stanovení všech druhů tenzidů se udávají jako hmotnostní koncentrace zvoleného standardu v $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, hodnota výsledku proto závisí na zvoleném standardu. Tyto metody neposkytují informace ani o struktuře tenzidu, ani o

délce řetězce [39]. V současnosti jsou vypracovávány postupy specifického stanovení jednotlivých tenzidů, ty jsou ovšem pro běžnou praxi složité a časově i finančně náročné [3]. Zbylé produkty pocházející z tenzidů (nečistoty, konzervační přísady) jsou v kosmetice stanovovány odděleně, vzhledem k jejich možné toxicitě, která je předmětem mnoha publikací a aktuální legislativy [11].

Mezi hlavní metody využívané ke stanovení povrchově aktivních látek patří:

- klasické metody,
- elektrochemické metody,
- spektroskopické techniky,
- chromatografické a jim příbuzné techniky [11].

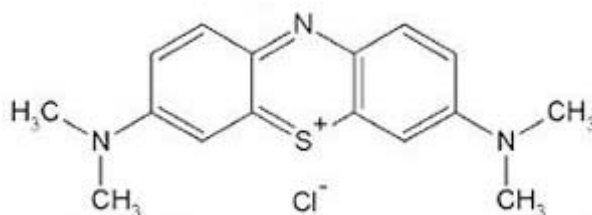


Obr. 4: Procentuální poměr analytických metod využívaných k analýze kosmetických prostředků [11]

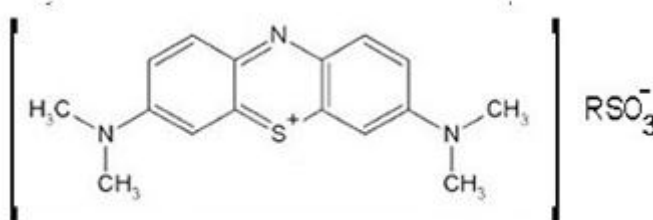
3.1 Klasické metody

Volumetrické metody jsou charakteristické vysokou citlivostí a patří mezi tradiční metody užívané pro rutinní kontroly, obzvláště pak dvoufázové titrace pro stanovení anionických a kationických tenzidů [22]. Jejich princip spočívá ve stanovení neznámé koncentrace známého objemu vzorku (titru), a to změřením objemu titračního standardu o známé

koncentraci (odměrného roztoku), který se spotřebuje, aby látky právě a beze zbytku zreagovaly (bod ekvivalence) [18]. Jsou založeny na reakci mezi anionickým a kationickým tenzidem, kde jeden z nich je titračním činidlem a druhý látkou titrovanou, ve dvoufázovém systému chloroform - voda. K určení bodu ekvivalence se k titrovanému roztoku přidává indikátor (selektivní - mění barvu podle přítomnosti určité látky, acidobazický - zbarvuje se podle pH). Nejběžnějšími indikátory jsou směsi dimidumbromidu a disulfínové modři, případně methylenové modři (Obr. 5). Jako titrační činidlo je často používán lauryl sulfát sodný pro kationické tenzidy a benzethonium chlorid, známý jako Hyamin 1622, pro tenzidy anionické [22]. Anionické tenzidy se touto metodou dají stanovit bez předchozích úprav, kdežto při titraci neionických PAL je nutná úprava, zahrnující prodloužení alkylenoxidového řetězce, s jehož délkou citlivost této metody stoupá [39]. Na Obrázku 6 je znázorněn komplex methylenové modři, který vzniká při stanovení anionické PAL.



Obr. 5: Methylenová modř ve formě chloridové soli [20]



Obr. 6: Komplex (iontový pár) methylenové modři s anionickým tenzidem [20]

3.2 Elektroanalytické metody

Existují jisté nevýhody klasické dvoufázové titrace, jako je použití chlorovaných rozpouštědel (chloroform), interference cocamidopropyl betainu, který je běžnou součástí čistící kosmetiky, nebo obtížná detekce vizuálního koncového bodu, pokud jsou ve formulaci přítomny neionické tenzidy. Uvedené nevýhody mohou být vyřešeny potenciometrickou titrací pomocí iontově selektivní elektrody, vhodné pro tenzidy.

Potenciometrická titrace je založena na měření rovnovážného napětí článku, který je složen z měřicí (indikační) a srovnávací (referenční) elektrody. Principem této techniky je stejná chemická reakce jako v případě klasických dvoufázových titrací, a navíc jsou zde využívána i některá stejná titrační činidla, jako je lauryl sulfát sodný pro kationické PAL. Některé aspekty jsou však pro tuto metodu specifické. Potenciometrická titrace je srážecí reakce a sloučenina získaná reakcí mezi titračním činidlem a analytem nemusí disociovat. Aby bylo dosaženo zřetelného inflexního bodu, je u tohoto typu titrací nutné minimalizovat tvorbu micel. Parametry, jako je například kontrola pH během titrace, zabraňují interferenci cocamidopropyl betainu. Vznik micel, popřípadě adheze nerozpustných látek lze omezit přidáním malého množství metanolu. Potenciometrická titrace se často provádí s využitím automatického titrátoru, což vede k podstatným časovým úsporám v porovnání s klasickou dvoufázovou titrací [11].



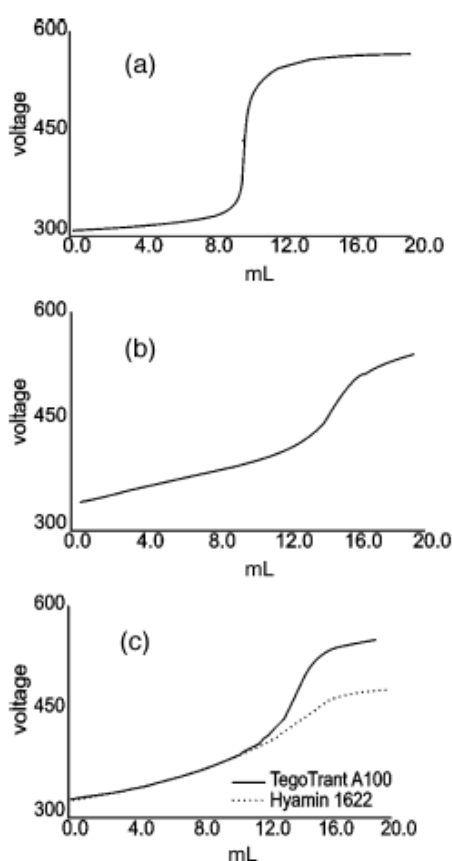
*Obr. 7: Automatický titrátor TitroLine®
7000 [43]*

Potenciometrickou titrací anionických a kationických tenzidů v surovinách a kosmetických prostředcích, s využitím speciální elektrody pro stanovení tenzidů, se zabýval také Schulz [11]. Různé typy anionických tenzidů užívaných v kosmetice (alkyl sulfáty, alkyl ether sulfáty, sulfosukcináty, isethionáty) stanovil užitím 1,3-didecyl 2-methyl imidazolidin chloridu jako titračního činidla. Metoda byla aplikována na 67 komerčních výrobků, které zahrnovaly tzv. výrobky 2-v-1 a na formulacích obsahujících sulfosukcináty. Relativní směrodatná odchylka se pohybovala v rozmezí 0,4 - 2,6 %. V jiných výrobcích, jako jsou vlasové kondicionéry, byly s užitím lauryl sulfátu sodného jako titračního činidla stanoveny kvartérní amoniové soli. Dále byly analyzovány roztoky ke kloktání, založené na benzalkonium chloridu, ústní vody obsahující aminofluoridy. Titračním činidlem byl v tomto případě dioktyl sulfosukcinát.

V posledních letech byl zaznamenán vývoj v oblasti dalších speciálních elektrod pro detekci PAL, jako například elektrod na bázi membrán z cetylpyridinium chloridu s lauryl sulfátem a tetrafenyl boritanem. Pomocí těchto elektrod byly stanoveny kationické surfaktanty v oplachové vlasové kosmetice a anionické a neionické surfaktanty v šamponech [11]. Výsledky stanovení kationického surfaktantu, benzalkonium chloridu, byly porovnány s hodnotami získanými dvoufázovou titrací s methylenovou modří [11]. Byla také testována různá další titrační činidla. Významnou publikací je souhrn vypracovaný Kulapinem [11] obsahující charakteristiky selektivních membránových elektrod a jejich aplikací při analýze anionických, kationických a neionických surfaktantů v různých produktech, včetně kosmetiky.

Do této skupiny metod se řadí i průtoková injekční analýza (FIA, flow injection analysis), což je automatizovaná metoda, v níž jsou vzorky ponořovány v pravidelných intervalech pod tekoucí proud rozpouštědla nebo činidla a následně jsou potenciometricky vyhodnoceny. Výhodou je velké množství vzorků, které může být zpracováno za krátkou dobu a bez složité manipulace [11].

Obrázek 8 znázorňuje příklady titračních křivek lauryl sulfátu a dvou komerčních přípravků s obsahem tenzidů, přičemž v posledním případě je uveden rozdíl v průběhu titrace při použití dvou různých titračních činidel.



Obr. 8: Titrační křivky (a) lauryl sulfátu, (b) zubní pasty a (c) sprchového gelu [37]

3.3 Spektroskopické metody

Spektroskopické metody se obvykle dělí do dvou hlavních skupin, na atomové a molekulové. Jsou založeny na interakci atomů, resp. molekul s elektromagnetickým vlněním [30].

Pro stanovení tenzidů v kosmetických prostředcích se využívá několik druhů spektroskopických metod, každá za jiným účelem: konvenční infračervená spektroskopie (IR) a nukleární magnetická rezonance (NMR) pro kvalitativní analýzu; blízká infračervená spektroskopie (NIR), infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací (ATR-FTIR) pro kvantitativní analýzu; atomová absorpční spektroskopie (AAS) pro stanovení specifických tenzidů. Hmotnostní spektrometrie (MS) umožňuje strukturní

charakterizaci surfaktantů s homology a oligomery, které bývají součástmi komplexních kosmetických směsí [11].

Běžná infračervená spektroskopie je využívána jednak pro odhad kvantitativního složení dané formulace nebo k identifikaci přísad, které jsou následně stanoveny chromatograficky nebo jinou metodou. IR absorpční pásy odpovídají různým funkčním skupinám jako např. alkoholy, aminy, kyseliny, estery, amidy a jejich stanovení následně indikuje typ surfaktantu použitého v dané formulaci [11].

NIR je analytická technika pokrývající spektrální oblast blízkého IR záření, tzn. vlnočtů od 13000 do 4000 cm^{-1} a je široce využívána k zabezpečení jakosti kosmetických přípravků. Walling a Dabney [11] použili metodu ke zjištění procentuálního zastoupení surfaktantu ve dvou značkách šamponů. Jeden z nich obsahoval lauryl sulfát amonný a druhý směs lauryl sulfátu amonného, lauryl sulfátu sodného, barviva a parfemační složky. Bylo prokázáno, že získané směrodatné odchylky stanovení jsou srovnatelné s výsledky obdrženými konvenčními metodami (potenciometrické titrace). NIR je často doporučovaná pro rychlou a nedestruktivní identifikaci surovin, kontrolu produktu a konečnou analýzu produktu a finálního výrobku [11].

ATR-FTIR je účinná technika pro vícesložkovou analýzu, která vyžaduje minimální přípravu vzorku. Jsou využívány přístroje pracující na principu interference světla, které vyžadují matematickou metodu Fourierovy transformace pro získání klasického spektrálního záznamu. Tato metoda může být aplikována během výrobního procesu, ale ne k analýze finálního produktu, kvůli interferenci způsobené parfemačními přísadami přidanými v posledním kroku [11, 37].

NMR je tradiční technika pro identifikaci organických látek, která při aplikaci na povrchově aktivní látky poskytuje základní strukturální informace o průměrné délce řetězce, typu větvení řetězce a typu případných aromatických struktur. Tato technika se často využívá k analýze konkurenčních produktů (např. šamponů) na kosmetickém trhu [11].

Atomová absorpční spektroskopie (AAS) je využívána k nepřímému stanovení anionických a kationických tenzidů, kdy je využito tvorby iontového páru mezi stanovovaným tenzidem a vybraným činidlem. Rušivé vlivy zahrnující např. ionty kovů, anionty nebo organické sloučeniny zde nemají velký význam. Metoda byla aplikována ke

stanovení dodecyltrimethylamonium bromidu v šamponech a lauryl sulfátu sodného (SLS) v zubních pastách [11].

3.4 Chromatografické metody

Chromatografie patří mezi primární separační techniky v analytické chemii, které jsou využívány především pro detekci jednotlivých tenzidů [4]. Dokáže v jednom kroku separovat směs na individuální složky a současně o nich poskytuje kvantitativní informace. Dělení látek probíhá na základě různé afinity složek směsi k mobilní (pohyblivé) a stacionární (pevné) fázi [18].

Chromatografii dělíme buď podle fází, nebo podle podmínek na různé typy [36]:

- podle mobilní fáze (plynová, fluidní, kapalinová, plazmová)
- podle stacionární fáze (sloupcová, papírová, chromatografie na tenké vrstvě)
- podle povahy stacionární fáze (absorpční, iontová, gelová, afinitní, rozdělovací chromatografie)
- podle podmínek (gradientová, izokratická)

Mezi nejpoužívanější techniky v rámci stanovení tenzidů patří vysokoúčinná kapalinová chromatografie (HPLC - high performance liquid chromatography) a plynová chromatografie (GC - gass chromatography) [11].

3.4.1 Plynová chromatografie

Metoda plynové chromatografie GC je instrumentální metoda (tzn. používá se přístroj vyrobený přímo pro provádění GC analýz). Přístroj používaný pro plynovou chromatografii se nazývá plynový chromatograf. Plynová chromatografie používá jako mobilní fázi plyn a jako stacionární fázi kapalinu zakotvenou na povrchu pevné látky.

Ačkoli plynová chromatografie není nejvhodnější technikou ke stanovení látek s nízkou těkavostí, jako jsou právě surfaktanty, je možno ji aplikovat po vhodné předchozí úpravě stanovovaných látek [11]. Detekce se nejčastěji provádí plamenově ionizačním detektorem, popřípadě s využitím hmotnostní spektrometrie. Požadavky na dostatečnou těkavost sloučenin a překrývání píků homologů a oligomerů patří mezi hlavní nevýhody, které vedou k nesnadnému rozlišení výsledků a k nepřesnostem [34].

Neionické tenzidy s nízkým stupněm ethoxylace mohou být stanoveny přímo, a to díky jejich vyšší těkavosti. Vysoce ethoxylované tenzidy musí být nejprve převedeny na více těkavé deriváty, jako jsou např. acetáty, methylestery atd. [34]. Z anionických tenzidů byl v kosmetických přípravcích stanovován například lauroyl sarkosinát. Před umístěním do chromatografického systému byl vzorek nejprve rozpuštěn v kyselém dimethylformamidu a derivatizován užitím bis(trimethylsilyltrifluoroacetamidu). Kationické surfaktanty (C12 - 24), jako je trimethylamonium chlorid, jsou často analyzovány ve vlasové oplachové kosmetice pomocí metody založené na tepelném rozkladu kvartérních chloridů na alkylaminy a alkyl chloridy. Sloučeniny jsou pak identifikovány pomocí GC spojené s hmotnostní spektrometrií (GC-MS) [11].

3.4.2 Kapalinová chromatografie

Mobilní fází je v tomto případě kapalina. Stacionární fází je film příslušné látky zakotvený na povrchu nosiče nebo pevný adsorbent. Za základ separace látek kapalinovou chromatografií lze považovat různou afinitu složek vzorku k mobilní a stacionární fázi. Čím větší afinitu ke stacionární fázi látka vykazuje, tím více je zbržděn její pohyb chromatografickým systémem [35].

Podle stacionární fáze můžeme kapalinovou chromatografii dále rozdělit na: adsorpční, rozdělovací, iontově výměnnou nebo vylučovací. Adsorpční chromatografie je založena na schopnosti látek vázat se na různě pevné adsorbenty. V důsledku toho tedy dochází k separaci mezi kapalnou a pevnou fází. V případě rozdělovací chromatografie rozhoduje o separaci různá rozpustnost složek vzorku v mobilní a stacionární fázi. V iontovém způsobu chromatografie (chromatografie na iontoměničích) je určitý typ iontů zachycován sorbentem, a to výměnou za jiný ion. V gelové chromatografii je stacionární fází neionizovaný přírodní nebo syntetický gel. Největší význam a v poslední době také nejširší využití obecně má rozdělovací chromatografie [37, 38].

Tyto metody byly velmi úspěšně využity k separaci směsí různých druhů sloučenin téhož typu (např. na bázi kationických surfaktantů, alkyltrimethylamonium a dialkyldimethylaminium) nebo dokonce různých typů (směs amfoterních a kationických surfaktantů) v mnoha kosmetických přípravcích (šampóny, zubní pasty, krémy) [11].

Nejpoužívanější detektory kapalinové chromatografie jsou založeny na měření indexu lomu, UV absorpance nebo fluorescence vystupujícího proudu. Nevýhodou použitých

detektorů je, že refraktometrický detektor je sice univerzální, ale zato málo citlivý, UV detektor lze použít pouze pro identifikaci sloučenin absorbujících záření v UV oblasti spektra (UV-VIS detekce) a fluorescenční detektor detekuje pouze látky, které dokáží vyzářit fluorescenční záření (fluorescenční detekce). Pokud analyt sám o sobě neabsorbuje záření v oblasti UV-VIS nebo neemituje fluorescenční záření, je použití těchto detektorů podmíněno derivatizací vzorku (vzorek je chemickou reakcí převeden na sloučeniny, které mají potřebné vlastnosti) [4, 38]. Velice často se kapalinová chromatografie pojí s hmotnostní spektrometrií, která umožňuje identifikaci jednotlivých oligomerů a homologů [4].

Mezi metodami kapalinové chromatografie zaujímá významné místo technika vysokoúčinné kapalinové chromatografie (HPLC), která využívá užší kolony, jemnější media, výkonná vysokotlaká programovatelná čerpadla. Tzv. metoda RP-HPLC (z ang. reverse phase HPLC), která využívá nepolární stacionární a polární mobilní fázi, je neocenitelným nástrojem pro charakterizaci a separaci směsí polárních složek v oblasti molárních hmotností přibližně do 3000 g/mol. Pokud správně derivatizujeme, mohou být nepolární látky modifikovány tak, že je lze dobře separovat stejnou RP technikou [37].



Obr. 9: Kapalinový chromatograf HPLC [42]

Z anionických tenzidů byly chromatografickými technikami stanoveny různé typy alkylsulfátů a alkyl ether sulfátů. Například triethanolamin lauryl sulfát a magnesium lauryl ether sulfát byly kvantifikovány v šamponech a magnesium amid ether sulfát v pleťových odličovačích. [37]. Prostřednictvím kapalinové chromatografie s reverzní fází

s využitím refraktometrického (RI) detektoru byly stanoveny tenzidy sulfonového (methyl cocoyl taurate) a karboxylátového (cocoyl sarcosinate) typu v zubních pastách [11, 22].

Ze skupiny kationických PAL bývají často stanovovány látky typu alkyl pyridinium, alkyl benzyl dimethyl amonium a trimethyl amonium, a to v kosmetických produktech určených k péči o pleť a vlasy stejně jako v prostředcích ústní hygieny [11].

Cocamidopropyl betaine a jiné amfoterní PAL, jsou obvykle analyzovány pomocí LC s reverzní fází nebo iontově výměnnou metodou [11, 22].

V následujících tabulkách jsou uvedeny příklady vybraných kosmetických přípravků obsahujících různé typy tenzidů, včetně použitých analytických metod pro jejich stanovení.

Tab. 4: Vybrané kosmetické produkty s obsahem anionických tenzidů a metody jejich stanovení [11]

Sloučenina	Kosmetická matrice	Metoda stanovení
Sodium lauryl sulfáte; Ammonium lauryl sulfáte	Šampon	NIR
Lauroyl sarcosinate	Zubní pasty	LC
Magnesium amidethoxysulfáte	Odličovač	Titrace/Iontově výměnná chromatografie/LC
(C ₁₂ , C ₁₄ , C ₁₆) sulfáte; Polyethylene glycol (PEG)	Kosmetické produkty	LC
(C ₄₋₁₄) benzensulfonáte	Šampon	LC
Lauroyl sarcosinate	Prostředky osobní péče	GC
Sodium lauryl sulfáte	Zubní pasta	AAS
Lauryl ether sulfáte	Pěna do koupele	NIR
Lauryl ether sulfáte	Šampon; tekuté mýdlo	FTIR-ATR

Tab. 5: Vybrané kosmetické produkty s obsahem kationických tenzidů a metody jejich stanovení [11]

Sloučenina	Kosmetická matrice	Metoda stanovení
Cetylpyridinium chloride	Ústní voda	LC
C ₁₄ , C ₁₈ amidopropyl - N,N-dimethyl-N-(2,3-dihydroxypropyl) ammonium	Šampon; hydratační přípravky	LC
C ₁₂₋₁₆ benzyldimethyl ammonium	Kosmetické produkty	LC
C ₁₂ trimethylammonium	Šampon	AAS
Kopolymer (1-vinyl-2-pyrrolidon; 1-vinyl-3-methylimidazolium)	Kosmetické produkty	GC-MS
Benzalkonium chloride, Cetylpyridinium chloride	Krémy; lotiny; pěny	LC
Lauryldimethylamine oxide; Distearyl dimethyl ammonium	Krémy; lotiony	LC/MS
Cetylpyridinium chloride	Ústní dezinfekce	FIA

Tab. 6: Vybrané kosmetické produkty s obsahem neionických tenzidů a metody jejich stanovení [11]

Sloučenina	Kosmetická matrice	Metoda stanovení
Lauryl isopropanol amide	Šampon; vlasový kondicionér	LC
C ₈₋₁₄ diethanolamide; C ₁₂₋₁₄ PEG esters	Kosmetické produkty	LC
C ₈ , C ₁₀ , C ₁₂ polyglucosides; C ₁₂ , C ₁₄ alcohol ethoxylate	Sprchové gely	LC
Lauryl diethanolamide	Šampon	NMR
Sorbitan stearate;	Krémy; lotiony	LC

Tab. 7: Vybrané kosmetické produkty s obsahem amfoterních tenzidů a metody jejich stanovení [11]

Sloučenina	Kosmetická matrice	Metoda stanovení
C ₁₂₋₁₈ amidopropyl betaine	Kosmetické produkty	LC
Cocamidopropyl betaine	Přípravek na čištění pleti	LC
C ₈₋₁₆ amido betaine	Kosmetické produkty	LC
Cocamidopropyl betaine	Pěna do koupele	NIR
Laury amidopropyl betaine	Kosmetika; toaletní potřeby	LC
Cocamidopropyl betaine	Šampon	FTR-ATR

ZÁVĚR

V posledních letech se význam tenzidů v kosmetickém průmyslu mnohonásobně zvýšil. Bývají běžnou součástí různých kosmetických formulací, kde zastávají řadu funkcí, jako např. emulgační, solubilizační, kondicionační nebo smáčecí.

V rámci bakalářské práce byla zpracována základní charakteristika povrchově aktivních látek se zaměřením na ty, které jsou využívány v kosmetice. Byla popsána jejich chemická struktura, klasifikace dle různých hledisek i jejich aplikace v běžných typech kosmetických výrobků. Zde je pro výběr tenzidů rozhodující konečná funkce výrobku. Anionické tenzidy jsou využívány v prostředcích, jejichž hlavní funkce je čistící, jako např. mýdla nebo šampony. Kationické tenzidy jsou pro své kondicionační účinky součástí vlasových kondicionérů a tělová mléka nebo lotiony obsahují tenzidy neionické, které danou formuli solubilizují a emulgují.

Poslední část práce je věnována zhodnocení metod určených ke stanovení tenzidů v kosmetice. Z nejběžněji využívaných analytických metod jsou popsány metody klasické, elektrochemické, spektroskopické a chromatografické.

Závěrem lze říci, že stanovení těchto látek není vzhledem k jejich povaze snadné a výběr vhodné metody je omezen řadou faktorů jako např. typ tenzidu nebo složení kosmetické matrice. Přesto je zřejmé, že jsou analytické metody nezbytné s ohledem na výrobu kvalitních a funkčních kosmetických produktů, které budou kompatibilní s pokožkou a nezpůsobí žádné nežádoucí reakce.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BLAŽEJ, A., a kol. *Tenzidy*. 1. vydání. Bratislava: Alfa, 1977. 481 s. ISBN 63-173-77.
- [2] LANGMAIER, F.; MLÁDEK, M.; RADIL, M. *Pomocné přípravky kožedělného průmyslu*. 1. vydání. Praha: SNTL/ALFA, 1985. 456 s.
- [3] SVOBODOVÁ, B. *Stanovení tenzidů v půdě odebrané z požářišť*. Brno, 2011. 56 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí.
- [4] SOUKUPOVÁ, A. *Zhodnocení metod pro stanovení tenzidů*. Brno, 2009. 41 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie a technologie životního prostředí.
- [5] ŠMIDRKAL, J.: Tenzidy a detergenty dnes. *Chemické listy* [online]. 1999, roč. 93 [cit. 2011-18-11], s. 421-427. Dostupný z www: <http://www.chemickelisty.cz>.
- [6] LANGOVÁ, L. *Využití kapilární elektroforézy pro stanovení tenzidů ve vodách*. Brno, 2009. 99 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie a technologie životního prostředí.
- [7] MYERS, D. *Surfactant science and technology*. 3rd ed. Hoboken: Wiley-Interscience, 2006. 400p s. Dostupné z WWW: <<http://books.google.com/books>>. ISBN 13978-0-471-68024-6.
- [8] Distanční text, Projekt OP RLZ Opatření 3.2-0309 [online]. Fyzikální, chemické a technické vlastnosti povrchově aktivních látek. CEPAC MORAVA: © 2007 [cit. 2011-18-11] Dostupný z WWW: <<http://utb.cepac.cz/Screens/Default>>.
- [9] VYMĚTALÍKOVÁ, M. *Studium povrchově aktivních látek elektrochemickými metodami*. Olomouc, 2010. 41 s. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra analytické chemie.

- [10] KADLEC, P., a kol. *Technologie potravin II*. 1. vydání. Praha: VŠCHT Praha, 2007. 236 s. ISBN 80-7080-510-2.
- [11] SALVADOR, A.; CHISVERT, A. *Analysis of Cosmetic Products*. 1st ed. Amsterdam: Elsevier, 2007. 475 s. ISBN 978-0-444-52260-3.
- [12] SCHLOSSMANN, M.; O'LENICK, A.; SOMASUNDARAN, P. *Surfactants in personal care products and decorative cosmetics*. 3rd ed. USA: Taylor and Francis Group, 2007. 468 s. ISBN 1-57444-531-6.
- [13] THADORS, Th.F. *Applied surfactants: Principles and applications*. Germany: WILEY-WCH, 2005. 629 s. Dostupné z WWW: <<http://books.google.com/books>>. ISBN 978-3-572-30629-9.
- [14] PAYE, M.; BAREL, A. O.; MAIBACH, H. I. *Handbook of cosmetic science and technology*. 3rd ed. USA: Taylor and Francis, 2006. 983 s. ISBN 1-57444-824-2.
- [15] ZÁHEJSKÝ, J. *Zevní dermatologická terapie a kosmetika: Pohledy klinické, fyziologické a biologické*. 1. vydání. Praha: Grada, 2007. 136 s. ISBN 80-247-1551-1.
- [16] LANGMAIER, F. *Základy kosmetických výrob*, UTB ve Zlíně, 2001, str. 5 - 16
- [17] Vyhláška č. 488/2009 Sb., ze dne 18.12.2009, o stanovení hygienických požadavků na kosmetické prostředky. Sbírka zákonů.
- [18] JANEBOVÁ, B. *Stanovení tenzidů v hasebních prostředcích*. Brno, 2011. 63 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí.
- [19] KADLEC, P. a K. MELZOCH. *Technologie potravin: Co byste měli vědět o výrobě potravin?*. 1. vydání. Ostrava: KEY Publishing, 2009. 535 s. ISBN 978-80-7418-0514.
- [20] HAVELKA, M. *Účinnost odbourávání anionaktivních tenzidů ve vegetačním poli umělého mokřadu*. České Budějovice, 2008. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce RNDr. Jan Šíma, Ph.D.

- [21] SCHRAMM, L., E. STASIUK a D. MARANGONI. *Surfactants and their applications*. Annu. Rep. Prog. Chem., Sect. C, 2003, 99, 3–48.
- [22] RIEGER, M a L. D RHEIN. *Surfactants in cosmetics*. Volume 68. USA: Press, 1997. 635 s. ISBN 0-8247-9847-9805-8.
- [23] ZAJÍCOVÁ, M. *Hodnocení obsahu tenzidů ve vodách*. Brno, 2009. 41 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie a technologie životního prostředí.
- [24] KOVAČÍKOVÁ, B. *Problematika stabilizace tukových základů kosmetických přípravků*. Brno, 2008. 45 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická.
- [25] MITTAL, K. L.; FENDLER, E. J. *Solution behavior of surfactants: Theoretical and applied aspects*. 1st ed. New York: Plenum Press, 1982. ISBN 0-306-41025-8.
- [26] DRAELOS, Z. D.; FENDLER, E. J. *Cosmetic dermatology: Products and producers*. 1st ed. UK: Wiley-blackwell, 1982. ISBN 978-1-4051-8635-3.
- [27] TOEDT, J.; KOZA, D.; VAN CLEEF-TOEDT, K. *Chemical composition of everyday products s*. 1st ed. USA: Greenwood Press, 2005. ISBN 0-313-32579-0.
- [28] RICHTEROVÁ, M. *Výskyt a efekty látek v produktech denní potřeby*. Brno, 2010. 43 s. Bakalářská práce. Masarykova univerzita v Brně, Fakulta přírodovědecká.
- [29] BENDOVIÁ, H. *Fyzikální a chemické účinky faktorů životního prostředí na kůži*. Praha, 2010. 124 s. Disertační práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Lékařská fakulta.
- [30] HOUSER, J. *Laboratorní cvičení ze speciálních metod instrumentální analýzy* [online]. Zlín, 2010[cit.2012-03-12]. Dostupné z: <http://uiozp.ft.utb.cz/studmat/201112192243/T7SMI-Rizika-L2010-2011.pdf>.
- [31] MILTON, J. R. *Surfactants and Interfacial Phenomena*. 3rd ed. Hoboken: Wiley-

- Interscience, 2004. 444 p. ISBN 0-471-47818-0.
- [32] MACHAŇOVÁ, D., PRÁŠIL, M. *Ekologické aspekty textilních procesů*. 1. vyd. Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2005. 189 s. ISBN 80-7083-940-6.
- [33] SOONTRAVANICH, S, J. A. MUNOZ, J. H. HARWELL a D. A. SABATINI. *Interaction Between an Anionic and an Amphoteric Surfactant: Part I: Monomer–Micelle Equilibrium* [online]. USA, Published online: 22 August 2008 [cit. 2012-04-02]. Dostupné z: <http://www.springerlink.com/content/fulltext.pdf>
- [34] POPL, M.: *Analytická chemie životního prostředí*. 4. přepr. vyd. 218 s. Praha: VŠCHT Praha, 1992. ISBN 80-7080-336-3.
- [35] VAŠÍČEK, O. *Využití metod kapalinové chromatografie*. Brno, 2007. Bakalářská práce. Masarykova univerzita v Brně.
- [36] KELLNER, R., MERMET, J.-M., OTTO, M., WIDMER, H. M. *Analytical Chemistry*. New York: Wiley-VCH, 1998. 916 s. ISBN 3-527-28881-3.
- [37] WALDHOFF, H., SPILKER, R. *Handbook of detergents: Part C - analysis*. USA, 2005. 667 p. ISBN 0-8247-0351-0.
- [38] CHURÁČEK J., JANDERA P. *Úvod do vysokoúčinné kapalinové kolonové chromatografie*, SNTL, Praha 1984. 188 s. ISBN 04-607-85.
- [39] JANDOVÁ, J., SCHEJBAL, P. Přehled metod stanovení neiontových tenzidů v povrchových a odpadních vodách. *Chem. Listy* [online]. 2001 [cit. 14. 4. 2012]. Dostupné z: <http://www.chemicke-listy.vscht.cz>.
- [40] RUST, D. a S WILDES. Personal care. *Surfactants: A market opportunity study update* [online]. 2008 [cit. 2012-04-26]. Dostupné z: [soynewuses.org/wp-content/uploads/pdf/Surfactants MOS - Jan 2009.pdf](http://soynewuses.org/wp-content/uploads/pdf/Surfactants%20MOS%20-%20Jan%202009.pdf).
- [41] Zákon č. 258/2000 Sb., ze dne 14.7.2000, *o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících předpisů*. Sbírka zákonů.

- [42] Vysoká Škola Chemicko-Technologická v Praze. [online]. Copyright (C) VŠCHT 2009 [cit. 2012-05-09]. Dostupné z: http://www.vscht.cz/ktk/www_324/lab/picture/lab/hplc/slides/hplc1.html.
- [43] BDL Czech Republic s.r.o. [online]. © 2012 [cit. 2012-05-09]. Dostupné z: <http://www.bdl-cee.com/titrator-automaticky-titroline-7000>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AAS	Atomová absorpční spektroskopie
ATR-FTIR	Infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací
FIA	Průtoková injekční analýza
GC	Plynová chromatografie
GPC	Gelová permeační chromatografie
HLB	Hydrofilně - lipofilní rovnováha
HPLC	Vysokoučinná kapalinová chromatografie
INCI	Mezinárodní názvosloví kosmetických přísad
IR	Infračervená oblast
LAS	Lineární alkylbenzensulfonáty
LD	Letální dávka
LSD	Detekce rozptylem světla
MS	Hmotnostní spektrometrie
NIR	Blízká infračervená spektroskopie
NMR	Nukleární magnetická rezonance
PAL	Povrchově aktivní látka
RI	Refraktometrický detektor
RP	Reverzní fáze
RP-HPLC	Vysokoučinná kapalinová chromatografie s reverzní fází
SLS	Lauryl sulfát sodný
SEC	Velikostní vylučovací chromatografie
UV	Ultrafialová oblast
UV-VIS	Detekce v ultrafialové a viditelné oblasti

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1: Struktura tenzidu [11]</i>	11
<i>Obr. 2: Schéma molekulární struktury mýdla [26]</i>	13
<i>Obr. 3: Procentuální zastoupení analyzovaných kategorií kosmetických prostředků [11]</i>	28
<i>Obr. 4: Procentuální poměr analytických metod využívaných k analýze kosmetických prostředků [11]</i>	29
<i>Obr. 5: Methylenová modř ve formě chloridové soli [20]</i>	30
<i>Obr. 6: Komplex (iontový pár) methylenové modři s anionickým tenzidem [20]</i>	30
<i>Obr. 7: Automatický titrátor TitroLine® 7000 [43]</i>	31
<i>Obr. 8: Titrační křivky (a) lauryl sulfátu, (b) zubní pasty a (c) sprchového gelu [37]</i>	33
<i>Obr. 9: Kapalinový chromatograf HPLC [42]</i>	37

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1: Hodnoty HLB aplikačních skupin PAL [9].....</i>	18
<i>Tab. 2: Významné tenzidy užívané v kosmetice rozdělené podle hydrofilní složky [11]</i>	22
<i>Tab. 3: Hodnoty LD₅₀ důležitých tenzidů používaných v kosmetice [1]</i>	26
<i>Tab. 4: Vybrané kosmetické produkty s obsahem anionických tenzidů a metody jejich stanovení [11]</i>	38
<i>Tab. 5: Vybrané kosmetické produkty s obsahem kationických tenzidů a metody jejich stanovení [11]</i>	39
<i>Tab. 6: Vybrané kosmetické produkty s obsahem neionických tenzidů a metody jejich stanovení [11]</i>	39
<i>Tab. 7: Vybrané kosmetické produkty s obsahem amfoterních tenzidů a metody jejich stanovení [11]</i>	40