

# Účinky tenzidů na pokožku

Veronika Kudělková

---

Bakalářská práce  
2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Akademický rok: 2019/2020

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Veronika Kudělková**  
Osobní číslo: **T17149**  
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie výroby tuků, kosmetiky a detergentů**  
Forma studia: **Prezenční**  
Téma práce: **Účinky tenzidů na pokožku**

### **Zásady pro vypracování**

Vypracujte rešerši na dané téma, zaměřte se na mechanismy vzájemných interakcí mezi tenzidy a pokožkou. Soustředte se na možnosti snížení iritačního potenciálu a mírnější alternativy povrchově aktivních látek v kosmetických produktech.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] BAREL, A. O. Handbook of Cosmetic Science and Technology, Informa Healthcare Inc. USA 2009, ISBN 1-4200-6963-2.  
[2] RHEIN, L. D. Surfactants in Personal Care Products and Decorative Cosmetics, CRC Press, Taylor & Francis Group USA 2007, ISBN 1-57444-531-6.  
[3] Seweryn, A. Interactions between Surfactants and the Skin ? Theory and Practice. *Advances in Colloid and Interface Science* 2018, 252, 242-255.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jana Sedlaříková, Ph.D.**  
Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2020**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **22. května 2020**

L.S.

---

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

---

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

Ve Zlíně dne 20. února 2020

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji 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;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – 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);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### **Prohlašuji,**

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce pojednává o problematice související s každodenním používáním kosmetických přípravků. Jelikož mezi primární složky patří povrchově aktivní látky, je studium jejich vzájemných interakcí s pokožkou velmi aktuální. První kapitola stručně představuje tenzidy a jejich základní charakteristiky spojené s tvorbou micel v roztocích. Druhá kapitola je věnována jednotlivým interakcím, k nimž může mezi povrchově aktivními látkami a pokožkou docházet. Další část práce je soustředěna na možnosti snižování iritačního potenciálu tenzidů, s čímž souvisí i výčet mírnějších alternativ těchto látek. Přehled v současnosti dostupných přípravků s obsahem šetrnějších tenzidů je součástí poslední kapitoly.

Klíčová slova: iritační potenciál, kosmetický přípravek, kožní bariéra, kritická micelární koncentrace, tenzid.

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis discusses the problems following with a daily application of cosmetic products. Considering that active surface substances belong among the main components, the study of their mutual interactions with skin is very relevant. The first chapter briefly introduces surfactants and their base characteristic associated with formation of micelles in solutions. The second part is dedicated to individual interactions, which may occur between the active substances and skin. The next part is focused on the possibilities of reducing irritant potential of surfactants, and related list including the milder alternatives to these substances. The selected currently available products containing milder surfactants are summed up in the last chapter.

Keywords: irritant potential, cosmetic product, skin barrier, critical micellar concentration, surfactant.

V první řadě chci poděkovat vedoucí práce Ing. Janě Sedlářikové, Ph.D. za neocenitelnou pomoc a rady, které mi byly poskytnuty během psaní této práce. Velké díky patří také mé rodině, přátelům a především mému příteli za jejich trpělivost a neskutečnou podporu.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>9</b>
<b>1 CHOVÁNÍ TENZIDŮ V ROZTOKU</b> .....	<b>10</b>
1.1 TVORBA MICEL.....	11
1.2 TVAR A VELIKOST MICEL.....	11
1.3 KRITICKÁ MICELÁRNÍ KONCENTRACE .....	12
<b>2 INTERAKCE MEZI TENZIDY A POKOŽKOU</b> .....	<b>15</b>
2.1 INTERAKCE TENZIDŮ S PROTEINY STRATUM CORNEUM .....	16
2.2 INTERAKCE S KOŽNÍMI LIPIDY .....	17
2.3 INTERAKCE S ŽIVÝMI BUŇKAMI.....	18
2.4 HODNOCENÍ Vlivu TENZIDŮ NA POKOŽKU .....	20
2.4.1 Propustnost.....	20
2.4.2 Transepidermální ztráta vody.....	20
2.4.3 Napnutí pokožky .....	21
2.4.4 Drsnost pokožky.....	21
2.4.5 Iritační potenciál.....	23
Zeinův test.....	23
Test na hovězí sérový albumin .....	24
<b>3 METODY SNIŽOVÁNÍ IRITAČNÍHO POTENCIÁLU</b> .....	<b>25</b>
3.1 POUŽITÍ PRIMÁRNÍCH TENZIDŮ S MÍRNĚJŠÍM IRITAČNÍM ÚČINKEM .....	25
3.2 APLIKACE SMĚSÍ PAL .....	26
3.3 PŘÍDAVEK POLYMERŮ A BIOPOLYMERŮ .....	28
3.4 PŘÍDAVEK HYDROFOBNÍCH SUBSTANCÍ .....	31
<b>4 MÍRNĚJŠÍ ALTERNATIVY TENZIDŮ</b> .....	<b>32</b>
4.1 ACYL SARKOSINÁTY.....	34
4.2 ACYL GLUTAMÁTY .....	35
4.3 ACYL ISETHIONÁTY .....	35
4.4 ACYL TAURÁTY .....	36
4.5 SULFOSUKCINÁTY .....	37
4.6 ALKYL POLYGLUKOSIDY .....	37
4.7 ROSTLINNÉ SAPONINY .....	38
<b>5 PRODUKTY S OBSAHEM MÍRNÝCH TENZIDŮ</b> .....	<b>39</b>
5.1 SPRCHOVÝ GEL.....	39
5.2 PĚNA NA MYTÍ PRO DĚTI .....	40
5.3 DĚTSKÝ ŠAMPON NA VLASY .....	41
5.4 ŠAMPON NA VLASY.....	42
5.5 PĚNA DO KOUPELE.....	44
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>45</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>46</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>50</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>51</b>

## ÚVOD

Lidská pokožka je každodenně vystavována různým faktorům, které mohou způsobit iritaci a alergické reakce. Kromě vnějších, fyzikálních a biologických vlivů hrají důležitou roli složky kosmetických přípravků, které přicházejí do kontaktu s pokožkou. Tenzidy jsou amfifilní sloučeniny, mezi jejichž základní charakteristiky patří hromadění na fázovém rozhraní a snižování mezifázového napětí. Z toho důvodu jsou využívány v mnoha praktických aplikacích. V kosmetice plní funkci detergentů, pěnotvorných činidel, smáčedel nebo emulgátorů. Výběr tenzidu při sestavování formulace kosmetického přípravku je v současné době zásadně podmíněn biologickou odbouratelností a v neposlední řadě právě kompatibilitou a šetrností vůči pokožce.

Předkládaná bakalářská práce je především zaměřena na mechanismy vzájemných interakcí mezi povrchově aktivními látkami a pokožkou, které mohou vést k podráždění. Tenzidy mohou zásadně ovlivňovat funkci stratum corneum, ale i hlubších vrstev kůže. Klíčovou roli zde hraje pochopení jejich fyzikálně-chemických vlastností a chování ve vodných roztocích. V dalších kapitolách jsou shrnuty některé hodnotící metody vlivu povrchově aktivních látek na pokožku a možnosti, jak snížit iritační potenciál používaných tenzidových produktů. Významnou část této práce zaujímá výčet mírnějších alternativ tenzidů v kosmetice a jejich charakterizace. Vzhledem k tomu, že na současném trhu je dostupná široká škála tenzidových produktů s různými dermatologickými vlastnostmi, je poslední kapitola věnována vybraným konkrétním příkladům s důrazem právě na obsažené mírnější varianty povrchově aktivních látek.

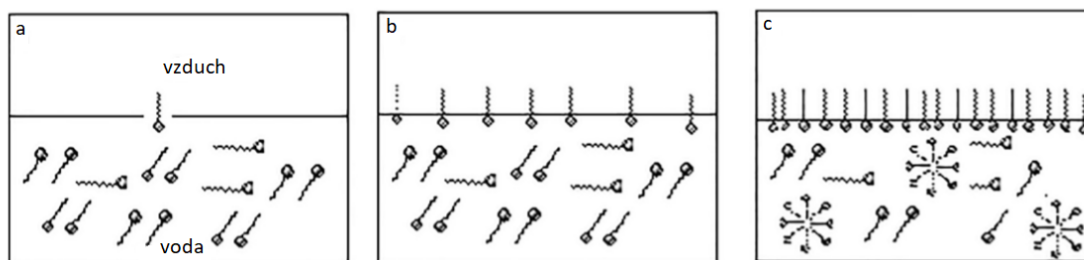


## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 CHOVÁNÍ TENZIDŮ V ROZTOKU

Tenzidy jsou povrchově aktivní látky snižující povrchové napětí roztoku. Molekula tenzidu vykazuje amfipatickou povahu, je tvořena hydrofobní a hydrofilní částí. Hydrofobní část tvoří uhlovodíkový řetězec, nejčastěji o délce 12–18 uhlíků. Hydrofilní část je tvořena polární skupinou [1, s. 243], [2, s. 2].

Povrchově aktivní látky (PAL) ve vodě migrují a sorbují se na rozhraní mezi fázemi (vzduch-voda). Zvyšováním koncentrace jednotlivých molekul PAL v roztoku dochází k postupnému obsazení všech aktivních center a následnému zvyšování jejich koncentrace v objemové fázi roztoku. Monomery v objemové fázi a adsorbované na rozhraní jsou v neustálém pohybu. Po dosažení určité koncentrace, která se označuje jako kritická koncentrace micel (CMC), dochází k tvorbě agregátů, tzv. micel (Obr. 1) [1, s. 244], [3, s. 64], [4, s. 1,2].



Obrázek 1 a) molekuly tenzidu se ve vodném roztoku koncentrují na rozhraní vzduch-voda s hydrofobní částí orientovanou na stranu vzduchu, b) zvýšení koncentrace tenzidu, molekuly tenzidu pronikají do roztoku, c) hydrofobní části tenzidu vzájemně interagují a vytvářejí micely [1, s. 244].

## 1.1 Tvorba micel

Tvorbu micel v roztoku způsobují vzájemné van der Waalsovy síly spojené s interakcemi probíhajícími mezi hydrofobními skupinami povrchově aktivních látek a molekulami vody. Klasické micely vznikají v polárním prostředí a jsou tvořeny molekulami tenzidu, jejichž hydrofilní části jsou orientovány k molekulám rozpouštědla, inverzní micely mají naopak hydrofilní části soustředěny dovnitř, aby bylo zamezeno kontaktu s nepolárním rozpouštědlem [1, s. 244].

## 1.2 Tvar a velikost micel

Tvar a velikost micel závisí na typu, struktuře a koncentraci povrchově aktivních látek. Množství molekul tenzidu, které tvoří micelu, je dáno tzv. agregačním číslem  $N$ . Toto číslo je charakteristické pro každý typ tenzidu v závislosti na tvaru micely.

Klasickou metodou pro stanovení agregačního čísla je metoda rozptylu světla. Pomocí ní je možné stanovit průměrnou molekulovou hmotnost ( $M_w$ ) micelárního roztoku, tedy i průměrný počet molekul povrchově aktivní látky ve struktuře, z intenzity rozptýleného světla v daném úhlu při koncentracích tenzidu nad CMC micelárního roztoku. V současnosti lze využít i novější metody, jako je rozptyl laserového světla a zhášení fluorescence, které umožňují stanovení nejen agregačního čísla, ale i distribuce velikosti micel a jejich přibližný tvar [5, s. 129].

Přestože velikost a distribuce micel jsou závislé na mnoha vnitřních (hydrofobní a hydrofilní skupina) a vnějších (teplota, tlak, pH, obsah elektrolytu) faktorech, lze shrnout několik obecných pravidel týkajících se agregačního čísla:

- Čím je délka hydrofobního řetězce ve vodných roztocích větší, tím větší bude agregační číslo.
- Podobné zvýšení agregačního čísla je patrné při poklesu hydrofility.
- Snížení hydrofility a následné zvýšení agregačního čísla způsobují i vnější vlivy (např. vysoká koncentrace elektrolytů).
- Změna teploty ovlivňuje ionické a neionické tenzidy různým způsobem. Pro ionické tenzidy platí, že vyšší teploty vedou k mírnému poklesu agregačního čísla, naopak u neionických tenzidů dochází k výraznému zvýšení [5, s. 130].

Tvar agregátů lze pak odvodit na základě tzv. kritického agregačního parametru (CPP) pomocí následující rovnice (1) [1, s. 244], [6, s. 42]:

$$CPP = \frac{V}{a_0 \cdot l_c} \quad (1)$$

Kde  $V$  je objem hydrofobní část molekuly,  $a_0$  je povrch hydrofilní části a  $l_c$  je maximální délka hydrofobního řetězce [5, s. 126], [6, s. 42].

Je-li číslo CPP:

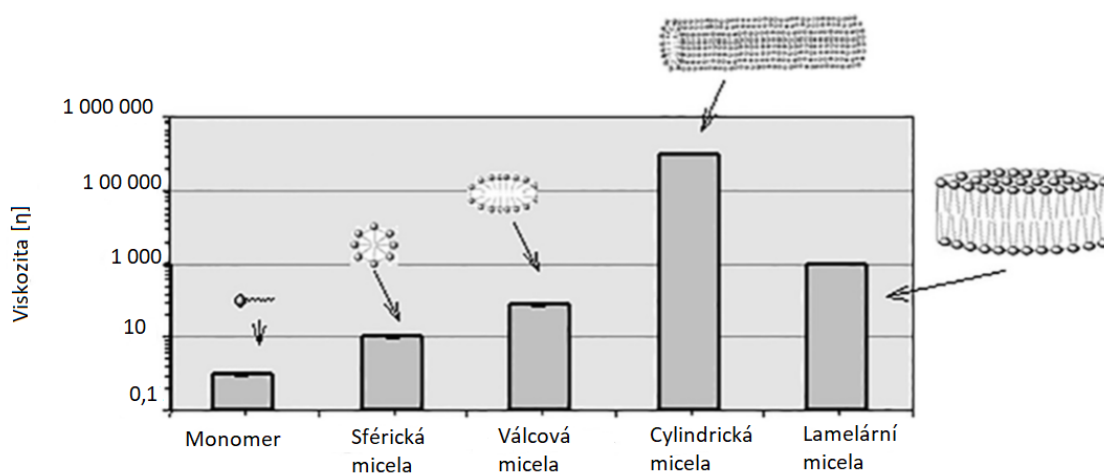
- $< 0.33$ , jedná se o povrchově aktivní látky s jednoduchým řetězcem a relativně velkými hydrofilními skupinami, které zaujímají tvar sférické nebo elipsoidní micely
- $0.33 - 0.5$ , tenzid je jednoduchý s relativně malým počtem hydrofilních skupin, ve tvaru velkých válcovitých nebo tyčinkovitých micel
- $0.5 - 1.0$ , tenzid obsahuje dva řetězce s velkou hydrofilní skupinou, micely jsou ve tvaru vezikuly a flexibilní dvouvrstvé struktury
- $1.0$ , jde o tenzidy obsahující dva řetězce s malými hydrofilními skupinami, micely jsou ve tvaru rovinné rozšířené dvouvrstvé struktury
- $> 1.0$ , jedná se o typ tenzidu se dvěma řetězci s malými hydrofilními skupinami, kdy se tvoří inverzní micely [5, s. 126], [6, s. 44].

### 1.3 Kritická micelární koncentrace

Otázka velikosti micel má spíše teoretický význam, ovšem pro praktické aplikace je zásadní tzv. kritická micelární koncentrace (CMC), která vypovídá o vlastnostech PAL. Kritická micelární koncentrace je koncentrační rozmezí, kdy se v micelárním roztoku, po přidavku dalších tenzidů nezvyšuje počet monomerů a dochází k tvorbě micel. Při určování CMC je důležité přihlížet na typ, strukturu a vlastnosti hydrofilní/hydrofobní části tenzidu. Je dáno, že hodnoty CMC u ionických tenzidů jsou na rozdíl od neionických vyšší [6, s. 45]. Kritickou micelární koncentraci lze stanovit prostřednictvím měření různých fyzikálně-chemických vlastností, u nichž dochází během začátku tvorby micel k zásadním skokům v trendu závislosti na koncentraci povrchově aktivní látky. Jako příklad lze uvést měření vodivosti, povrchového napětí nebo rozptylu světla [7, s. 106].

Micely vytvořené ve vodných roztocích, jsou po překročení CMC relativně malé, kulovitého tvaru nebo zploštělé. Charakteristickým rysem ionických PAL je to, že všechny micely vytvořené ve vodných roztocích jsou rovnoměrně nabitý, což vede k vývoji vzájemných elektrostatických odpudivých sil. Tento proces zamezuje shlukování micelárních agregátů a zabraňuje jejich slučování do velkých micel. Odpudivé síly existují nejen mezi různými micelami, ale také mezi hydrofilními skupinami jednotlivých PAL v rámci jednoho agregátu. Rovnovážný stav umožňuje pouze výměnu molekul PAL mezi různými micelami a také mezi micelami a monomery přítomnými v objemové fázi. Jakmile se micela rozpadne, okamžitě se na jejím místě vytvoří nový agregát [1, s. 244].

U neionických PAL je odpuzování mezi micelami připisováno prostorové bariéře, která brání agregátům pohybovat se blízko sebe a je označována jako sterický efekt. Vzhledem k tomu, že většina komerčních detergentů a kosmetických přípravků obsahuje směsi tenzidů, vznikají tzv. směsné micely větší velikosti a vyšší stability. Odpuzování takových agregátů je připisováno jak přítomnosti náboje, tak i sterickým účinkům [1, s. 245].



Obrázek 2 Změna viskozity ve vodných roztocích tenzidu v důsledku změn tvaru a velikosti micel [1, s. 245].

Na Obr. 2 je znázorněna změna viskozity ve vodných roztocích tenzidů v důsledku změn tvaru a velikosti micel. V oblasti nad CMC dalším zvyšováním koncentrace PAL dochází jak k nárůstu počtu jednotlivých micel, tak ke zvětšování agregátů, a tedy zvýšení agregačního čísla. Sférické micely jsou transformovány do válcových agregátů a dále poté do lamelárních fází, což vede ke změnám viskozity celého systému. Podobného účinku lze dosáhnout přidáním soli (např. NaCl), která je často využívána jako modifikátor viskozity. Zároveň dochází ke snížení nejen CMC, ale také redukci zeta potenciálu v případě ionických PAL. U neionických tenzidů má větší vliv změna teploty, která může vést k dehydrataci polyoxyethylenových řetězců a následné změně tvaru micel tvořících se v roztoku. Tento jev se využívá ve výrobních procesech za účelem dosažení odpovídající úrovně viskozity v kosmetice [1, s. 244, 245].

## 2 INTERAKCE MEZI TENZIDY A POKOŽKOU

Povrchově aktivní látky jsou často součástí různých kosmetických přípravků běžné denní spotřeby. Slouží především k odstranění nečistot, potu a kožního mazu z pokožky. Je ovšem nutno zohlednit skutečnost, že interakce PAL se stratum corneum mohou mít i negativní dopad [5, s. 16].

V čisticích prostředcích se jako primární surfaktanty hojně využívají anionické tenzidy, a to především díky jejich vynikajícím pěnotvorným schopnostem. Tyto bývají často v kombinaci s amfoterními, v menší míře pak s neionickými tenzidy. Typickými představiteli anionických tenzidů jsou klasická mýdla, sulfáty a sulfonáty. Mezi amfoterní tenzidy řadíme zejména betainy a amfoacetáty. Z neionických tenzidů, které se v dnešní době nacházejí v některých čisticích prostředcích jsou alkyglukosidy [8, s.17].

Když povrchově aktivní látka přijde do kontaktu s pokožkou, může docházet k interakci prostřednictvím následujících mechanismů:

- Vazbou na povrchové kožní proteiny
- Denurací povrchových proteinů kůže
- Solubilizací nebo dezorganizací mezibuněčných lipidů kůže
- Pronikáním epidermální lipidovou bariérou
- Interakcí s živými buňkami

Všechny tyto interakce mohou vést k podráždění pokožky a klíčovým faktorem je přítomnost volných monomerů PAL, resp. koncentrace, kdy se začínají tvořit micely (CMC) [9, s. 457].

## 2.1 Interakce tenzidů s proteiny stratum corneum

Povrchově aktivní látky obsažené v kosmetických přípravcích se mohou vázat na proteiny stratum corneum (SC), konkrétně na keratin, což vede k denaturaci jeho  $\alpha$ -šroubovicové struktury, k přechodnému botnání a hyperhydrataci keratinocytů. Botnání může usnadnit pronikání PAL, stejně jako jiných složek čisticího přípravku do hlubších vrstev, což má za následek biochemickou odezvu, která se projevuje červeným zarudnutím (erytém) na kůži nebo svěděním. Navíc, zbotnalé keratinové proteiny mají po odpaření přebytečné vody z kůže menší schopnost vázat vodu. Pokožka má horší flexibilitu a dochází ke zvýšení transepidermální ztráty vody (TEWL). Dlouhotrvající používání takových čisticích prostředků může vést k poškození kožní bariéry [1, s. 245], [8, s. 18].

Studie, zabývající se interakcí tenzidů se SC, prokázaly, že tendence PAL způsobovat denaturaci proteinu souvisí s hustotou náboje agregátů PAL vázaných na proteiny. Díky tomu lze vysvětlit obecně známý fakt, že iritační potenciál tenzidů klesá v řadě anionické > amfoterní > neionické PAL. Mezi anionické tenzidy mající schopnost vázat se na proteiny patří například laurylsulfát sodný (SLS). Dále obecně platí, že při dané délce hydrofobního řetězce PAL se tendence k botnání proteinu snižuje s rostoucí velikostí hydrofilní hlavy [8, s. 18].

Bylo potvrzeno, že hlavní roli související s iritací pokožky hrají samotné monomery PAL [1, s. 246]. Studie Walterse a kol. [10, s. 53] prokázala, že při aplikaci komerčního sprchového gelu obsahujícího tenzidy, které vykazují výrazně vyšší CMC hodnoty, dochází ke zvýšení iritačního potenciálu pokožky. Bylo ale také zjištěno, že k denaturaci proteinů mohou kromě volných monomerů přispívat i micely. Hlavním důvodem je nestabilita těchto micelárních agregátů, které se mohou po kontaktu s pokožkou rozpadnout a následně, již ve formě monomerů, ovlivnit její funkce. Na druhou stranu, další autoři připisují zvýšení podráždění pokožky, zaznamenané po dosažení CMC, přítomnosti menších agregátů, tzv. submicel [1, s. 246]. Iritační účinky úzce souvisí také s velikostí agregátů. V případě klasického SDS se iritace výrazně zvyšuje i po překročení CMC. Důvodem je velikost micel, které jsou menší, než ústí vlasových folikul a mohou tak pronikat do epidermis v monomerní i micelární formě. U tenzidů tvořících větší agregáty, jako je například ethoxylovaný dodecyl sulfát sodný (SLES), je proces penetrace do hlubších vrstev omezen. Tyto studie potvrzují, že tvorba micel není zárukou úplné inhibice iritačního účinku PAL vůči pokožce [1, s. 246].



## 2.2 Interakce s kožními lipidy

Ochranná lipidová bariéra kůže se skládá z vysoce organizovaných lipidových vrstev umístěných mezi buňkami SC. Monomery PAL mohou díky své malé velikosti snadno interagovat s kožními lipidy a narušit tak funkci této bariéry. Ovšem, jak již bylo uvedeno výše, problémy mohou způsobovat i menší agregáty PAL. Například micely tvořené dodecylsulfátem sodným (SDS), jsou díky svému malému hydrodynamickému poloměru schopny částečně pronikat do SC a tak interagovat s kožními lipidy. U jiných typů povrchově aktivních látek dochází k interakci s lipidovou bariérou prostřednictvím micel uvolňujících své monomery [9, s. 457], [10, s. 24].

Stejně jako v případě proteinů byly interakce povrchově aktivních látek s kožními lipidy rozsáhle studovány. První práce zabývající se danou problematikou byla zaměřena na vliv povrchově aktivních látek na SC lipidy, v souvislosti s pozorovanou suchostí pokožky [1, s. 247], [8, s. 18].

Běžně uznávaný model interakcí předpokládá, že význam mají jak samotné monomery PAL, tak micely. Řada studií prokázala, že v roztoku, v němž je překročena CMC, dochází k intramicelární solubilizaci lipidů a jejich vymývání ze SC. Možné důsledky zahrnují poškození SC a její bariérové funkce a zvýšení hladiny TEWL. Některé studie také předpokládají, že monomery se mohou adsorbovat a zabudovávat do tekuté krystalické struktury vrstvy stratum corneum, což narušuje její prostorovou strukturu a zvyšuje její propustnost. V případě dlouhého kontaktu mezi tenzidem a SC může dojít ke zkapalnění mezibuněčného pojiva, a tím mohou být epidermální lipidy náchylnější k solubilizaci. Čím větší je propustnost epidermis, tím více jsou monomery schopné migrovat hlouběji do SC a dochází tak k intenzivnějšímu podráždění pokožky. Kromě toho jsou molekuly vody schopny migrovat na povrch epidermis, což vede k většímu odpařování, suchosti SC a ztrátě pružnosti [1, s. 247], [12, s. 405, 406].

V další studii [13, s. 598] byl sledován účinek SDS na kvantitativní a kvalitativní složení lipidů ve stratum corneum. Bylo zjištěno, že SDS přispívá ke snížení obsahu mastných kyselín a cholesterolu s dlouhým řetězcem, aniž by to ovlivnilo celkový obsah ceramidů a nepolárních lipidů. Podobné závěry byly prezentovány na základě studií *in vivo* hodnotících korelaci mezi účinkem laurylsulfátu sodného a alkylnbensulfonátu sodného na SC proteiny a lipidy. Bylo prokázáno, že lipidy byly odstraněny pouze při dosažení nebo nad CMC [1, s. 247].

Měření obsahu lipidů ve stratum corneum působením 2% roztoků povrchově aktivní látky prokázalo pokles celkového obsahu lipidů o 7 %. Bylo zjištěno, že došlo k odstranění volných mastných kyselin (8 %), cholesterolu (8–15 %) a esterů cholesterolu a skvalenu (méně než 1 %), zatímco odstranění ceramidů prokázáno nebylo. Důvodem nedostatečných interakcí s ceramidovou frakcí je pravděpodobně fakt, že ceramidy obsahují dva uhlovodíkové řetězce, což snižuje jejich potenciál pro solubilizaci v micelách. Autoři poukazují na to, že ačkoli je odstranění mastných kyselin s krátkým řetězcem a nenasycených mastných kyselin při každodenních hygienických činnostech žádoucí, může mít ztráta kyseliny stearové a dalších mastných kyselin s dlouhým řetězcem nepříznivý vliv na bariérovou funkci SC [1, s. 247], [8, s. 19].

Na základě výše uvedených zjištění lze dojít k závěru, že mastné kyseliny jsou náchylné k interakcím s roztoky povrchově aktivních látek. Předpokladem pro zachování krystalické struktury dvojvrstvy mezibuněčné hmoty SC, je zajištění vhodných poměrů mezi frakcemi ceramid, mastná kyselina a cholesterol. Pokud je jedna ze složek odstraněna, celý systém může být destabilizován. Odstranění mastných kyselin může nepříznivě ovlivnit zachování požadované krystalické struktury, což má za následek nadměrnou tuhost SC. Kromě zvýšení TEWL může také dojít ke zvýšení citlivosti, popraskání pokožky a v extrémních případech výskytu erytému.

### 2.3 Interakce s živými buňkami

Jakmile dojde k narušení nebo oslabení lipidové bariéry, mohou monomery povrchově aktivních látek interagovat s živými buňkami epidermis (keratinocyty, Langherhansovy buňky). Důsledkem mohou být následující jevy:

- lýza buněk v případě silných dráždivých látek a uvolňování chemických mediátorů do mezibuněčného prostoru,
- změna buněčné membrány a pasivní difúze chemických mediátorů z cytoplazmy do mezibuněčného prostoru,
- stimulace buněk s následným aktivním uvolňováním chemických mediátorů do mezibuněčného prostoru nebo syntéza nových mediátorů.

Ať už je interakce mezi živými buňkami jakákoli, tyto mediátory vyvolávají množství reakcí v místě podráždění, jako je například stimulace buněčné proliferace [9, s. 457,458].

Mezi živé epidermální buňky řadíme zejména keratinocyty. Schopnost povrchově aktivních látek vyvolat trvalé poškození živých kožních buněk se označuje jako kožní toxicita. Kromě toho přítomnost povrchově aktivních látek a jejich interakce s proteiny mohou způsobit poškození struktury živých epidermálních buněk, které se projeví jako lokální zánětlivá reakce kůže. Tento typ reakce na iritační faktor je v literatuře označován jako dráždivá kontaktní dermatitida (ICD), která patří k nejčastějším kožním onemocněním [1, s. 248].

Stupeň poškození keratinocytů závisí na typu a koncentraci povrchově aktivních látek a době expozice iritačnímu faktoru. Ovlivněna je především buněčná cytoplazma a dochází k uvolňování zánětlivých mediátorů z buněk, včetně různých prozánětlivých cytokinů, jako jsou například interleukiny a faktor nádorové nekrózy (TNF). Přítomnost cytokinů má za následek dilataci krevních cév a příliv imunitních buněk, které indukují zánětlivý proces. Jsou to většinou neutrofilní granulocyty a T a B lymfocyty. Aby došlo ke snížení vyvolaného zánětu, jsou spouštěny mechanismy, které zahrnují keratinocyty produkující cytokiny s protizánětlivými vlastnostmi. K zánětlivým procesům spojeným s ICD dochází výhradně v místě kontaktu s dráždivou látkou. Výsledkem jsou lokální kožní léze, které se projevují začervenalou kůží, deskvamací a erytémem [1, s. 248].

Dalším projevem interakce mezi povrchově aktivními látkami a živými epidermálními buňkami, které se však vyskytují velmi zřídka, je alergická kontaktní dermatitida (ACD). Na rozdíl od ICD je alergická kontaktní dermatitida vyvolána imunologicky, kdy imunitní systém reaguje na chemickou látku označovanou jako alergen. Tento mechanismus zahrnuje dvě fáze, a to fázi indukce a uvolňování. V první fázi je alergen fagocytován Langerhansovými buňkami a předán B lymfocytům, které jsou transformovány na imunoglobulinové proteiny (protilátky), které jsou specifické a citlivé na konkrétní alergeny. Jsou transportovány kardiiovaskulárním systémem po celém těle do T lymfocytů, buněk imunitního systému, které uchovávají informace o alergenu. Tento proces je bez příznaků a trvá několik desítek dnů. Fáze uvolňování zahrnuje rozpoznávání pomocných buněk alergenu imunitními buňkami, které jsou doprovázeny zvýšenou produkcí histaminů a zánětlivých cytokinů. Výsledkem je těžká zánětlivá reakce, která se vyvíjí nejen v místě vstupu alergenu, ale také na celém povrchu kůže. Tyto procesy se projevují začervenalou kůží doprovázenou výskytem otoků a pocitem svědění [1, s. 248], [14, s. 627–629].

## 2.4 Hodnocení vlivu tenzidů na pokožku

Testování a hodnocení účinku tenzidů na pokožku má s ohledem na jejich plošné využívání v kosmetice značný význam. V současné době existuje řada metod, z nichž některé budou zmíněny v následujícím textu.

### 2.4.1 Propustnost

Jednou z běžných technik pro měření propustnosti kůže je *in vitro* test za použití tzv. Francovyých difúzních komůrek. Zvýšená propustnost, která je analyzována prostřednictvím vybrané látky, indikuje snížení funkce kožní bariéry. Jako testovací vzorek v systému Francovyých cel je možno využít myší kůži zbavenou srsti. Okasaka a kol. [15, s. 2] využili methylparaben jako indikátorovou substanci k testování vlivu různých anionických surfaktantů, z nichž nejvyšší index propustnosti vykazovaly karboxylátové tenzidy (konkrétně laurát sodný), následované sulfáty, ale zároveň i glutamáty. Menší propustnosti bylo dosaženo u glycinátů a taurátů.

### 2.4.2 Transepidermální ztráta vody

Dalším důležitým parametrem pro hodnocení propustnosti a funkce kožní bariéry je měření transepidermální ztráty vody (TEWL). Test je prováděn pomocí sondy, která je přiložena na pokožku ošetřenou přípravkem PAL. Vyšší hodnoty TEWL indikují oslabenou funkci kožní bariéry, která může být způsobena například dlouhodobým kontaktem přípravku obsahujícího PAL s pokožkou, zatímco nízké hodnoty naznačují nenarušenou nebo obnovenou funkci kožní bariéry. Měření TEWL je považováno za optimální ukazatel funkčního stavu stratum corneum a lepší měřítko iritačního potenciálu v porovnání s klinickým vizuálním hodnocením [15, s. 1], [17, s. 1].

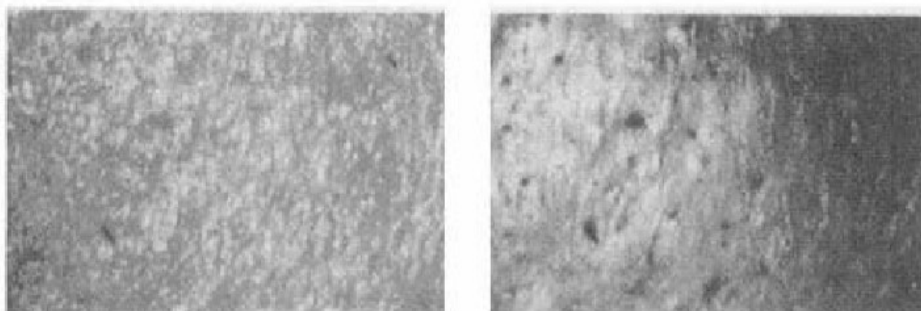
### 2.4.3 Napnutí pokožky

Proces mytí pokožky přípravkem s obsahem tenzidu může v některých případech vyvolávat pocit napnutí kůže. Klinický vzhled pokožky, vykazující vysoký stupeň pnutí, je charakterizován vysokým leskem a hladkostí pokožky přibližně 15 minut po omytí roztokem povrchově aktivní látky (Obr. 3). Analýza napnutí pokožky se provádí na základě aplikace testovaného přípravku na pravou a levou část obličeje [18, s. 429].

Relativní intenzita napnutí kůže se hodnotí podle následujících kritérií:

- (0) žádný rozdíl v napnutí
- ± (1) mírný rozdíl v napnutí
- + (2) mírný rozdíl v napnutí
- ++ (3) značný rozdíl v napnutí

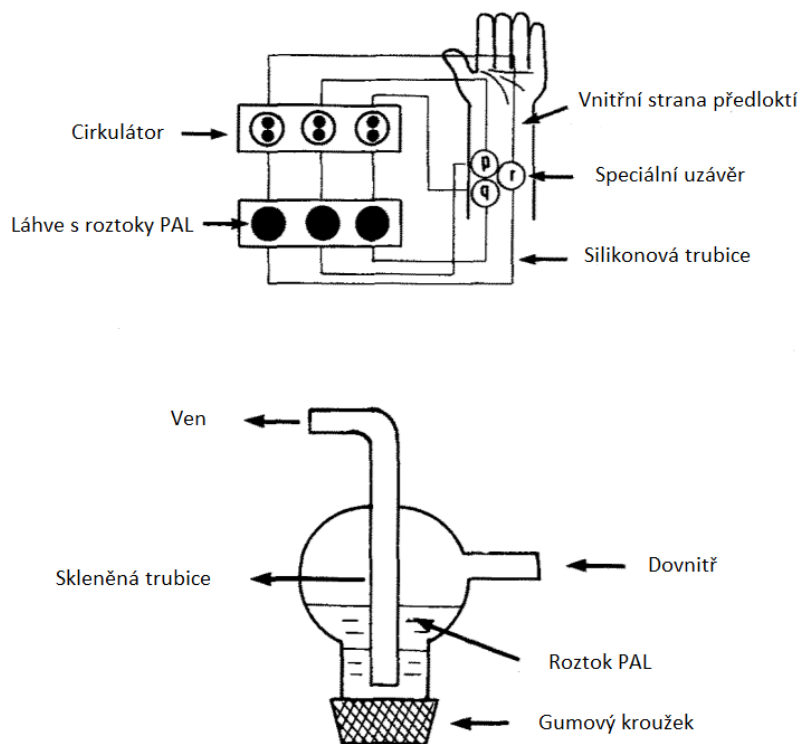
Tyto hodnoty se statisticky vyhodnocují Scheffého metodou párového srovnání [18, s. 429].



Obrázek 3 Klinický vzhled pokožky obličeje před (vlevo) a po (vpravo) umytí 5% roztokem mýdlového tenzidu [18, s. 429].

### 2.4.4 Drsnost pokožky

Často se vyskytujícím jevem po aplikaci přípravku s povrchově aktivní látkou je drsnost pokožky, která se vyznačuje šupinatěním a suchostí bez zánětlivé reakce. Potenciál zdrsnění pokožky může být vyhodnocen pomocí různých metod. Jednou ze starších technik je tzv. cirkulační metoda, kdy vnitřní část předloktí je zdrsněna v důsledku kontaktu s roztokem PAL, který cirkuluje ve speciálně navrženém zařízení (Obr. 4) opatřeném čerpadly napojenými na silikonovou hadici [18, s. 429, 430].



Obrázek 4 Schéma přístroje pro cirkulační metodu a detail speciálního uzávěru [19, s. 480].

Postupem času byly pro hodnocení kožního povrchu vyvinuty další techniky, jako například metody mikroskopické, optické, nebo fotometrické. Lze sem zařadit i měření drsnosti pomocí laserové profilometrie a skenovací elektronové mikroskopie [20, s. 60].

Ohtsuki a kol. [21, s. 94] se zabývali studií drsnosti pokožky pomocí vizuálního hodnocení a povrchového měření odrazivosti. Pro experiment bylo použito 8 urethanových kožních replik, jejichž vlastnosti a vzhled byly podobné lidské pokožce. Výsledky prokázaly, že použitý Oren–Nayarův model koresponduje s nastavenými parametry drsnosti a lze jej tedy úspěšně využít k hodnocení pokožky.

V práci [22, s. 346] autoři studovali vliv mikrodermabraze na drsnost pokožky pomocí 3D skenování. Výsledky analyzované pomocí fraktální geometrie umožnily vyhodnotit změny kožního povrchu před a po zákroku.

### 2.4.5 Iritační potenciál

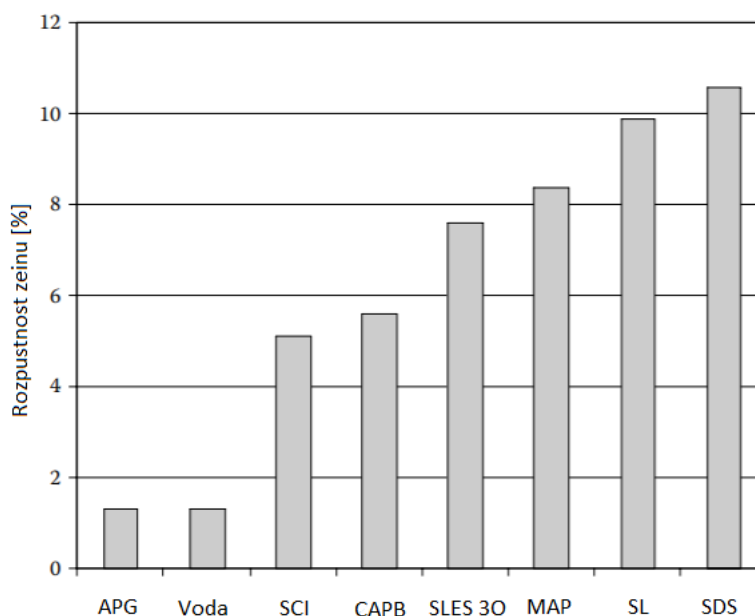
V posledních letech je účinek tenzidů, a to jak ve vědeckých studiích, tak v praktických aplikacích, testován za použití proteinu zeinu a hovězího sérového albuminu, které jsou strukturálně podobné keratinu [1, s. 245].

#### *Zeinův test*

Hodnocení tzv. zeinového čísla zahrnuje stanovení množství ve vodě nerozpustného proteinu, solubilizovaného povrchově aktivními látkami ve vodném roztoku. Výsledek je vyjádřen jako množství volného dusíku uvolněného z roztoku proteinu. Vyšší množství dusíku pak představuje větší iritační potenciál [1, s. 245]. Na obrázku (Obr. 5) je znázorněn výsledek zeinova testu následujících PAL:

- dodecylsulfát sodný (SDS)
- laurát sodný (SL)
- alkylpolyglykosid (APG)
- lauryl ether sulfát sodný (SLES 3EO)
- cocoyl isethionát sodný (SCI)
- monoalkylfosfát (MAP)
- cocamidopropyl betain (CAPB).

Roztoky tenzidů o koncentraci 5 % hm. byly připraveny v destilované vodě. Po přidání zeinového prášku a následném oddělení rozpuštěného zeinu od nerozpuštěného, byla měřena absorbance při  $\lambda = 278 \text{ nm}$  [3, s. 179], [10, s. 25].



Obrázek 5 Rozpustnost zeinu v 5% roztocích různých PAL [3, s. 180].

Z grafu lze vidět, že rozpustnost zeinu v SDS a SL roztocích je výrazně vyšší než v roztocích SLES, SCI a CAPB. Z toho vyplývá, že neionické PAL vykazují menší rozpustnost proteinu, což znamená, že tyto tenzidy jsou na rozdíl od anionických méně agresivní pro pokožku [3, s. 179].

Interakce mezi tenzidy a proteiny SC je tedy přisuzována zejména anionickým tenzidům, které se na ně mohou vázat prostřednictvím relativně silných elektrostatických interakcí. V případě neionických tenzidů jsou interakce s proteiny založeny na tvorbě relativně slabých vodíkových a van der Waalsových vazeb, z toho důvodu je jejich tendence k denaturaci proteinů a následnému vyvolávání podráždění pokožky nižší [1, s. 245].

### ***Test na hovězí sérový albumin***

Během tohoto testu dochází ke změně struktury hovězího sérového albuminu, v důsledku denaturace proteinu způsobené vlivem PAL, což vede ke změnám pH roztoku. Přidání anionických PAL do roztoku albuminu vede k vazbě PAL na kationické skupiny proteinu. Aby došlo k neutralizaci záporného náboje proteinu vznikajícího z převahy anionických skupin v jeho molekule, dochází k adsorpci protonů z rozpouštědla, což vede ke zvýšení pH roztoku. Čím větší je pH roztoku, tím silnější je iritační potenciál [1, s. 246].



### 3 METODY SNIŽOVÁNÍ IRITAČNÍHO POTENCIÁLU

Na základě výše uvedených informací lze konstatovat, že předpokladem pro snížení iritačního potenciálu zejména anionických typů PAL, je zajistit pokles koncentrace monomerů, zvětšit velikost micel a stabilizovat je v roztoku, který je při aplikaci potenciálně v kontaktu s pokožkou. Existuje řada způsobu umožňující snižovat negativní dopad tenzidů na pokožku, jako jsou například [1, s. 248]:

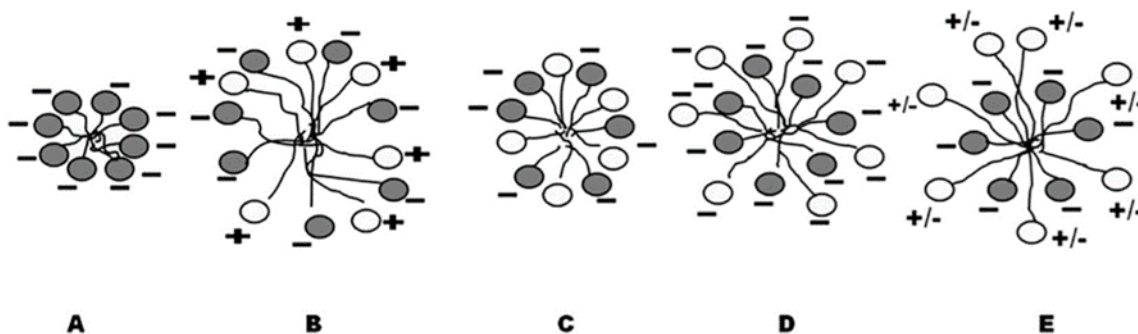
- použití anionických tenzidů s mírným účinkem na kůži,
- aplikace směsí PAL,
- přidavek polymerů a biopolymerů,
- přidavek hydrofobních substancí.

#### 3.1 Použití primárních tenzidů s mírnějším iritačním účinkem

Správná volba primárního tenzidu je klíčovým faktorem pro zajištění požadovaných parametrů kosmetického přípravku, který bude vykazovat nízký iritační potenciál. Za nejmírnější tenzidy jsou považovány neionické, které jsou běžně používány v kosmetických přípravcích pro kojence, citlivou pokožku a přípravcích na pleť. Ovšem lze se také setkat s anionickými tenzidy, které jsou mírné k pokožce. Jedná se například o vysoce ethoxylované alkylsulfáty, sulfokcinátové estery, sarkosináty, tauráty apod. Amfoterní tenzidy se používají většinou v kombinaci s jinými tenzidy, tedy spíše jako sekundární PAL. Jejich iritační potenciál nemá podstatnější význam. Kationické tenzidy se v kosmetických přípravcích používají, spíše než detergenty, zejména pro své antibakteriální vlastnosti. Tyto typy bývají často považovány za nejvíce iritační PAL. Stejně jako anionické tenzidy se kationické vyskytují i v mírnější podobě, jako jsou například soli alkylaminu a kvarternizované alkypolyglykosidy [1, s. 248], [9, s. 458].

### 3.2 Aplikace směsí PAL

Díky kombinaci různých typů tenzidů v kosmetických produktech lze využít jejich synergičtějšího účinku pro snížení iritačního potenciálu. Například neionické PAL používané spolu s anionickými, zlepšují detergenční vlastnosti roztoku. Přídavek amfoterních tenzidů zvyšuje stabilitu pěny, která je vytvářena v roztoku anionických PAL. Aplikace směsí, obsahujících povrchově aktivní látky různých typů, je jednou z nejjednodušších metod pro zvětšení velikosti micel v anionických PAL a jejich stabilizaci. Směsi různých povrchově aktivních látek mají vliv na snížení CMC, což vede ke snížení koncentrace monomerů v objemové fázi. Na níže uvedeném obrázku (Obr. 6) lze vidět schematické znázornění struktury micel vytvořených v roztoku obsahujícího směsi různých typů PAL [1, s. 250], [9, s. 485].



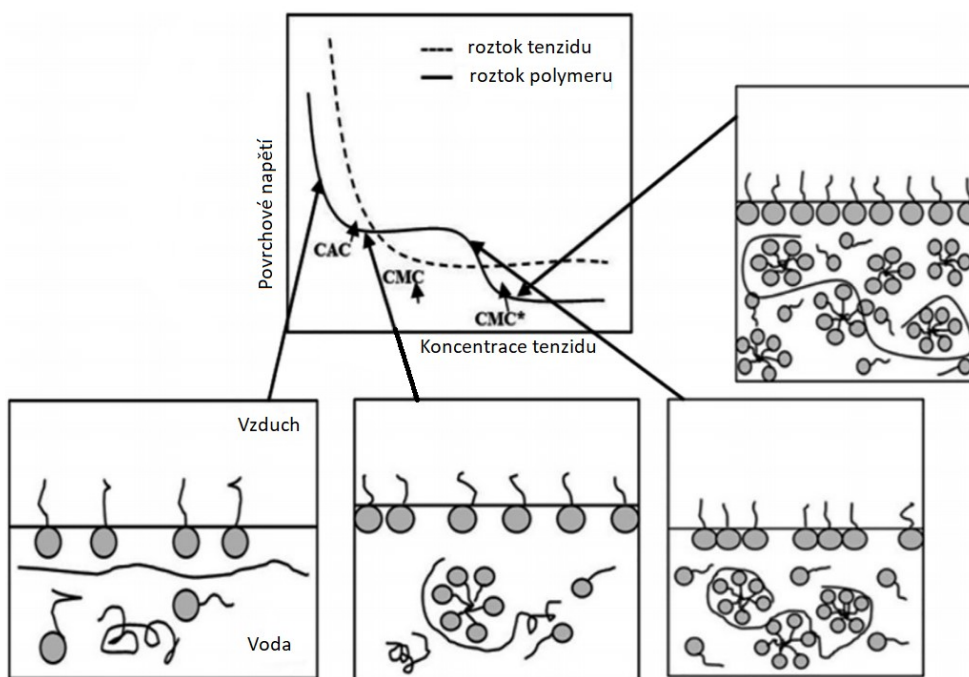
Obrázek 6 Struktury micel v roztocích tenzidů: A – roztok stejných anionických PAL, B – roztok anionických a kationických PAL, C – roztok anionických a neionických PAL, D – roztok dvou různých anionických PAL, E – roztok anionických a amfoterních PAL [1, s. 251].

Micely vytvořené v roztoku stejnými typy PAL (např. anionickými) jsou relativně malé velikosti (A), což usnadňuje jejich pronikání přes kožní bariéru. Silné elektrostatické odpuzování hydrofilních částí v molekulách vytvářejících micely má vliv na snížení micelární stability a může vést k jejímu relativně rychlému rozpadu na monomery. Po přidání kationických PAL (B) do roztoku anionických PAL, se první zmíněné tenzidy zabudují do micel vytvořených v roztoku, čímž vzniknou smíšené micely. Agregáty tohoto typu, které obsahují oba typy PAL, jsou mnohem větší. Vzájemné odpuzování je následně sníženo, což má další

stabilizační účinek na micelární agregáty. Po přidání neionického tenzidu (C) k roztoku anionických PAL se vytvoří velké smíšené micely, podobně jako v případě přidání kationických PAL. Molekuly neionických povrchově aktivních látek, které jsou relativně velké, zvětšují vzdálenosti mezi hydrofilní částí anionických povrchově aktivních látek a současně oslabují síly elektrostatického odpuzování. Důsledkem je stabilizace micel. Podobného účinku dosáhneme kombinací anionických PAL s jiným anionickým tenzidem (D). V důsledku rozdílu ve struktuře hydrofilních a hydrofobních částí roste vzdálenost mezi hydrofilními částmi, což zvyšuje stabilitu micel. Je však třeba zdůraznit, že takto dosažená úroveň stabilizace je výrazně nižší než v případě přidání neionických a kationických PAL. Stabilita micel v systémech tohoto typu je navíc ovlivněna rozdílem ve velikosti hydrofobní části anionického tenzidu. Čím větší je rozdíl v délce uhlovodíkového řetězce, tím vyšší je úroveň micelární stability. Přídavkem amfoterních povrchově aktivních látek (E) dochází ke zvětšení velikosti micel, avšak stabilita micel závisí na pH systému. V kyselém prostředí nese amfoterní sloučenina kladný náboj a změny jsou pozorovány stejně jako po přidání kationických povrchově aktivních látek (B). V zásaditém prostředí je účinek podobný účinku, ke kterému dochází po přidání anionického tenzidu (D) [1, s. 250].

### 3.3 Přídavek polymerů a biopolymerů

Ke snížení iritačního potenciálu může také přispět přídavek polymerů nebo biopolymerů do roztoku. Díky tvorbě specifických komplexů na bázi polymerů a tenzidů, systém vykazuje odlišné vlastnosti v porovnání s roztoky povrchově aktivních látek bez přítomnosti polymerů. Bylo prokázáno, že tyto účinky jsou charakteristické jak pro syntetické polymery (polyvinylpyrrolidon, polyethylenglykoly, akrylové deriváty), tak i biopolymery (proteiny a jejich hydrolyzované deriváty a kaučuky). Mechanismy odpovědné za interakce tenzidu a polymeru ve vodném roztoku jsou složité komplexní procesy. Vysvětlení těchto jevů lze popsat pomocí analýzy vztahu mezi povrchovým napětím, jako funkcí koncentrace povrchově aktivní látky v systémech s polymerem a bez přítomnosti polymerů. Na dané křivce lze pak pozorovat několik oblastí, které odrážejí povahu interakcí mezi polymerem a tenzidem, přičemž závislost generovaná pro roztok povrchově aktivní látky s polymerem má odlišný tvar ve srovnání se samotným vodným roztokem PAL bez polymerů (Obr. 7) [1, s. 251], [4, s. 525].

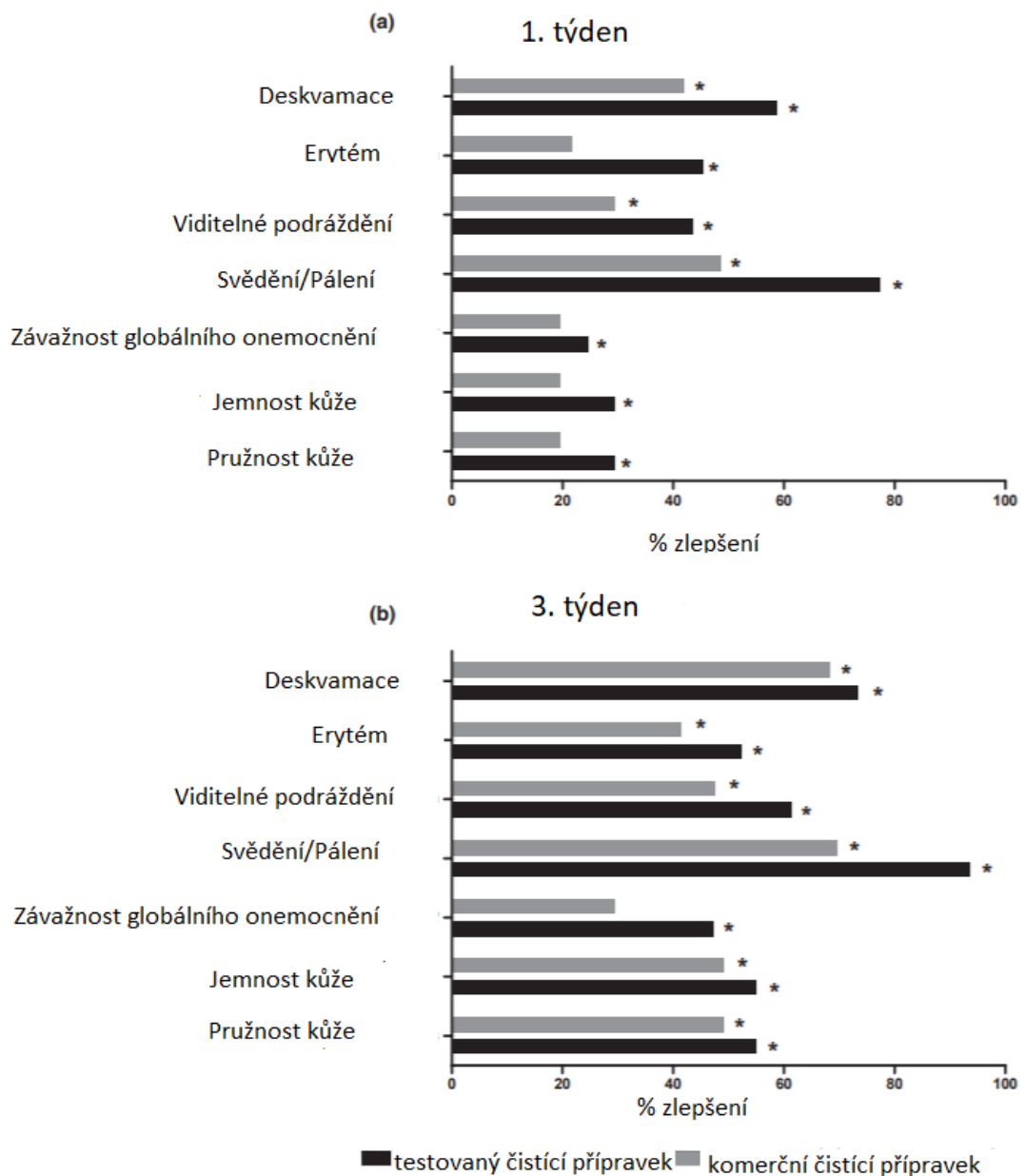


Obrázek 7 Schématické znázornění interakce mezi polymerem a tenzidem ve vodném roztoku [1, s. 252].

Při nízké koncentraci PAL jsou monomery adsorbovány na rozhraní mezi fázemi (voda-vzduch). Polymerní řetězce vázané na molekuly PAL jsou také adsorbovány na povrchu rozhraní. V objemové fázi roztoku je koncentrace povrchově aktivní látky nízká a polymerní řetězce se vyskytují ve formě tzv. floků. Tyto propletené řetězce představují další rozhraní mezi fázemi, kde jsou molekuly povrchově aktivní látky schopné adsorbovat (oblast I v grafu). Se stoupající koncentrací PAL v roztoku se monomery nadále usazují na rozhraní mezi fázemi, zatímco interakce s vodou vede k postupnému rozplétání polymerních řetězců. Monomery tak získávají další rozhraní, kde jsou schopny se adsorbovat. Další zvýšení koncentrace PAL vede k tvorbě tzv. hemimicel, které jsou vázány na polymerní řetězce. K tomuto jevu dochází při specifické koncentraci nazývané jako kritická agregační koncentrace (CAC). Přidání polymeru k roztoku povrchově aktivní látky tedy urychluje proces agregace PAL při koncentraci nižší než CMC. V závislosti na struktuře polymeru a povrchově aktivní látky mohou být pozorovány různé typy vzájemných interakcí, například elektrostatické, hydrofobní nebo vazby pomocí vodíkových můstků [1, s. 252], [23, s. 526].

S rostoucí koncentrací PAL je pozorována desorpce polymerních řetězců z povrchové do objemové fáze (oblast grafu II). Kromě toho se k polymerním řetězcům připojuje stále více micel. Zvýšení koncentrace povrchově aktivní látky a nasycení rozhraní způsobuje růst počtu monomerů v objemové fázi. To postupně vede k tvorbě volných micel (oblast grafu III). Jejich vývoj, stejně jako v případě roztoků povrchově aktivních látek, lze připsat hydrofobnímu účinku. Koncentrace, při které se micely začnou tvořit v objemové fázi v systému polymer-tenzid, se často označuje jako zdánlivá kritická micelární koncentrace (CMC\*) [1, s. 252], [4, s. 526].

Přídavek hydrofobně modifikovaných polymerů (HMP) do kosmetických čisticích přípravků s obsahem PAL za účelem snížení iritačního potenciálu byl studován v práci Drae-lose a kol. [23, s. 314]. Cílem studie bylo porovnat snášenlivost a účinnost testovaného, pěnivého, tekutého čisticího přípravku na obličej obsahující HMP s komerčním produktem běžně doporučovaným na citlivou pleť. Testování bylo prováděno na skupině dvaceti žen ve věku 18–65 let, s mírnou až střední atopickou dermatitidou (AD), ekzémy a akné.



Obrázek 8 Hodnocení testovaného a komerčního čistícího přípravku na obličej po 1. a 3. týdnu používání [23, s. 317].

Jak je patrné z uvedeného grafu (Obr. 8), používání testovaného čisticího přípravku na obličej v 1. a 3. týdnu vedlo k významnému zlepšení oproti výchozím hodnotám ve všech sledovaných kategoriích (pružnost a jemnost kůže, závažnost globálního onemocnění, svědění/pálení, viditelné podráždění, erytém a deskvamace) [23, s. 318].

### 3.4 Přídavek hydrofobních substancí

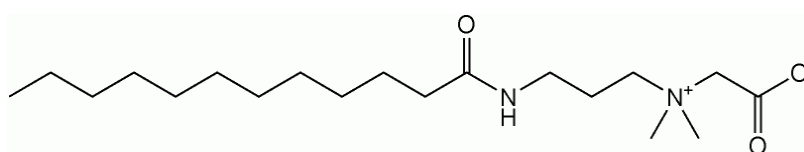
Při studiu problematiky snížení rozvoje podráždění pokožky, byla v posledních letech věnována pozornost i využití hydrofobních sloučenin. Výzkum v této oblasti se zaměřuje na aplikaci rostlinných olejů, hydrofobních rostlinných extraktů a mastných kyselin. Nejnovější vědecké studie ukazují, že použití surovin, které jsou z kvalitativního i kvantitativního hlediska podobné složkám přirozeně se vyskytujícím v mezibuněčném pojivu stratum corneum, může kompenzovat ztráty látek, k nimž může docházet během mytí pokožky. Mukherjee a kol. [24, s. 371–378] ve své studii zjistili, že přídavkem polárního slunečnicového oleje se výrazně snižuje podráždění pokožky. Na druhou stranu, nepolární minerální olej nevykazoval žádný efekt. Je tedy zřejmé, že typ oleje hraje klíčovou roli při interakci s proteiny ve stratum corneum. Pozitivní vliv byl také prokázán u kyseliny stearové přidané do sprchových gelů. Bylo zjištěno, že molekuly kyseliny stearové se mohou zabudovat do struktury mezibuněčného pojiva ve SC a kompenzovat tak jeho ubývání v důsledku umývání pokožky [1, s. 253].

Podobné výsledky uvádí Conti a kol. [25, s. 1], kteří zjistili, že aplikace produktů obsahujících estery kyseliny linolové výrazně zlepšuje charakter a funkci epidermální ochranné vrstvy [1, s. 253].





Cocamidopropyl betain (CAPB) (Obr. 10) patří do skupiny alkylbetainů, což jsou N-trialkylderiváty aminokyseliny ( $[R_1R_2R_3] N^+CH_2COOH$ ). Tyto tenzidy nesou na kvarterním dusíku kladný náboj v celém rozsahu pH, ovšem obsahují také funkční skupinu schopnou nést záporný náboj v neutrálních a alkalických podmínkách. Betainy jsou kompatibilní s jinými povrchově aktivními látkami, se kterými často tvoří smíšené micely. Vytvářejí bohatou pěnu, mají dobré smáčecí a emulgační schopnosti. Kromě toho betainy pomáhají zvyšovat viskozitu vodných povrchově aktivních látek a vykazují nízkou toxicitu pro oči a kůži [9, s. 777, 778], [26, s. 58], [28, s. 292].



Obrázek 10 Cocamidopropyl betain [29].

CAPB je běžnou součástí šamponů na vlasy, kde poskytuje také kondičionální a antistatické vlastnosti [26, s. 58], [28, s. 115, 292].

Bohužel i tento typ tenzidu může zvyšovat senzitivitu pokožky a vyvolat tak alergickou reakci (Obr. 11). Význam zde hraje zejména přítomnost potenciálních nečistot, konkrétně pak 3-dimethylaminopropylaminu (DMAPA) a amidoaminu [30, s. 208].



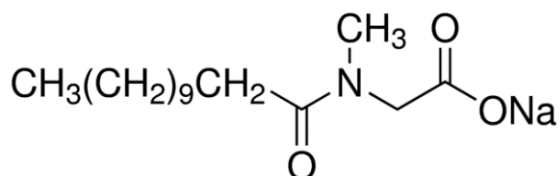
Obrázek 11 Chronický ekzém na očním víčku po aplikaci kosmetiky s obsahem CAPB [31, s. 823].

Výrobci kosmetiky tedy neustále hledají nové mírnější alternativy dosud používaných PAL, které by zmírnily iritační potenciál výsledného produktu. V posledních letech jsou předmětem zájmu anionické tenzidy se zavedeným můstkem mezi hydrofilní a hydrofobní částí, jako jsou například sarkosináty nebo isethionáty. Další možnost představují přírodní surfaktanty získávané z rostlin, tzv. saponiny. Vybrané skupiny tenzidů budou charakterizovány v následujících kapitolách.

#### 4.1 Acyl sarkosináty

Sarkosináty jsou látky s obecným vzorcem  $[RCON(CH_3)CH_2COO^-M^+]$ , připravované kondenzační reakcí mastných kyselin s N-methylglycinem (neboli sarkosinem). Vzhledem ke karboxylové hydrofilní části vykazují určité fyzikální a chemické vlastnosti, které jsou podobné klasickým mýdlům. Ovšem díky zavedení N-methylamid skupiny  $[CON(CH_3)]$  do jejich molekuly jsou rozpustnější ve vodě a obecně odolnější vůči tvrdé vodě. Navíc, na rozdíl od mýdel, mohou být efektivně využívány i při nižších hodnotách pH [26, s. 55].

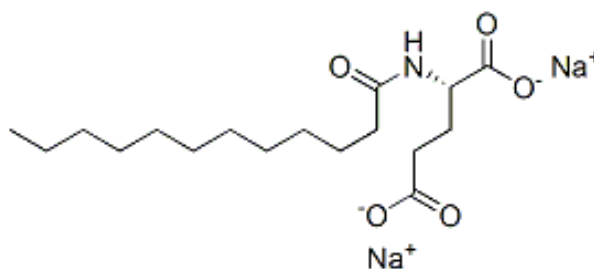
Jelikož jsou sarkosináty známy svými mírnými účinky vůči pokožce, v kosmetice mají zastoupení zejména v přípravcích na obličej. Mohou být obsaženy i v přípravcích na vlasy, díky jejich kondicionačním vlastnostem, které dodávají vlasům hladkost a jemnost. Výhodou je také snášenlivost s ostatními typy tenzidů, tudíž mohou být aplikovány jako kosurfaktanty. Například v kombinaci s klasickými anionickými PAL (alkylsulfáty) v šamponech zvyšují jejich pěnovost. Hlavním zástupcem těchto tenzidů je lauroyl/cocoyl sarkosinát sodný (Obr. 12) [9, s. 775], [18, s. 293].



Obrázek 12 Lauroyl sarkosinát sodný [32].

## 4.2 Acyl glutamáty

Tyto PAL jsou deriváty kyseliny L-glutamové a vyšších mastných kyselin. Patří mezi dobr-detergenty se středně pěnicím účinkem a dobrou kompatibilitou s tvrdou vodou. Z důvodu nízkého iritačního potenciálu jsou deriváty acylglutamátu doporučovány do přípravků pro osobní hygienu, včetně toaletních mýdel, koupelových pěn a tělových šamponů. Klasickým zástupcem je lauroyl glutamát sodný (Obr. 13) [9, s. 775], [18, s. 295], [26, s. 55].

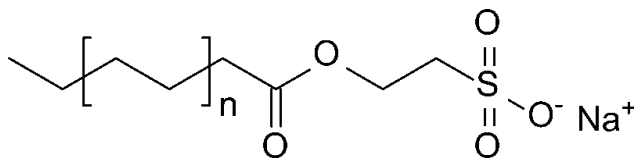


Obrázek 13 Lauroyl glutamát sodný [33].

## 4.3 Acyl isethionáty

Isethionáty mastných kyselin  $[RCOOCH_2CH_2SO_3^-M^+]$  se obvykle připravují reakcí chloridu mastné kyseliny (často o délce 14 až 18 uhlíků) s isethionátem sodným. Komerčně bývají dostupné jako sodné nebo amonné soli. Hlavní rozdíl spočívá v rozpustnosti ve vodě, jelikož cocoyl isethionát sodný má omezenou rozpustnost, zatímco amonné deriváty jsou ve vodě vysoce rozpustné a vhodné pro přípravu čirých kapalných produktů. Tyto povrchově aktivní látky nejsou citlivé na vápenaté a hořečnaté ionty a vykazují dobré smáčecí, pěnicí a emulgační vlastnosti. Kromě toho jsou velmi jemné a mají vynikající kompatibilitu s pokožkou. V mýdlových směsích se používají jako kosurfaktanty, které podporují tvorbu pěny a snižují potenciální iritaci pokožky způsobenou klasickými mýdly [9, s. 774], [18, s. 290], [26, s. 57].

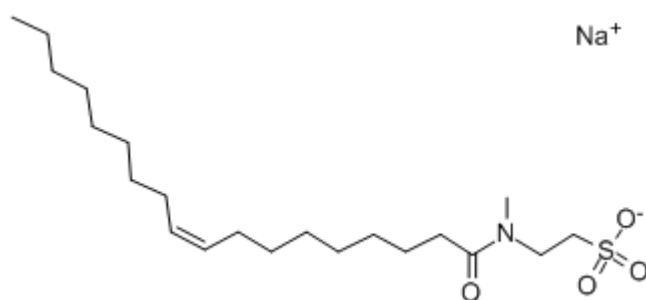
Nejčastěji používaným zástupcem v kosmetice je cocoyl isethionát sodný (Obr. 14), který ve svém hydrofobním řetězci obsahuje většinou 12 až 14 uhlíků.



Obrázek 14 Cocoyl isethionát sodný [34].

#### 4.4 Acyl tauráty

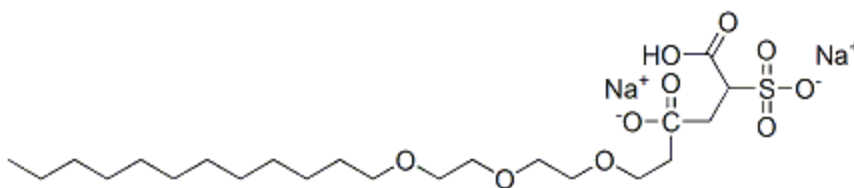
Jedná se o acyl-aminoalkansulfonáty s obecným vzorcem  $[RCONR^1CH_2CH_2SO_3^-M^+]$ , které mají chemické struktury podobné výše zmíněným isethionátům. Amidický můstek ve struktuře stabilizuje tyto tenzidy vůči hydrolyze v kyselém a alkalickém prostředí. Tyto PAL jsou díky jejich pěnicím a toxikologickým vlastnostem využívány v celé škále produktů pro osobní hygienu bez ohledu na pH. Typickým příkladem, vyskytujícím se zejména v šamponech na vlasy a sprchových gelech, je methyl oleoyl taurát sodný (Obr. 15) [9, s. 774], [18, s. 10, 293], [26, s. 53].



Obrázek 15 Methyl oleoyl taurát sodný [35].

## 4.5 Sulfosukcináty

Sulfosukcináty jsou sodné soli alkylesterů kyseliny sulfosukcinové, které se obvykle připravují kondenzací anhydridu kyseliny maleinové s mastným alkoholem, po kterém následuje sulfonace s hydrogensířičitanem sodným. Některé sulfosukcináty se odvozují od jiných substituovaných mastných molekul, jako ethoxyláty mastných alkoholů, mastné aminy (poskytující sulfosukcináty) nebo mastné alkanolamidy. V kosmetických přípravcích se nejčastěji používají monoestery disodné soli, které jsou známy jako mírné tenzidy a mohou dále snižovat iritační potenciál jiných povrchově aktivních látek. Monoestery odvozené od ethoxylovaných alkoholů nebo alkanolamidů bývají aplikovány v přípravcích pro osobní hygienu, a to zejména v šamponech a sprchových gelech. Jedním z těchto zástupců je lauret sulfosukcinát disodný (Obr.16) [9, s. 773], [18, s. 10].

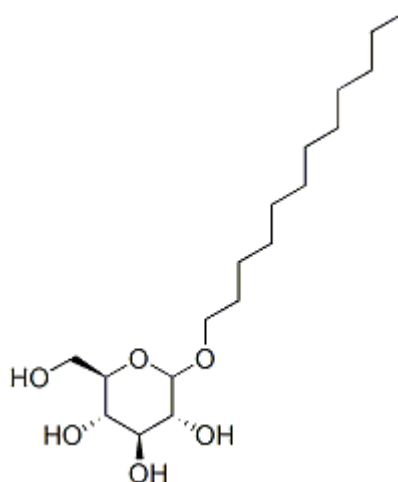


Obrázek 16 Lauret sulfosukcinát disodný [36].

## 4.6 Alkylpolyglukosidy

Alkylpolyglykosidy (APG) jsou jedny z nejznámějších tzv. cukerných neionických tenzidů, které se vyrábějí reakcí mastného alkoholu (získaného od rostlinných olejů) s glukózou. Mezi jejich vlastnosti patří nejen dobré detergenční a smáčení účinky, ale i nízká toxicita, snadná biologická odbouratelnost a kompatibilita s pokožkou i jinými PAL [37, s. 79, 285].

Kromě těchto vlastností vykazují tyto povrchově aktivní látky synergické účinky v kombinaci s anionickými tenzidy, čehož je využíváno v kosmetických přípravcích na vlasy a pokožku. Klasickým zástupcem je lauryl glukosid (Obr. 17), který vykazuje lepší schopnost tvořit pěnu ve srovnání s jinými neionickými povrchově aktivními látkami na bázi cukru. Díky uvedeným vlastnostem, je tento tenzid vhodný pro širokou skupinu kosmetických produktů, jako mohou být např. mycí gely, dětské šampony, sprchové gely pro citlivou pokožku, ale také vlhčené ubrousky [28, s. 162], [37, s. 79].



Obrázek 17 Lauryl glukosid [38].

#### 4.7 Rostlinné saponiny

Saponiny patří do rozmanité skupiny přirozeně se vyskytujících povrchově aktivních sloučenin, jejichž výskyt je v různých částech rostlin včetně kořenů, výhonků, květů a semen. Mezi příklady zdrojů rostlinných saponinů lze zařadit mydlici lékařskou (*Saponaria officinalis*) a mýdlokor tupolistý (*Quillaya saponaria*). Z chemického hlediska se převážně jedná o glykosidy, které mají jeden, dva nebo tři sacharidové řetězce připojené k aglykonu. Aglykony, také nazývané sapogeniny, tvoří hydrofobní část molekuly. Sacharidové řetězce, tvořící hydrofilní část molekuly, se mohou lišit délkou, větvením, substitucí a složením (glukóza, galaktóza, ramnóza, arabinóza, xylóza, apioza a kyselina uronová), hydrofobní části mohou mít steroidní nebo triterpenickou strukturu [37, s. 239, 242].

Saponiny s jednou navázanou cukernou složkou v řetězci mají lepší pěnicí vlastnosti, zatímco u saponinů se dvěma nebo třemi sacharidovými řetězci pěnivost klesá. U některých typů nebyla dokonce pozorována žádná pěnivost ve vodných roztocích, přesto vzhledem k jejich chemické struktuře, jsou tyto látky stále považovány za saponiny [37, s. 242, 244].

Saponiny, například z mydlice lékařské, smilaxu nebo břečťanu, mohou být využívány v šamponech proti vypadávání vlasů. Problémem při aplikaci může být horší detergenční účinek. Z toho důvodu jsou tyto rostlinné povrchově aktivní látky v komerčních produktech často kombinovány se syntetickými typy [37, s. 247].

## 5 PRODUKTY S OBSAHEM MÍRNÝCH TENZIDŮ

V následujících kapitolách jsou uvedeny a stručně charakterizovány vybrané příklady kosmetických přípravků včetně složení (dle mezinárodního názvosloví kosmetických ingrediencí) s důrazem na obsažené mírnější můstkové tenzidy.

### 5.1 Sprchový gel

Sprchový gel od Bioderma (Obr. 18) s obsahem sarkosinátu sodného je doporučován pro normální, suchou až citlivou pokožku. Mírné tenzidy zde působí zejména jako detergenční činidla.



Obrázek 18 Jemný sprchový gel Bioderma [39].

Složení: Aqua, Sodium Laureth Sulfate, Coco-Betaine, **Sodium Lauroyl Sarcosinate**, Glycerin, Methylpropanediol, Mannitol, Xylitol, Rhamnose, Fructooligosaccharides, Copper Sulfate, Sodium Chloride, **Coco-Glucoside**, Glyceryl Oleate, Disodium Edta, Capryloyl Glycine, Citric Acid, Sodium Hydroxide, Fragrance (Parfum).

## 5.2 Pěna na mytí pro děti

Mycí pěna HiPP (Obr. 19) je vhodná především pro děti s citlivou a jemnou pokožkou. Přítomnost vyznačených mírných tenzidů zajišťuje tvorbu kvalitní pěny.



Obrázek 19 Pěna na mytí pro děti Hipp [40].

Složení: Aqua, **Coco-Glucoside**, **Sodium Lauroyl Glutamate**, Citric Acid, Glyceryl Oleate, Panthenol, Glycerin, Prunus Amygdalus Dulcis Seed Extract, Polyquaternium -7, Propylene Glycol, Sodium Chloride, Allantoin, Disodium EDTA, Hydrogenated Palm Glycerides Citrate, Denatonium Benzoate, Tocopherol, Sodium Benzoate, Parfum.



### 5.3 Dětský šampon na vlasy

Dětský šampon na vlasy od firmy Aloe Via LR (Obr. 20) obsahující acyl isethionáty v kombinaci s jinými mírnými tenzidy, je vhodný pro jemnou a citlivou pokožku.



Obrázek 20 Dětský šampon na vlasy Aloe Via [41].

Složení: Aqua, Aloe Barbadensis Leaf Juice, **Sodium Lauroyl Methyl Isethionate**, Cocamidopropyl Betaine, **Lauryl Glucoside**, Glycerin, Trisodium Ethylenediamine Disuccinate, Guar Hydroxypropyltrimonium Chloride, Glycine Soja (Soybean) Oil, Sodium Chloride, **Sodium Cocoyl Isethionate**, Sodium Levulinate, Citric Acid, Sodium Anisate, Hydrogenated Coconut Acid, Sodium Benzoate, Calendula Officinalis Flower Extract, Sodium Isethionate, Lactic Acid, Potassium Sorbate, Sorbic Acid.

## 5.4 Šampon na vlasy

Šampon značky doTerra (Obr. 21) je určen pro barvené vlasy. Vzhledem k obsahu mírných tenzidů je vhodný pro poškozené vlasy a citlivou pokožku.



Obrázek 21 Šampon na vlasy doTERRA [42].

Složení: Aqua, **Sodium Lauroyl Methyl Isethionate**, Sodium C14-16 Olefin Sulfonate, Cocamidopropyl Betaine, **Sodium Methyl Oleoyl Taurate**, **Sodium Cocoyl Isethionate**, Betaine, Acrylates Copolymer, *Avena sativa* (Oat) Peptide, *Citrus sinensis* (Wild Orange) Peel Oil Expressed, *Citrus aurantifolia* (Lime) Oil, Silicone Quaternium-3, Trisodium Ethylenediamine Disuccinate, Guar Hydroxypropyltrimonium Chloride, Lauryl Lactyl Lactate, PEG-150 Pentaerythrityl Tetrastearate, Trideceth-12, PEG-6 Caprylic/Capric Glycerides, Tetrasodium Glutamate Diacetate, Hexylene Glycol, Caprylyl Glycol, Ethylhexylglycerin, Phenoxyethanol, Natural Fragrance, Mica, Titanium Dioxide, Iron Oxides.

Šampon na vlasy Yves Rocher (Obr. 22), obsahující ve složení převážně anionické mýdlové tenzidy v kombinaci s alkylglukosidem je doporučován pro barvené a poškozené vlasy.



Obrázek 22 Šampon na vlasy Yves Rocher [43].

Složení: Aqua, **Disodium Laureth Sulfosuccinate**, Sodium Lauroamphoacetate, **Sodium Cocoyl Isethionate**, **Sodium Methyl Oleoyl Taurate**, Cocamide MIPA, **Decyl Glucoside**, Glycerin, Glycol Distearate, Hydroxyacetophenone, PEG-7 Glyceriyl Cocoate, Sodium Chloride, Citric Acid, Cassia Hydroxypropyltrimonium Chloride, Parfum/Fragrance, PEG-150 Distearate, Xanthan Gum, Caprylyl Glycol, Salicylic Acid, Fructooligosaccharides, Inulin, Ethylhexyl Salicylate, Caprylhydroxamic Acid, Sodium Benzoate, Euterpe Oleracea Fruit Extract.

## 5.5 Pěna do koupele

Pěna do koupele od značky Logona (Obr. 23) je vhodná pro děti, nevysušuje pokožku a zanechává ji jemnou. Přítomnost APG (lauryl/coco glucoside) a ostatních mírných tenzidů způsobuje výraznou tvorbu pěny.



Obrázek 23 Pěna do koupele Logona [44].

Složení: Aqua (Water), **Lauryl Glucoside**, Glycerin, Sodium Lauryl Sulfoacetate, Polyglyceryl-10 Laurate, **Disodium Cocoyl Glutamate**, **Sodium Cocoyl Glutamate**, **Coco-Glucoside**, Glyceryl Oleate, Sodium Levulinate, Aloe Barbadensis Leaf Juice Powder, Calendula Officinalis Flower Extract, Malva Sylvestris (Mallow) Extract, Melissa Officinalis Leaf Extract, Chamomilla Recutita (Matricaria) Flower Extract, Citric Acid, Sodium Anisate, Sodium Chloride, Alcohol denat., PCA Ethyl Cocoyl Arginate, Parfum (Fragrance), CI 75120.

## ZÁVĚR

Tenzidy jsou součástí mnoha produktů, které se dostávají do přímého kontaktu s pokožkou. Vzhledem k jejich povrchové aktivitě je lze nalézt v přípravcích používaných pro každodenní hygienu, emulgační a dispergační vlastnosti jsou hojně využívány i v dekorativní kosmetice. Jejich aplikace může být spojena i s některými negativními aspekty, vedoucími k narušení funkce kožní bariéry a obecně zvyšování citlivosti pleti.

Cílem této bakalářské práce bylo tedy shrnout poznatky o potenciálním vlivu tenzidů na pokožku a možnostech snížení jejich iritačního potenciálu. Vzhledem k všeobecnému stoupajícímu trendu používání šetrnějších a ekologicky příznivějších přípravků, byla pozornost věnována mírnějším alternativám povrchově aktivních látek a dostupným kosmetickým produktům, které je obsahují.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. SEWERY, A. Interactions between Surfactants and the Skin – Theory and Practice. *Advances in Colloid and Interface Science* 2018, **256**, 242-255.
2. KRONBERG, B., K. HOLMBERG a B. LINDMAN. *Surface Chemistry of Surfactants and polymers*. 2014. ISBN 9781118695968.
3. RHEIN, L. D. *Surfactants in Personal Care Products and Decorative Cosmetics*, CRC Press, Taylor & Francis Group USA 2007, ISBN 1-57444-531-6.
4. KAKIZAWA, Y. a M. MIYAKE. Creation of New Functions by Combination of Surfactant and Polymer - Complex Coacervation with Oppositely Charged Polymer and Surfactant for Shampoo and Body Wash. *Journal of Oleo Science*. 2019, **68**(6), 525-539.
5. MYERS, D. *Surfactant science and technology*. 3rd ed. Hoboken, N.J.: WileyInterscience, 2006. ISBN 13 978-0-471-68024-6.
6. SEDLAŘÍKOVÁ, J. *Chemie a technologie tenzidů II* [online]. Zlín [cit. 2019-10-30]. Dostupné z: <http://kosmetika.ft.utb.cz/Services/Downloader.ashx?id=134&disposition=inline>. Učební text. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
7. ROSEN, M. J. a J. T. KUNJAPPU. *Surfactants and Interfacial Phenomena*. 2012. ISBN 9781118228920.
8. ANANTHAPADMANABHAN, K. P., D. J. MOORE, K. SUBRAMANYAN, M. MISRA a F. MEYER. Cleansing without compromise: the impact of cleansers on the skin barrier and the technology of mild cleansing. *Dermatologic therapy*. 2004, **17**, 16-25. ISSN 1396-0296.
9. BAREL, A. O. *Handbook of Cosmetic Science and Technology*, Informa Healthcare Inc. USA 2009, ISBN 1-4200-6963-2.
10. WALTERS, R. M., M. J. FEVOLA a J.J. LIBRIZZI. Designing cleaners for the unique needs of baby skin. *Cosmetic Toilet*. 2008, **123**(12), 53-60.
11. REGAN, J., L. MOLLICA a K. P. ANANTHAPADMANABHA. *A Novel Glycinate-based Body Wash: Clinical Investigation Into Ultra-mildness, Effective Conditioning, and Improved Consumer Benefits*. 2013, **6**(6), 23-30.
12. BARBA, C., A., SEMENZATO, G., BARATTO a L. CODERCH. Action of surfactants on the mammal epidermal skin barrier. *Edizioni minerva medica*. 2019, **154**(4), 405-412. DOI: 10.23736/S0392-0488.18.05874-1.

13. FULMER, A. W. a G. J. KRAMER. Stratum Corneum Lipid Abnormalities Surfactant-Induced Dry Scaly Skin. *Journal of Investigative Dermatology*. 1986, **86**(5), 598-602.
14. MAAROUF, M., C. M. COSTELLO, S. GONZALEZ, I. ANGULO, C. N. CURIELLEWANDROWSKI a V. Y. SHI. In Vivo Reflectance Confocal Microscopy: Emerging Role in Noninvasive Diagnosis and Monitoring of Eczematous Dermatoses. *ACTAS Dermo-Sifiliográficas*. 2019, **110**(8), 626-636.
15. OKASAKA, M., K. KUBOTA, E. YAMASAKI, J. YANG a S. TAKATA. Evaluation of anionic surfactants effects on the skin barrier function based on skin permeability. *Pharmaceutical Development and Technology*. 2018, **24**(1). DOI: 10.1080/10837450.2018.1425885.
16. WALLEN-RUSSELL, C. Is There a Relationship between Transepidermal Water Loss and Microbial Biodiversity on the Skin? *MDPI Cosmetics* 2019, **6**(18), 1-12.
17. SIM, D. J. K., S. M. KIM, S. S. KIM, I. DOH. Portable Skin Analyzers with Simultaneous Measurements of Transepidermal Water Loss, Skin Conductance and Skin Hardness. *MDPI Sensors*. 2019, **19**(18), 1-10.
18. RIEGER, M. M. a L. D. RHEIN. *Surfactants in cosmetics. 2nd ed.* New York: Marcel Dekker, 1997. ISBN 0-8247-9805-8.
19. IMOKAWA, G., K. SUMURA a M. KATSUMI. Study on Skin Roughness Caused by Surfactants: I. Method in Vivo for Evaluation of Skin Roughness. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 1975, **52**, 479-483.
20. SCHRADER, K. a M. ROHR. Methods for Measuring the Skin-Cleansing Effect of Surfactants in Comparison with Skin Roughness and Compatibility. *Elsevier Science*. 1996, **14**, 57-65.
21. OHTSUKI, R., T. SAKAMAKI a S. TOMINAGA. Analysis of Skin Surface Roughness by Visual Assessment and Surface Measurement. *Optical review*. 2013, **20**(2), 94-101.
22. ZAPLETALOVA, A., V. PATA, R. JANIS, K. KEJLOVA a P. STOKLASEK. Objective measurements of skin surface roughness after microdermabrasion treatment. *Skin Research and Technology*. John Wiley & Sons, 2017, **23**, 346-353. DOI: 10.1111/srt.12341.

23. DRAELOS, Z., S. HORNBY, R. M WALTERS a Y. APPA. Hydrophobically modified polymers can minimize skin irritation potential caused by surfactant-based cleansers. *Journal of Cosmetic Dermatology*. 2013, **12**, 314-321.
24. MUKHERJEE, S., L. YANG, C. VINCENT, X. LEI, M. F. OTTAVIANI a K. P. ANANTHAPADMANABHAN. A comparison between interactions of triglyceride oil and mineraloil with proteins and their ability to reduce cleanser surfactant-induced irritation. *International Journal of Cosmetic Science*. 2015, **37**, 371-378. DOI: 10.1111/ics.12205.
25. CONTI, A., J. ROGERS, P. VERDEHO, C. R. HARDING a A. V. RAWLINGS. Seasonal influences on stratum corneum ceramide 1 fatty acids and the influence of topical essential fatty acids. *International Journal of Cosmetic Science*. 1996, **18**, 1-12.
26. KREJČÍ, J. *Kosmetické přípravky a prostředky* [online]. [cit. 2020-03-21]. Dostupné z <http://kosmetika.ft.utb.cz/Services/Downloader.ashx?id=661&disposition=inline>.
27. *Sodium laureth sulfate* [online]. [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sodium\\_laureth\\_sulfate\\_structure.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sodium_laureth_sulfate_structure.png).
28. TSOLER, U. *Handbook of detergents: Part E: Application*. New York: Marcel Dekker, 2009. ISBN 978-1-57444-757-6.
29. *Cocamidopropyl betaine* [online]. [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cocamidopropyl\\_betaine2.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cocamidopropyl_betaine2.png).
30. SCHNUCH, A., H. LESSMANN, J. GEIER a W. UTER. Is cocamidopropyl betaine a contact allergen? Analysis of network data and short review of the literature. *John Wiley & Sons A/S*. 2011, **64**, 203-211.
31. GONZÁLEZ-MUNOZ, P., L. CONDE-SALAZAR a VANÓ-GALVÁN. Allergic Contact Dermatitis Caused by Cosmetic Products. *ACTAS Dermo-Sifiliográficas*. 2013, **105**(9), 822-832.
32. *N-Lauroylsarcosine sodium salt* [online]. [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/substance/nlauroylsarcosinesodiumsalt2933813716611?lang=en@ion=CZ>.
33. *Sodium lauroyl glutamate* [online]. [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: [https://www.chemicalbook.com/ProductChemicalPropertiesCB4966135\\_EN.htm](https://www.chemicalbook.com/ProductChemicalPropertiesCB4966135_EN.htm).



34. *Natriumcocoylisethionat Strukturformel* [online]. [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Natriumcocoylisethionat\\_Strukturformel.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Natriumcocoylisethionat_Strukturformel.svg).
35. *Sodium-N-Methyl-N-Oleyl taurate* [online]. [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: [https://www.chemicalbook.com/ProductChemicalPropertiesCB5506350\\_EN.htm](https://www.chemicalbook.com/ProductChemicalPropertiesCB5506350_EN.htm).
36. *Disodium Laureth Sulfosuccinate* [online]. [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: [https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty\\_EN\\_CB32130483.htm](https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB32130483.htm).
37. KJELLIN, M. a I. A. JOHANSSON. *Surfactants from Renewable Resources*. 2010. ISBN 978-0-470-76041-3.
38. *Lauryl Glucoside* [online]. [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: [https://www.chemicalbook.com/ProductChemicalPropertiescb2965619\\_EN.htm](https://www.chemicalbook.com/ProductChemicalPropertiescb2965619_EN.htm).
39. *Atoderm Sprchový gel* [online]. [cit. 2020-04-16]. Dostupné z: <https://www.bio-derma-cz.com/nase-produkty/atoderm/sprchovy-gel>.
40. *Pěna na mytí* [online]. [cit. 2020-04-16]. Dostupné z: <https://www.hipp.cz/kosmetika/produkty/nejlepsi-zabava-pri-koupani/nejlepsi-zabava-pri-koupani/pena-na-myti/>.
41. *LR Aloe Vera Baby Jemná Mycí Emulze a Šampon 250 ml* [online]. [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: <https://www.aloecosmetics.cz/aloe-vera-baby-jemna-myci-emulze-a-sampon/>.
42. *Protecting Shampoo* [online]. [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: [https://www.dotterra.com/GB/en\\_GB/p/haircare-salon-essentials-protecting-shampoo](https://www.dotterra.com/GB/en_GB/p/haircare-salon-essentials-protecting-shampoo).
43. *Šampon na barevné vlasy* [online]. [cit. 2020-04-16]. Dostupné z: [https://www.yves-rocher.cz/sampon\\_na\\_barvene\\_vlasy\\_1](https://www.yves-rocher.cz/sampon_na_barvene_vlasy_1).
44. *Kids foam bath* [online]. [cit. 2020-04-16]. Dostupné z: <https://www.lo-gona.de/en/product/kids-foam-bath.html>.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

ACD	Alergická kontaktní dermatitida
AD	Atopická dermatitida
AES	Alkyl ether sulfát
APG	Alkylpolyglykosid
CAC	Kritická agregační koncentrace
CAPB	Cocamidopropyl betain
CMC	Kritická micelární koncentrace
CPP	Kritický agregační parametr
DMAPA	Dimethylaminopropylamin
EOs	Ethoxylovaná skupina
HMP	Hydrofobně modifikovaný polymer
ICD	Dráždivá kontaktní dermatitida
MAP	Monoalkylfosfát
MK	Mastná kyselina
Mw	Molekulová hmotnost
NaCl	Chlorid sodný
PAL	Povrchově aktivní látka
SC	Stratum corneum
SCI	Cocoyl isethionát sodný
SDS	Dodecylsulfát sodný
SL	Laurát sodný
SLES	Sodium lauryl ether sulfát
TEWL	Transepidermální ztráta vody
TNF	Faktor nádorové nekrózy

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 a) molekuly tenzidu ve vodném roztoku koncentrující se na rozhraní vzduch-voda s hydrofobní částí orientovanou na stranu vzduchu, b) zvýšení koncentrace tenzidu, molekuly tenzidu pronikají do roztoku, c) hydrofobní části tenzidu vzájemně interagují a vytvářejí micely [1, s. 244] .....	10
Obrázek 2 Změna viskozity ve vodných roztocích tenzidu v důsledku změn tvaru a velikosti micel [1, s. 245] .....	13
Obrázek 3 Klinický vzhled pokožky obličeje před (vlevo) a po (vpravo) umytí 5% roztokem mýdlového tenzidu [18, s. 429] .....	21
Obrázek 4 Speciálně konstruovaný přístroj pro cirkulační metodu [19, s. 480] .....	22
Obrázek 5 Rozpustnost zeinu v 5% roztocích různých PAL [3, s. 180] .....	24
Obrázek 6 Struktury micel v roztocích tenzidů: A – roztok stejných anionických PAL, B – roztok anionických a kationických PAL, C – roztok anionických a neionických PAL, D – roztok dvou různých anionických PAL, E – roztok anionických a amfoterních PAL [1, s. 251] .....	26
Obrázek 7 Schématické znázornění interakce mezi polymerem a tenzidem ve vodném roztoku [1, s. 252] .....	28
Obrázek 8 Hodnocení testovaného a komerčního čistícího přípravku na obličej po 1. a 3. týdnu používání [23, s. 317] .....	30
Obrázek 9 Sodium lauryl ether sulfát [27] .....	32
Obrázek 10 Cocamidopropyl betain [29] .....	33
Obrázek 11 Chronický ekzém na očním víčku po aplikaci kosmetiky s obsahem CAPB [30, s. 823] .....	33
Obrázek 12 Lauroyl sarkosinát sodný [32] .....	34
Obrázek 13 Lauroyl glutamát sodný [33] .....	35
Obrázek 14 Cocoyl isethionát sodný [34] .....	36
Obrázek 15 Methyl oleoyl taurát sodný [35] .....	36
Obrázek 16 Lauret sulfosukcinát disodný [36] .....	37
Obrázek 17 Lauryl glukosid [38] .....	38

---

Obrázek 18 Jemný sprchový gel Bioderma [39] .....	39
Obrázek 19 Pěna na mytí pro děti Hipp [40] .....	40
Obrázek 20 Dětský šampon na vlasy Aloe Via [41] .....	41
Obrázek 21 Šampon na vlasy doTERRA [42] .....	42
Obrázek 22 Šampon na vlasy Yves Rocher [43] .....	43
Obrázek 23 Pěna do koupele pro děti Logona [44] .....	44