

Polymery v kosmetických přípravcích

Michaela Brychtová

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: **Michaela BRYCHTOVÁ**
Osobní číslo: **T09035**
Studijní program: **B 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie výroby tuků, kosmetiky a detergentů**

Téma práce: **Polymery v kosmetických přípravcích**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Využití polymerů jako kosmetických ingrediencí.
2. Viskozita systémů polymer–tenzid jako míra interakce obou složek.

II. Praktická část

1. Měření viskozitní změny v systémech želatina B–tenzid.
2. Vyhodnocení získaných výsledků.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

LOCHHEAD, R. Y. The role of polymers in cosmetics: Recent trends, Cosmetic nanotechnology, Chapter 1, pp. 3-56: ACS Symposium series, vol. 961, 2007.
ISO 1628-1:2009 (E). Plastics - Determination of the viscosity of polymers in dilute solution using capillary viscometers - Part 1: General principles. 3. edition. 2009-02-01.
POUHLÝ, J. Fyzikální chemie makromolekulárních a koloidních soustav. VŠCHT Praha, 2008.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jiří Krejčí, CSc.

Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Datum zadání bakalářské práce:

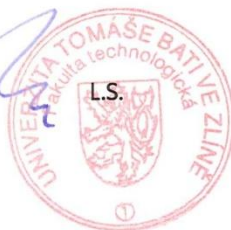
24. února 2012

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: BRYCHTOVÁ MICHAELA

Obor: CHTP - 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 obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu 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

Brychtová M.

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 nevydělčně 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 vzdělávacího zařízení (školní dílo).*

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

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

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

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

ABSTRAKT

V teoretické části této bakalářské práce je podán přehled o základních charakteristikách polymerů a jejich využití v kosmetice. Experimentální část se zabývá viskozimetrickým sledováním interakce želatiny B s ionickým tenzidem lauryl sarkozinátem sodným (SDSa), neionickým tenzidem Igepal CA 720 a jejich směsí v poměru 7 : 3. Měření byla prováděna ve zředovacím Ubbelohdeho viskozimetru, při 40 °C a pH 5,8. Výraznější interakce byla zjištěna u roztoků SDSa, zatímco neionický tenzid nevykazoval prakticky žádnou agregaci se želatinou a při vyšších koncentracích způsoboval vypadávání želatiny z roztoku.

Klíčová slova: želatina, tenzid, lauryl sarkozinát sodný, Igepal CA 720, interakce, viskozimetrie

ABSTRACT

In theoretical part of this work you can find summary of basic characteristics of polymers and their usage in cosmetics. Experimental part is focused on viscosimetric monitoring of gelatin B interacting with ionic tenzid sodium lauroyl sarcosinate (SDSa), nonionic tenzid Igepal CA 720 and their mixture in ratio 7 : 3. Measurements were done in Ubbelohdes viscosimeter, in 40 °C and pH 5,8. Considerable interaction was found with solution SDSa, while nonionic tenzid haven't shown any aggregation with gelatin and in higher concentrations made gelatin precipitate out of solution.

Keywords: gelatin, surfactant, sodium lauroyl sarcosinate, Igepal CA 720, interaction, viscosimetry

Na tomto místě bych ráda poděkovala panu inženýru Jiřímu Krejčímu, CSc. za odborné rady, cenné připomínky, pomoc a trpělivost při psaní mé bakalářské práce.

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

Ve Zlíně

.....

Podpis

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 POLYMERY	11
1.1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY POLYMERŮ	11
1.1.1 Molekulová hmotnost.....	11
1.1.2 Uspořádání makromolekulárních řetězců.....	13
1.1.2.1 Konstituce polymerů.....	13
1.1.2.2 Konformace polymerů	14
1.1.2.3 Konfigurace polymerů	14
1.2 SYNTÉZA POLYMERŮ	15
1.2.1 Řetězová polymerace	15
1.2.2 Polyadice	15
1.2.3 Polykondenzace.....	16
1.3 DĚLENÍ POLYMERŮ.....	16
1.3.1 Dělení z hlediska elektrického náboje.....	17
1.3.1.1 Polymery bez náboje (neionické polymery).....	17
1.3.1.2 Polymery s nábojem (polyelektrolyty)	17
1.3.2 Dělení dle původu	17
1.3.2.1 Syntetické polymery	17
1.3.2.2 Biopolymery	18
2 POLYMERY JAKO KOSMETICKÉ INGREDIENCE	19
2.1 FILMOTVORNÉ POLYMERY.....	19
2.2 MODIFIKÁTORY VIZKOZITY	20
2.3 KONDICIONÉRY	21
2.4 STABILIZÁTORY PĚNY	22
2.5 HUMEKTANTY	22
2.6 POLYMERNÍ PRÁŠKY.....	23
2.7 SLOŽENÍ VYBRANÝCH KOSMETICKÝCH PŘÍPRAVKŮ.....	23
3 MOŽNOSTI INTERAKCÍ POLYMERU S JINÝMI PŘÍŠADAMI	25
3.1 ROZTOKY POLYMERŮ	25
3.1.1 Roztoky neionických polymerů	25
3.1.2 Roztoky polyelektrolytů.....	25
3.2 TENZIDY.....	26
3.2.1 Laurylsarkozinát sodný	27
3.3 INTERAKCE POLYMERŮ S TENZIDY	28
3.3.1 Metody sledování interakcí polymer-tenzid.....	30
3.3.1.1 Viskozimetrie.....	30
3.4 VISKOZIMETRICKÉ STUDIE INTERAKCE POLYMER-TENZID	33
3.4.1 Interakce želatina-tenzid	34
II PRAKTICKÁ ČÁST	38
4 POUŽITÉ CHEMIKÁLIE, ZAŘÍZENÍ A POSTUPY	39

4.1	POUŽITÉ CHEMIKÁLIE.....	39
4.2	POMŮCKY A PŘÍSTROJE.....	39
4.3	POUŽITÉ LABORATORNÍ POSTUPY	39
4.3.1	Charakteristika použitých chemikálií.....	39
4.3.1.1	Laurylsarkozinát sodný (sodium lauroyl sarcosinate – SDSa)	39
4.3.1.2	Igepal CA 720.....	40
4.3.1.3	Želatina B.....	40
4.3.2	Příprava zásobních roztoků	40
4.3.2.1	Želatina	40
4.3.2.2	Laurylsarkozinát sodný.....	41
4.3.2.3	Igepal CA 720.....	41
4.3.3	Příprava pracovních roztoků	41
4.3.3.1	Želatina	41
4.3.3.2	Laurylsarkozinát sodný.....	42
4.3.3.3	Igepal CA 720.....	42
4.3.3.4	Směs tenzidů	42
4.3.4	Stanovení izoelektrického bodu želatiny	42
4.3.5	Stanovení hustoty	43
4.3.6	Viskozimetrické sledování interakcí	43
4.3.6.1	Výpočty.....	44
5	VÝSLEDKY A DISKUSE	45
5.1	INTERAKCE ŽELATINA-SDSA	45
5.2	INTERAKCE ŽELATINA-IGEPAL.....	46
5.3	INTERAKCE ŽELATINA-SMĚS SDSa/IGEPAL.....	47
5.4	NÁVRHY NA DALŠÍ SLEDOVÁNÍ INTERAKCÍ SDSa S POLYMERY	48
	ZÁVĚR	49
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	50
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	54
	SEZNAM OBRÁZKŮ	55
	SEZNAM TABULEK.....	56

ÚVOD

Kosmetický průmysl je bezpochyby jedním z nejrychleji se rozvíjejících odvětví, jehož růst nebyl zpomalen ani celosvětovou krizí. Důvodem pro to je fakt, že v dnešní době jsou kosmetické prostředky každodenní potřebou civilizovaného člověka. Kosmetické receptury obsahují širokou škálu ingrediencí. Jednou z nejvíce zastoupených skupin, vedle tenzidů a látek lipidní povahy, jsou polymery. Polymery mohou v kosmetice zastávat mnoho funkcí zároveň. Lze je použít především jako modifikátory viskozity, kondicionéry, stabilizátory fyzikálních vlastností apod.

Jak již bylo řečeno, velmi často se polymery v kosmetických prostředcích setkávají s tenzidy. Vzhledem k tomu, že tyto dvě skupiny spolu mohou reagovat, je nutno studovat interakce mezi nimi. Sledování těchto interakcí započalo v 80. letech minulého století a dodnes není mnohé objasněno.

Cílem práce bylo jednak popsat nejběžnější polymery používané ve výrobě kosmetických přípravků, jejich funkce a uvést rámcová složení některých kosmetických prostředků. V experimentální části bylo podrobněji zkoumáno chování lauryl sarkozinátu sodného a jeho směsi se zástupcem neionických tenzidů Igepalem CA 720 ve vodě a v přítomnosti vodných roztoků želatiny B na různých koncentračních hladinách. Byla ověřena vhodnost využití kapilární viskozimetrie pro sledování interakcí.

I. TEORETICKÁ ČÁST

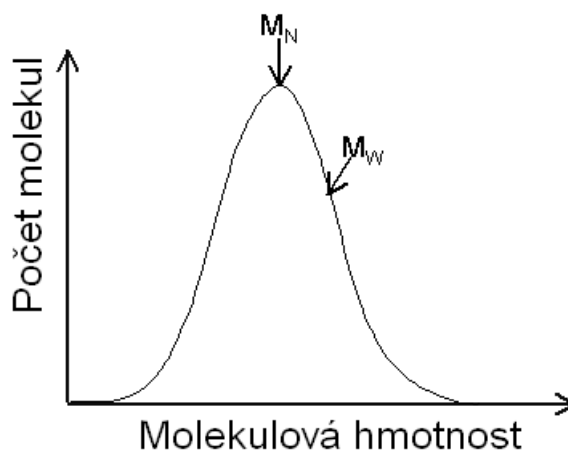
1 POLYMERY

Polymery jsou makromolekulární látky s velmi vysokou relativní molekulovou hmotností. Tyto látky jsou složeny z opakujících se atomů nebo skupin (konstitučních jednotek) v tak velkém počtu, že existuje řada vlastností, které se zdatelně nezmění přidáním nebo odstraněním jedné nebo několika konstitučních jednotek. [1] Nízkomolekulární látky, které jsou schopny tvořit řetězce polymeru, se nazývají **monomery**. Z molekuly monomeru se jejím zabudováním do molekuly polymeru stane základní stavební částice makromolekulárního řetězce nazývaná **mer**. [2]

1.1 Základní charakteristiky polymerů

1.1.1 Molekulová hmotnost

Nízkomolekulární látky jsou charakterizovány relativní molekulovou hmotností M_r . Relativní molekulová hmotnost je bezrozměrná veličina, která udává poměr střední hmotnosti částice k jedné dvanáctině hmotnosti atomu izotopu ^{12}C . [3] Polymerům nelze přisoudit jednu určitou hodnotu molekulární hmotnosti. Důvodem pro to je fakt, že polymerní řetězce jedné látky, např. polystyrenu, mají obvykle různý počet merů. Z toho vyplývá, že polymery jsou ve většině případů látkami polydisperzními, tzn. molekuly jednoho polymeru mají různou velikost, tedy i molekulovou hmotnost. Distribuci molekulových hmotností znázorňuje tzv. distribuční křivka (obr. 1), kterou je nutno určit experimentálně frakcionálními metodami.



Obrázek 1 – Distribuční křivka relativních molekulových hmotností

Z této distribuce je možné zjistit **střední molekulovou hmotnost** \bar{M} . Jednotlivé metody stanovení molekulových hmotností polymerů udávají různé střední hodnoty v závislosti na tom, která experimentální metoda je pro stanovení použita. Měřením koligativních vlastností látky (např. osmometrie, kryoskopie, ebullioskopie) je stanovena **číselně střední relativní molekulová hmotnost** \bar{M}_n . Je to celková hmotnost všech makromolekul ve vzorku dělená celkovým počtem makromolekul ve vzorku. \bar{M}_n lze vypočítat dle vztahu:

$$\bar{M}_n = \frac{\sum w_i}{\sum N_i} = \frac{\sum N_i M_i}{\sum N_i} = \sum x_i M_i \quad (1)$$

kde w_i je hmotnostní zlomek částic o molekulové hmotnosti M_i , N_i je počet těchto molekul a x_i je molární zlomek polymeru o relativní molekulové hmotnosti M_i .

Jestliže je molekulová hmotnost získávána metodami, které měří veličiny úměrné hmotnosti nebo objemu částic (např. měření rozptylu světla v roztoku polymeru) výsledkem je **hmotnostně střední relativní molekulová hmotnost** \bar{M}_w . Je založena na skutečnosti, že větší molekuly více ovlivňují celkovou molekulovou hmotnost vzorku, než molekuly menší. Pro \bar{M}_w platí vztah:

$$\bar{M}_w = \frac{\sum w_i M_i}{\sum w_i} = \frac{\sum N_i M_i^2}{\sum N_i M_i} = \sum w_i M_i \quad (2)$$

Poměr \bar{M}_w/\bar{M}_n se označuje jako **stupeň polydisperzity**, který vyjadřuje šíři distribuce molekulových hmotností. Čím více se \bar{M}_w liší od \bar{M}_n , tím je polymer více polydisperzní. [3]

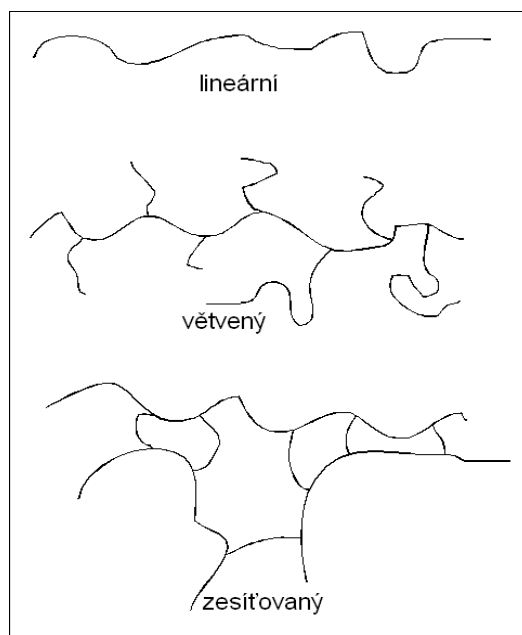
Další charakteristickou veličinou pro polymerní látky je **střední polymerační stupeň** \bar{P} , který udává počet merů zabudovaných v makromolekule. Opět se mohou jeho hodnoty různit. Číselně střední polymerační stupeň \bar{P}_n lze vypočítat dle vztahu:

$$\bar{P}_n = \frac{\bar{M}_n}{M_o} \quad (3)$$

kde M_o je relativní molekulová hmotnost jednoho monomeru.

Pro hmotnostně střední polymerační stupeň \bar{P}_w platí vztah:

$$\bar{P}_w = \frac{\bar{M}_w}{M_o} \quad (4)$$



Obrázek 3 – Prostorová stavba řetězce

1.1.2.2 Konformace polymerů

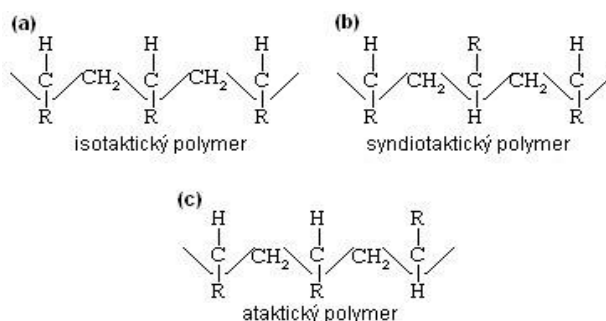
Pro popis prostorového tvaru molekul polymerů slouží pojmy konfigurace a konformace. Konformace, oproti rigidním konfiguracím, souvisí s volnou otáčivostí atomů kolem jednoduché vazby. V případě polymerů jsou konformační izomery jakýmsi energeticky výhodným stavem, který makromolekulární řetězec zaujímá, nelze je tedy chápat jako konstituční izomery. Jedná se neustále o jedno chemické individuum, které se snaží dosáhnout maximální entropie, tzn. zaujmout co nejpravděpodobnější konformaci. Konformace přecházejí plynule jedna v druhou, jsou navzájem v rovnováze a nelze je od sebe trvale izolovat. Důsledkem toho je, že z lineární makromolekuly vzniká postupně složitý klubkovitý útvar, který se neustále mění. [3]

1.1.2.3 Konfigurace polymerů

Konfigurace znamená rigidní prostorové rozložení atomů a jejich skupin v prostoru. Změna konfigurace molekuly není možná bez toho, aniž by byla porušena některá z existujících chemických vazeb. Příkladem konfigurace je cis- a trans- konfigurace sloučenin s dvojnou vazbou. [3] Látky, které mají stejný sumární vzorec, ale liší se konfigurací, nazýváme izomery.

Obsahuje-li molekula asymetrické atomy, to znamená, že z jednoho atomu nevycházejí ani dvě shodné chemické vazby, dochází k takzvané stereoizomerii (takticitě). [2] Molekuly

lišící se takticitou se nazývají stereoizomery. Pokud dojde při spojování řetězce k pravidelnému řazení stereoizomerů, vznikají polymery **taktické**. Pokud je jejich řazení v řetězci náhodné, vzniká polymer **ataktický**. Taktické polymery se dělí dále na isotaktické a syndiotaktické. V isotaktickém polymeru mají všechna asymetrická centra stejnou konfiguraci. V syndiotaktickém řetězci se konfigurace pravidelně střídají, viz obr. 4. [3]



Obrázek 4 – Tacticita polymerních řetězců

1.2 Syntéza polymerů

Reakce, které spojují molekuly monomerů ve vysokomolekulární řetězce, se označují jako polyreakce. Podle reakčního mechanismu dochází ke třem základním chemickým reakcím. Jsou to: řetězová polymerace, polyadice a polykondenzace.

1.2.1 Řetězová polymerace

Řetězová polymerace je chemická reakce, při které dochází ke spojování velkého počtu kratších nenasyčených monomerů do dlouhých polymerních řetězců, bez tvorby vedlejších produktů. Principem reakce je postupná mnohonásobná adice molekul monomeru na růstová centra. [4] Z toho vyplývá, že tento typ reakcí je podmíněn schopností monomeru poskytnout své násobné vazby. Pro řetězovou polymeraci jsou tedy vhodné olefiny, konjugované dieny, vinylové a vinylidenové sloučeniny, estery kyseliny akrylové a metakrylové. Vhodné jsou také monomery podílející se na reakci svou karbonylovou skupinou jako např. formaldehyd. Z cyklických uhlovodíků polymerizují především cykloalkeny. [5]

Polymerace se skládá ze tří dějů – iniciace (počátek), propagace (nárůst) a terminace (skončení). Její rychlost je dána rychlostmi jednotlivých dějů. [2]

1.2.2 Polyadice

Polyadice je stupňovitá reakce, při které rovněž nedochází k odštěpování vedlejšího produktu [4]. Reagují zde dva různé monomery s odlišnými funkčními skupinami. Při reakci

funkčních skupin monomerů je charakteristický přesun atomu vodíku jedné funkční skupiny na heteroatom druhé funkční skupiny. Výsledné složení sloučeniny je pak shodné s výchozím složením směsi. [5] Na rozdíl od polykondenzací, mají polyadice menší praktický význam. Slouží především k syntéze polyuretanů a epoxidových pryskyřic.

1.2.3 Polykondenzace

Polykondenzace je stejně jako polyadice stupňovitou reakcí, při níž ale vzniká ze dvou monomerů polymer a nízkomolekulární látka jako vedlejší produkt (většinou voda). Na rozdíl od řetězových polyreakcí a polyadící má výsledný produkt polykondenzace odlišné chemické složení od nízkomolekulárních látek, ze kterých byl syntetizován. [2] Podmínkou polykondenzace je, aby každá z výchozích sloučenin měla nejméně dvě funkční skupiny [2]. Pokud se reakce účastní dvojfunkční monomery, pak vznikají makromolekuly s lineární strukturou. Polykondenzací troj- a vícefunkčních monomerů vznikají polymery se strukturou vícerozměrné sítě. V případě reakce dvojfunkčního a vícefunkčního monomeru rozhodují o síťované nebo jen větvené struktuře výsledného produktu jejich koncentrace. [5]

Polykondenzací je syntetizována řada velmi významných průmyslově vyráběných polymerů jako například: polyestery, polyamidy, polyimidy a polysiloxany.

1.3 Dělení polymerů

Polymery lze dělit z několika různých hledisek:

1. dle počtu různých monomerů v řetězci – homopolymery, kopolymery
2. dle prostorové stavby makromolekuly – lineární, rozvětvené, zesíťované
3. dle náboje – neionické polymery, polyelektrolyty
4. dle původu – přírodní, syntetické

Uspořádání řetězců a prostorová stavba makromolekul je popsána v kapitole 1.1. Nyní bude popsáno rozdělení polymerů dle elektrického náboje a dle původu.

1.3.1 Dělení z hlediska elektrického náboje

1.3.1.1 Polymery bez náboje (neionické polymery)

Neionické polymery jsou makromolekulární látky, jejichž polymerní řetězce nenesou žádné funkční skupiny, nebo nesou skupiny, které nejsou schopné elektrolytické disociace. V praxi se neionické polymery označují pouze termínem polymery.

1.3.1.2 Polymery s nábojem (polyelektrolyty)

Polyelektrolyt je makromolekulární látka, jejíž mery obsahují funkční skupiny schopné disociovat. [7] Polyelektrolyt se tedy skládá z polyiontu (makroiont) a příslušného množství malých iontů opačného náboje, zvaných protiionty. Na rozdíl od jednoduchých elektrolytů, jako je například chlorid sodný, disociuje polyelektrolyt na ionty odlišné jak velikostně, tak molární hmotností a nábojem. Polyelektrolyty jsou vzhledem k iontové povaze rozpustné ve vodě a vodných roztocích. Skupina polyelektrolytů je velmi rozmanitá, přesto mají tyto látky několik společných rysů:

- a) Jsou podmnožinou makromolekulárních látek. Oproti ostatním makromolekulárním látkám mají však disociovatelné funkční skupiny.
- b) Jejich roztoky jsou značně viskózní, což je charakteristické pro polymery obecně. Je to v důsledku vysokého polymeračního stupně a tedy i vysoké molární hmotnosti.
- c) Jejich vodné roztoky jsou značně vodivé, což je typické také pro nízkomolekulární elektrolyty.
- d) Polyelektrolyty vykazují elektroforetickou pohyblivost, která je nezávislá na polymeračním stupni
- e) Ve srovnání s neionickými polymery se v roztocích chovají anomálně a proto pro jejich popis většinou není možné využít modely a řešení odvozená pro ideální roztoky polymerů. [6]

1.3.2 Dělení dle původu

1.3.2.1 Syntetické polymery

Syntetické polymery se v přírodě nevyskytují. Vznikají chemickými syntézami v průmyslových výrobcích. Podle jejich vlastností je lze rozdělit na elastomery a plasty.

Elastomer je již podle názvu vysoce pružná látka, kterou lze za běžných podmínek malou silou deformovat, přičemž deformace je převážně vratná. Nejvýznamnějšími zástupci elastomerů jsou kaučuky.

Plasty jsou za běžných podmínek tvrdé a většinou křehké látky, které nelze ohýbat. Plasty se dělí na dvě podskupiny **termoplasty** a **reaktoplasty**. Při zvýšené teplotě se stávají obě skupiny tvarovatelnými. Pokud je změna z plastického stavu do tuhého a naopak vratná, jedná se o termoplasty. U reaktoplastů dochází k nevratné změně v důsledku proběhlé chemické reakce. [2]

1.3.2.2 Biopolymery

Biopolymery jsou základem živé hmoty. Život je založen na tvorbě, odbourávání a přeměnách makromolekulárních látek. Pro biochemické procesy je typické, že probíhají za normálních teplot a s vysokou strukturální uspořádaností vzniklých polymerů, což je způsobeno především velkou specificitou enzymů, které tyto bioreakce katalyzují. V porovnání s technickými polyreakcemi probíhají tyto reakce velmi pomalu. Biopolymery vznikají výhradně polykondenzací. Biopolymery se dělí podle jejich základních funkčních skupin na bílkoviny, polysacharidy, polynukleotidy, polypreny a lignin. [3]

2 POLYMERY JAKO KOSMETICKÉ INGREDIENCE

Polymery mají v kosmetických prostředcích velké zastoupení. Nejrůznější polymery jsou v kosmetice využívány jako:

- filmotvorné látky ve fixačních přípravcích na vlasy, řasenkách, lacích na nehty a v odolné dekorativní kosmetice
- zahušťovadla, modifikátory reologických vlastností, gelotvorné látky, stabilizátory emulzí
- emulgátory v kosmetických mlécích, opalovacích krémech a barvivech na vlasy
- moisturizery kůže, vlasové kondicionéry
- emolienty zajišťující lepší vtíratelnost do pokožky
- dispergátory pigmentů
- látky zajišťující voděodolnost opalovacích prostředků a make-upů
- matrix pro kontrolované uvolňování a absorpci olejů [8]

2.1 Filmotvorné polymery

Filmotvorné polymery lze rozdělit na dvě skupiny dle rozpustnosti: ve vodě rozpustné a v alkoholu rozpustné. Polymery se schopností tvořit film jsou nejčastěji součástí fixačních přípravků na vlasy. [9] Zde jsou využívány k docílení setrvání vlasu v požadovaném tvaru. Na vlastnosti a aplikaci vlasových fixačních prostředků je kladeno mnoho požadavků. Mezi nejdůležitější patří vysoká odolnost fixovaného účesu, snadná aplikace prostředku na vlhké vlasy, snadné rozčesávání, rychlé zasychání, zvětšení objemu a lesku vlasů, tvorba nehydrokopického a nelepivého filmu, který je dobře odstranitelný šamponem. Vlasová fixace by měla být dosažena velmi malým množstvím polymeru aplikovaným prostřednictvím aerosolového spreje, mechanického rozprašovače, gelu nebo pěny.[8] Dále je vlastností filmotvorných polymerů využíváno v pleťových maskách, řasenkách, tekutých očních linkách, lacích na nehty, olejích ke slunění a v tekutých podkladových přípravcích, kde je zapotřebí dlouhotrvající efekt a odolnost proti otěru.

Jedním ze zástupců této skupiny je v polárních rozpouštědlech rozpustný **polyvinylpyrrolidon (PVP)**. Pro své filmotvorné vlastnosti a vysokou afinitu k vlasu je využíván především v prostředcích pro péči o vlasy. Dodává vlasu lesk a je dobrým stabilizátorem pěny v šamponech.

Polyvinylalkohol je ve vodě rozpustný syntetický polymer. Bývá základem slupovacích obličejových masek. Po odpaření vody z vodného roztoku polymeru se vytvoří na pokožce film, který lze lehce sloupnout.

Dalším typickým filmogenním polymerem je **nitrocelulóza**. Díky své schopnosti vytvářet ve vodě nerozpustný tvrdý film je jednou ze základních ingrediencí laků na nehty. [9] Její velkou výhodou je, že se výborně mísí s barevnými pigmenty za vzniku jasných živých barev. Hlavní nevýhodou filmu tvořeného nitrocelulózou je, že nemá vysoký lesk, je křehký a vykazuje slabou adhezi k povrchu nehtu. [10]

Polydimethylsiloxan zvaný též dimetikon patří do skupiny silikonových olejů, je silně hydrofobní. Lze ho najít především jako kondičiační ingredienci v přípravcích pro péči o vlasy. Uhlazuje strukturu vlasů, které jsou po použití hebké a lze je lehce rozčesat. [8]

2.2 Modifikátory viskozity

Reologické vlastnosti jsou velmi důležitým a hlídaným parametrem každého kosmetického prostředku. Primárním zájmem při výrobě kosmetiky je co nejvyšší stabilita při skladování. Přidáním modifikátorů reologických vlastností lze předcházet sedimentaci pevných částic kosmetických suspenzí, koalescenci emulzí a v neposlední řadě hroucení pěn. [11] Dalším neméně důležitým důvodem pro úpravu reologických vlastností je zajištění co nejsnazší manipulace s kosmetickým prostředkem jak pro výrobce, tak pro spotřebitele a to s ohledem na konstrukci obalu finálního výrobku a aplikaci kosmetického prostředku na pokožku. Zahušťovadla lze najít v široké škále kosmetických prostředků. Lze je rozdělit podle původu na přírodní a syntetické.

Mezi přírodní zahušťovadla patří například **xanthanová guma**. Patří mezi polysacharidy a je získávána fermentací glukózy bakterií *Xanthomonas campestris*. Předností tohoto polymeru jsou jeho užité vlastnosti v široké oblasti pH a jeho vysoká stabilita vůči teplotě. [9] Díky jedinečným vlastnostem jeho vodních roztoků je využíván jako stabilizátor emulzí, suspenzí i pěn. Nejčastěji ho lze najít v potravinářství ale také v kosmetice, nejvíce v zubních pastách [12], zvláště v produktech s nízkou abrazivitou a zvlhčujícím efektem. [13]

Dalšími využívanými polysacharidy jsou kappa a iota **karagenany**. [11] Jsou to ve vodě rozpustné koloidy, které po uschnutí tvoří sypký prášek. V kosmetice je lze nalézt napří-

klad v zubních pastách, krémech a lotionech kde plní funkci emulzifikátorů, stabilizátorů, zahušťovadel a gelotvorných činidel. [14]

Přechod mezi přírodními a syntetickými modifikátory viskozity na bázi polysacharidů tvoří **karboxymethylcelulóza**. K dostání je především její sodná sůl. [11]

V dnešní době v kosmetice převažují syntetická polymerní zahušťovadla. Jedním ze zástupců jsou takzvané **karbomery**. Jejich základem je síťovaná kyselina polyakrylová. Karbomery jsou velmi účinnými gelotvornými prostředky, proto jsou jednou z hlavních přísad například ve vlasových a pleťových gelech a zubních pastách. Výhodou je, že tvoří průhledný nezakalený gel. [13]

2.3 Kondicionéry

V dnešní době existují na trhu jak kondicionéry oplachové tak i neoplachové. Jejich formy bývají různé od hustých neprůhledných krémů po čiré gelové spreje. Na tyto kosmetické přípravky jsou kladeny velké nároky. Musí být dobře opláchnutelné, vlasy nesmí být po použití přípravku zplihlé a zmaštěné. Kvalitní kondicionér by měl zlepšit rozčesávání mokrých i suchých vlasů, měl by omezit elektrizování vlasů, dodat jim objem, hebkost a lesk. Navíc by měl uhlazovat poškozený vlasový povrch a například zlepšovat výdrž vln. [13]

Hlavní roli v recepturách kondičiačních vlasových přípravků hrají kationické polymery, jejichž základem jsou kvartetní aminy. Díky jejich kladnému náboji se velmi dobře váží na vlas a jsou schopny neutralizovat záporný náboj šamponu, který způsobuje elektrizování vlasů. Velmi používané jsou například **Polyquaternium 10** (kvaternizovaná hydroxyethylcelulóza), **Polyquaternium 6** (homopolymer polydiallyldimethylamonium chlorid) nebo **Polyquaternium 7**, což je kopolymer polydiallyldimethylamonium chloridu a akrylamidu. Polyquaternium 6, Polyquaternium 7 a Polyquaternium 39 jsou přidávány do přípravků pro narovnávání vlasů, aby zmírnily jejich destruktivní účinky na vlas. [8]

Další velmi rozšířenou skupinu polymerů s kondičiačními účinky jsou silikony. Vlasové šampony jsou většinou na bázi anionických surfaktantů. Jako kondičiační složky tedy nelze použít kationické polymery. V takovém případě mohou sloužit právě silikony, například **divinyldimethicone/dimethicone** kopolymer. [8]

Různé typy silikonů nachází uplatnění v širokém spektru výrobků, jako jsou již zmíněné šampony, vlasové spreje, gely, pěny apod. Jeden z nejpoužívanějších silikonů je **dimethycon**, což je polydimethylsiloxan. Dále **dimethyconol** a **amodimethycon**. [11]

2.4 Stabilizátory pěny

Kromě vlasové kosmetiky se polymery využívají i v tělové oplachové kosmetice jako jsou mýdla, sprchové gely apod. Základem těchto přípravků jsou surfaktanty. Ty s dobrou pěnivostí a čistícím účinkem působí často na pokožku dráždivě, jemné tenzidy naopak často nejsou dobrými čistícími a málo pění. Přídavek polymerních stabilizátorů pěn umožňuje použít jemnější surfaktant. Stabilizátory bublin bývají nejčastěji kationické nebo zwitterionické polymery a proteiny. Například poly(dimethylaminoethylmethacrylate-*co*-dimethylacrylamide) a poly(dimethylaminoethylmethacrylate-*co*-acrylic acid). [8]

2.5 Humektanty

Některé polymery mají i zvlhčující a filmotvorné vlastnosti a tak v kosmetice plní funkci humektantů. Patří sem zejména přírodní makromolekulární látky glukosaminoglykany, jako je **kyselina hyaluronová**. Kyselina hyaluronová je součástí tkání lidského těla a biologických kapalin jako jsou sklicevce a kloubní tekutina. Kyselina hyaluronová je s vodou schopna tvořit vysoce viskózní roztok až viskoelastický gel. Její sodné soli (např. hyaluronan sodný) bývají často součástí kosmetických emulzí a gelů.

Poslední dobou jsou snahy o nahrazení kyseliny hyaluronové **chitosanem**. Ten se připravuje z chitinu nejčastěji z krunýřů raků a krevet. V kosmetice pro ošetření vlasové pokožky je využíván nejen jako humektant ale také jako emulzifikátor, antistatikum a emolient.

Glukosaminoglykany (GAG), kromě kyseliny hyaluronové, tvoří početnou skupinu přírodních polymerních humektantů. Tyto látky se přirozeně vyskytují v kůži a chrání ji před ztrátou vody. Ačkoliv se GAG v kosmetice vyskytují poměrně málo, nejvíce z nich je v kosmetice zastoupen chondroitin sulfát. Méně jsou pak zastoupeny dermatan sulfát, keratan sulfát, heparan sulfát a heparin. Tyto látky se objevují spíše ve výrobcích farmaceutického průmyslu.

Dalším přírodním polymerem přidávaným do kosmetických přípravků je **kolagen**. Tento polymer je bílkovinné povahy a hraje klíčovou roli ve stavbě kůže, šlach a dalších orgánů. Kolagenů v organismu existuje několik typů, všechny jsou nerozpustné ve vodě. V kosmetice bývají často složkou kosmetických vod a krémů zejména k ošetření pokožky a vlasů, ale také pleťových masek. K tomuto účelu slouží především hydrolyzáty kolagenu, které jsou rozpustné ve vodě.

Důležitým proteínem v kosmetice je také elastin. Rozlišuje se mezi nízkomolekulárním elastinem, který je schopen stimulovat biosyntézu elastinu v organismu, a vysokomolekulárním elastinem, který plní funkci hydratantu a ochrany před agresivním prostředím. [15]

2.6 Polymerní prášky

V dnešní době je mnoho možností, jakými lze kolorovat dekorativní kosmetiku. Kromě organických barviv, anorganických pigmentů a perletí se čím dál častěji používají ke kolorování polymerní prášky. Vyrábějí se polymerní prášky s různě velkými kulovitými nebo laminárními částicemi, které mají odlišné indexy lomu světla a jsou schopny odrážet celou škálu barev. Hlavními zástupci této skupiny jsou polymethylmetakrylát, polyethylenový prášek a nylonový prášek. Všechny zmíněné prášky se používají do make-upů, nylonový prášek pak zejména do podkladových bází, kde usnadňuje jejich roztíratelnost. Nízkohustotní polyethylenový prášek je rozpustný v tekutém parafínu a lze jej použít jako zahušťovadlo. Jemný PE prášek se střední a vysokou hustotou se přidává do make-upů, ale má i exfoliační účinky. [9]

2.7 Složení vybraných kosmetických přípravků

V této kapitole jsou uvedena rámcová složení vybraných kosmetických přípravků obsahujících polymery, které zde zastávají různé funkce. Informace byly čerpány z knihy *Handbook of Cosmetic Science and Technology* [11]. V mírně upravené formě jsou uvedeny v tabulkách 1, 2 a 3.

přísada	funkce	obsah
surfaktant	emulgátor	2 %
kationický polymer	kondicionér	0,5 – 1,5 %
estery mastných kyselin	emolient	0 – 3 %
karbomer	úprava viskozity	0 – 5 %
barvivo	-	q.s.
parfém	-	q.s.
konzervant	-	q.s.
voda	rozpuštědlo	do 100 %

Tabulka 1 – Rámcové složení vlasového kondicionéru

Pozn. q.s. (quantum satis) – množství dle potřeby

přísada	funkce	obsah
mírné anionické tenzidy (acylglutamát, SDSa)	primární tenzid	30 %
amfoterní tenzid (betaine)	sekundární tenzid	2 – 5 %
glycerol	humektant	do 10 %
karbomer, PVP	gelotvorné činidlo	0,5 – 1 %
parfém	-	q.s.
barvivo	-	q.s.
konzervant	-	q.s.
voda	rozpuštědlo	do 100 %

Tabulka 2 – Rámcové složení čistícího pleťového gelu

přísada	funkce	obsah
akrylátové kopolymery	filmotvorné činidlo	5 – 10 %
estery mastných kyselin	emolient	5 – 10 %
oxidy železa	pigment	10 – 20 %
hydroxyethylcelulóza, jíly	úprava textury	1 %
tenzid	smáčedlo, emulgátor	3 – 5 %
voda	rozpuštědlo	do 100 %

Tabulka 3 – Rámcové složení tekutých očních linek

3 MOŽNOSTI INTERAKCÍ POLYMERU S JINÝMI PŘÍŠADAMI

3.1 Roztoky polymerů

Rozpouštění makromolekulárních látek často předchází bobtnání. Je to jev, kdy dochází k pohlcování rozpouštědla pevnou látkou za současného zvětšování objemu. Koloidní roztoky mohou tvořit pouze lineární polymery a trojrozměrné polymery pouze ty, které mají omezenou velikost molekul, tj. globulární. Rozpustnost je dána polaritou makromolekuly. Polymery s polárními skupinami jsou tedy rozpustné v polárních rozpouštědlech a nepolární polymery v nepolárních rozpouštědlech. [7] Rychlost rozpouštění je závislá na polymeračním stupni. S rostoucím polymeračním stupněm je rozpouštění polymeru pomalejší. [3]

3.1.1 Roztoky neionických polymerů

Pro zředěné roztoky neionických polymerů, kde jsou jednotlivé molekuly daleko od sebe je typické vytváření tzv. makromolekulárních klubek. Míra svinutí klubek je závislá na afinitě polymeru k rozpouštědлу. Pokud je rozpouštědlo dobré, makromolekula se mu snaží vystavit své řetězce co nejvíce, klubko tedy zaujímá větší objem. Naopak menší objem klubko zaujímá ve špatném rozpouštědle, kdy převažují kontakty jednotlivých částí makromolekul nad interakcemi s molekulami rozpouštědla.

V koncentrovaných roztocích jsou molekuly blízko u sebe, dochází mezi nimi ke kontaktům a mohou se vytvářet trvalejší spojení, větvené asociační struktury až reverzibilní gely. [7]

3.1.2 Roztoky polyelektrolytů

Lineární nabitě polymery, které mají souhlasně nabitě skupiny v makromolekule, v roztoku vytvářejí napřimené struktury. Je to dáno odpuzováním souhlasných nábojů sousedních skupin.

Makromolekuly, které mají nesouhlasně nabitě skupiny (amfoterní makromolekuly), svinují své řetězce do útvarů v závislosti na střídání nábojů. Při pravidelném střídání může vzniknout například šroubovice.

Odpudivé elektrostatické síly jsou v obou případech mírně zeslabovány účinkem disociovaných protiiontů. [7]

3.2 Tenzidy

Tenzidy neboli surfaktanty jsou povrchově aktivní látky (PAL) zpravidla s lineární strukturou řetězce. V lineárním řetězci jsou v určitém poměru zastoupeny část hydrofobní a hydrofilní. Taková struktura se označuje jako amfipatická (amfifilní). [20] Díky amfipatické struktuře se molekuly PAL sorbují na fázové rozhraní, kde jsou schopné snižovat povrchové napětí nebo mezifázovou energii. [7]

Povrchově aktivní látky lze rozdělit dle schopnosti hydrofilní skupiny disociovat na ionické a neionické. Disociovatelné ionické tenzidy se dále dělí na anionické, kationické a amfoterní. Neionické tenzidy nejsou schopny disociace. [16] Nositelem povrchové aktivity u anionických tenzidů je záporný ion, u kationických kladný ion. U neionických PAL je hydrofilní skupina tvořena nejčastěji atomy O, N nebo S. Poslední skupinu tvoří amfoterní tenzidy. Ty mohou nést oba typy náboje a to v závislosti na prostředí, ve kterém se nacházejí.

Charakteristickým rysem PAL je tvorba částic koloidních rozměrů tzv. micel. Micely se začínají spontánně tvořit po dosažení určité koncentrace tenzidu v roztoku. [20] Tato koncentrace se označuje jako kritická micelární koncentrace (CMC). CMC je závislá na struktuře molekul, přítomnosti jiných látek v roztoku a na teplotě. [7] Teplota, kdy rozpustnost micelárního koloidu dosáhne kritické micelární koncentrace, se nazývá kritická micelární teplota neboli Krafftova teplota. Po dosažení Krafftovy teploty rozpustnost PAL v důsledku tvorby micel rapidně stoupá. [7] [20] Krafftův bod roste s rostoucím uhlíkatým řetězcem PAL. [20]

V důsledku existence micel vykazují roztoky povrchově aktivních látek charakteristické vlastnosti, jako je smáčivost, pěnivost, schopnost dispergace a deflokulace, emulgace, solubilizace a detergence.

Smáčivost tuhých povrchů je důležitou technickou vlastností PAL. Smáčení je otázkou kontaktního úhlu. [20] Jeho měření lze již v dnešní době vykonávat pomocí speciálních optických přístrojů a softwaru.

Pěnivost je další významnou sledovanou vlastností především v kosmetice. Pěny jsou vytvářeny našleháváním roztoků PAL, tedy vpravováním plynu do kapaliny. Poté je prováděno měření výšky pěny. Tato veličina je relativní a slouží ke srovnávacím měřením. [20]

Dispergace je schopnost tenzidů rozptýlit pevné látky v kapalině. Pevné částičky v kapalinách mají tendenci se shlukovat (flokulovat) nebo sedimentovat. Pokud je prováděna opětovná dispergace těchto agregátů, nazývá se deflokulace.

Schopnost surfaktantů tvořit a stabilizovat emulze je také významnou vlastností a v kosmetice velmi využívanou. Emulze jsou systémy dvou vzájemně nerozpustných kapalin, kdy je jedna kapalina dispergována v druhé kapalině. Jedna kapalina tvoří disperzní prostředí, druhá je v něm rozptýlena ve formě malých kapiček. [20] Emulgátor zde plní dvě funkce. Jednak snižuje mezifázové napětí, tím snižuje energii potřebou pro vytvoření kapiček. A jednak zabraňuje zániku kapek, tedy separaci emulze. [7]

Solubilizace je schopnost tenzidů převést do roztoku látky, které jsou za jiných okolností nerozpustné. Míra solubilizace závisí na koncentraci povrchově aktivní látky a v oblasti CMC výrazně roste. [20]

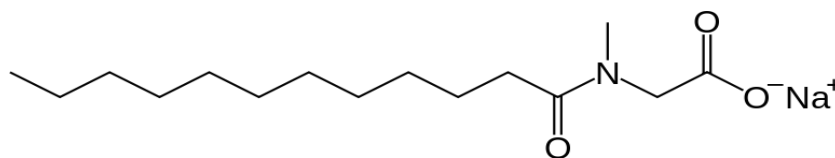
Se schopností PAL sorbovat se na pevný povrch a snižovat povrchové napětí, souvisí i schopnost detergence. Detergence je odstraňování nečistot z pevného povrchu a jejich převedení do roztoku [7]. Detergenční vlastnosti jsou ovlivněny charakterem čištěného povrchu a nečistotami, které mají být odstraněny. [20]

Vlastnosti tenzidů velmi souvisí s velikostí hydrofilní a hydrofobní části molekul. Míru vyváženosti vlivu charakterizuje tzv. hodnota HLB (hydrophobic-lipophobic balance). Tato hodnota rozhoduje i o dalším praktickém využití daného surfaktantu a o jeho rozpustnosti. [16]

3.2.1 Laurylsarkozinát sodný

Vzhledem k tomu, že v praktické části této práce bylo prováděno měření právě s použitím tohoto tenzidu, budou níže uvedeny jeho základní charakteristiky a význam v kosmetice.

Laurylsarkozinát sodný (dle INCI Sodium lauroyl sarcosinate) je jemným, biologicky odbouratelným anionickým tenzidem. Jeho chemický název dle názvosloví IUPAC je sodium [dodecanoyl(methyl)amino]acetate. V dalším textu bude použita zkratka SDSa.



Obrázek 5 – Vzorec sodium [dodecanoyl(methyl)amino]acetate
[22]

Hodnota jeho minimálního povrchového napětí je $24,3 \text{ mN}\cdot\text{m}^{-1}$, což je v porovnání s ostatními tensidy velmi nízká hodnota. Nízké povrchové napětí tomuto tensidmu přisuzuje výbornou smáčivost a předurčuje ho k použití k detergenčním účelům. Výbornou vlastností je i vysoká pěnivost a dlouhý čas odpěnění v přítomnosti seba. To znamená, že je schopen sebum převést snadno do roztoku. Pěnicí schopnost není snížena ani v přítomnosti elektrolytů jako je NaCl.

SDSa je velmi mírným tensidem pro lidskou kůži, vyplývá to ze zkoušky jeho penetrace kůží. Po jednom týdnu byla penetrace SDSa do kůže okolo 5 %, což je velmi dobrý výsledek v porovnání například s dodecylbenzensulfonátem sodným, který vykazoval po jednom týdnu penetraci takřka 50 %.

Bylo prokázáno, že v kyselém prostředí vykazuje SDSa germicidní účinky. Je zajímavé, že i přesto, že se jedná o anionický tensid, je kompatibilní s kvarterními aminy, což jsou typičtí zástupci kationických PAL.

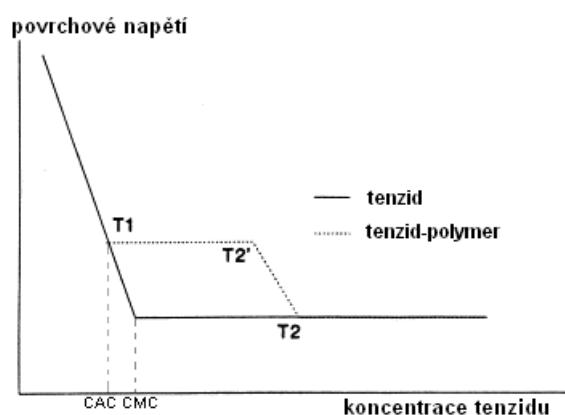
V kosmetických prostředcích je možné se s tímto surfaktantem setkat v péči o ústní dutinu, kde jsou využívány jeho antibakteriální účinky, schopnost pění v přítomnosti solí, jako je např. hydrogenuhličitan sodný, který se vyskytuje v zubních pastách. Z důvodu dobrých detergenčních účinků a netoxicity je vhodný pro zubní pasty a šampony na vlasy. Ve vlasové péči i v péči o pleť se využívá zejména jeho kompatibility s kationickými tensidmi, které jsou zde pro kondiční efekt. [21]

3.3 Interakce polymerů s tensidmi

Polymery se s tensidmi setkávají v mnoha kosmetických prostředcích, různých čistících systémech apod. Důvodem pro studium interakcí polymerů s tensidmi je to, že mohou působit synergicky například na zvyšování povrchové aktivity nebo na zlepšování stability emulzí a pěn.

Jednou z fyzikálně chemických vlastností tenzidů je jeho agregace s ve vodě rozpustným polymerem. [16] Především se jedná o interakce ionický tenzid-nenabitý polymer nebo tenzid-polyelektrolyt (nabitý polymer). Neionické tenzidy vykazují až na výjimky minimální afinitu k nenabitému polymeru. Obdobné chování lze nalézt u kationických tenzidů. [18] Interakcemi polymeru s tenzidem mohou být ovlivněny vlastnosti roztoku, jako je viskozita, vodivost, kritická micelární koncentrace atd. [16]

Po přidání surfaktantu do roztoku polymeru dochází k micelizaci při koncentraci nižší než je jeho kritická micelární koncentrace (CMC). Takové koncentraci tenzidu, kdy dochází k interakci tenzid-polymer, říkáme kritická agregační koncentrace (CAC). [19]



Obrázek 6 – Schéma interakce polymer-tenzid

Na obrázku 6 je uvedena idealizovaná závislost povrchového napětí na koncentraci tenzidu. Plnou čarou je značena závislost roztoku samotného tenzidu, tečkovaně s přidavkem polymeru. Je zřejmé, že v případě polymeru dochází při určité koncentraci tenzidu k zastavení poklesu povrchového napětí (bod T1). Při dalším přidavku tenzidu se povrchové napětí relativně nemění až do další koncentrace tenzidu (bod T2'). Další přidavek surfaktantu způsobuje snižování povrchového napětí. Tento druhý pokles má obdobnou směrnici, jaká je v první fázi poklesu povrchového napětí. V bodě T2 dosáhne hodnota povrchového napětí stejné hodnoty jako v případě vodného roztoku tenzidu.

Bod T1 představuje počátek interakce mezi tenzidem a polymerem a často bývá označován jako CAC. Výsledkem této interakce je komplex, který je povrchově méně aktivní, než je samotný tenzid. Lagová fáze mezi body T1 a T2' je zapříčiněna vstupováním molekul tenzidu do komplexu a tedy nepřítomností jeho volných molekul v roztoku. Pokles povrchového napětí mezi body T2' a T2 je způsobován především přítomností volných molekul tenzidu, které jsou do roztoku přidávány. Případný rozdíl ve směrnících prvního a druhého

poklesu povrchového napětí je dán rovnovážnou konstantou vzniklého komplexu. V bodě T2 je interakce tenzidu s polymerem definitivně ukončena a kromě komplexu se vyskytují v roztoku micely samotného tenzidu. Další zvyšování koncentrace tenzidu v roztoku již nepřispívá k další tvorbě komplexu, pouze ke zvýšení množství jeho micel v systému.

3.3.1 Metody sledování interakcí polymer-tenzid

Základními metodami sledování interakce polymeru s tenzidem je měření povrchového napětí, měření vodivosti a viskozimetrie. Vzhledem k zaměření praktické části práce se dále budu věnovat pouze měření viskozity.

3.3.1.1 Viskozimetrie

Viskozimetrie je jednou ze základních metod pro zkoumání struktury a vlastností polymerů. Existují dvě základní formy vyjádření viskozity a to viskozita dynamická η a viskozita kinematická ν .

Dynamická viskozita η [Pa.s] je dána poměrem smykového napětí σ [Pa] a rychlosti smykové deformace $\dot{\gamma}$ [s^{-1}], jak je uvedeno v rovnici 5.

$$\eta = \frac{\sigma}{\dot{\gamma}} \quad (5)$$

Smykové napětí σ je podle rovnice 6 definováno jako síla F [N] působící na jednotku plochy A [m^2] ve směru toku tekutiny.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (6)$$

Pozn. někteří autoři [24] uvádějí symbol smykového napětí τ .

Dle rovnice 7 rychlost smykové deformace $\dot{\gamma}$ říká, jakou rychlostí v [$m.s^{-1}$] se pohybuje vrstva proudící kapaliny o určité tloušťce h [m] při laminárním proudění.

$$\dot{\gamma} = \frac{\Delta v}{\Delta h} \quad (7)$$

Kinematická viskozita ν [$mm^2.s^{-1}$] je definována jako poměr dynamické viskozity η a hustoty kapaliny ρ [$kg.m^{-3}$], viz rovnice 8.

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad (8)$$

Kinematická viskozita je ve viskozimetrii velmi využívaná, jelikož některé typy viskozimetrů, jako je výtokový pohárek [24], udávají přímo kinematickou viskozitu, která pak může být za předpokladu znalosti hustoty kapaliny přepočtena na dynamickou viskozitu. [23]

Poměr mezi dynamickou viskozitou η měřeného roztoku a viskozitou čistého rozpouštědla η_0 , jak je uvedeno v rovnici 9, se nazývá relativní viskozita η_{rel} a je to bezrozměrná veličina. [23][24]

$$\eta_{rel} = \frac{\eta}{\eta_0} \quad (9)$$

Redukovaná viskozita η_{red} [$\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$] je závislá na koncentraci c [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$] rozpuštěného vzorku a lze ji spočítat dle rovnice 10.

$$\eta_{red} = \frac{(\eta - \eta_0)}{\eta_0} \cdot \frac{1}{c} \quad (10)$$

Relativní viskozita η_{rel} i redukovaná viskozita η_{red} jsou velmi využívané právě při studiu interakcí polymer-tenzid na průtokových viskozimetrech.

Pozn. v některých publikacích je možné se setkat se značením redukované viskozity I (z angl. intrinsic viscosity). [25]

Pro studium polymerů se využívá limitní viskozitní číslo $[\eta]$, což je redukovaná viskozita limitně vztažená k nule. Limitní viskozitní číslo lze spočítat dle rovnice 11. Je to bezrozměrná veličina. [25]

$$[\eta] = \lim_{c \rightarrow 0} \left(\frac{(\eta - \eta_0)}{\eta_0} \cdot \frac{1}{c} \right) \quad (11)$$

Údaje potřebné pro získání hodnot funkcí definovaných výše se získávají pomocí kapilárních viskozimetrů. Efluxní (průtokové) časy t_0 daného objemu rozpouštědla a roztoku t musí být měřeny za přesně definovaných stejných podmínek jako je teplota, atmosférický tlak a stejný viskozimetr. Vztah mezi průtokovým časem a viskozitou je dán Poiseuille-Hagenbach-Couetteovy rovnicí 12.

$$v = \frac{\eta}{\rho} = Ct - \left(\frac{A}{t^2}\right) \quad (12)$$

kde v je kinematická viskozita [$\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]

η je dynamická viskozita [$\text{Pa} \cdot \text{s}$]

ρ je hustota měřené kapaliny [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

C je konstanta viskozimetru

t je průtokový čas [s]

A je parametr kineticko-energetické korekce

Pozn. Pokud hodnota $\left(\frac{A}{t^2}\right)$ činí méně než 3% viskozity rozpouštědla, můžeme ji zanedbávat a rovnicí 12 zjednodušit na tvar:

$$v = \frac{\eta}{\rho} = Ct \quad (13)$$

Stejně tak, jestliže jsou koncentrace roztoků omezeny natolik, že hustota roztoku ρ a hustota rozpouštědla ρ_0 nejsou odlišné více než o 0,5 %, lze η_{rel} spočítat dle rovnice 14.

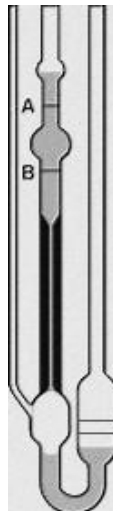
$$\eta_{rel} = \frac{\eta}{\eta_0} = \frac{t}{t_0} \quad (14)$$

Proto lze také η_{red} vypočítat dle rovnice 15.

$$\eta_{red} = \frac{(\eta - \eta_0)}{\eta_0} \cdot \frac{1}{c} = \frac{(t - t_0)}{t_0} \cdot \frac{1}{c} \quad (15)$$

Pro výběr vhodného kapilárního viskozimetru platí pravidlo, že poměr výtokového času roztoku a čistého rozpouštědla musí být větší než 1,2 a menší než 2,0. [25]

Nejběžnějším typem je Ubbelohdeho viskozimetr, který je vyobrazen na obr. 7



Obrázek 7 – Ubbelohdeho viskozimetr

Jeho základní funkční částí je skleněná kapilára o známém průměru, která je spojena s nádobkou, na niž je dvěma ryskami vyznačen přesný objem kapaliny, který musí protéct kapilárou. Vlastní stanovení spočívá v měření času nutného pro průtok definovaného objemu kapaliny. Průtokové viskozimetry se velmi často používají k měření η_{rel} popř. η_{red} . Stanovení těchto hodnot spočívá v měření doby průtoku čistého rozpouštědla a v měření doby průtoku vzorku. Příslušné viskozity se poté vypočtou dle rovnice 14 a 15. Vzhledem k tomu, že je viskozita velmi silně ovlivňována teplotou, musí být měření prováděna za konstantní teploty.

3.4 Viskozimetrické studie interakce polymer-tenzid

Jak již bylo řečeno výše, viskozimetrická měření jsou častými způsoby studia interakce polymer-tenzid. Jedná se o univerzální metodu, která nemá výraznější omezení.

První významná měření interakcí spadají do 80. let minulého století, kdy byla prováděna měření interakce anionických surfaktantů s neionickými polymery [26][27]. Jako anionický tenzid byl při těchto měřeních používán většinou dodecylsulfát sodný (SDS). Při těchto studiích byl zjištěn systematický pokles CMC systému a zároveň zvýšení jeho viskozity.

Interakcí SDS s poly(N-isopropylacrylamidem) se zabývali Mylonas a Staikos [28]. Kromě dialýzy použili viskozimetrické měření. Prokázali výrazné zvýšení redukované viskozity η_{red} při koncentraci SDS přibližně 4 mmol.l^{-1} a další mírné zvýšení viskozity až do koncentrace 25 mmol.l^{-1} . Podle jejich názoru je interakce ukončena při koncentraci SDS cca 15 mmol.l^{-1} , přičemž k výraznějším konformačním změnám nedochází při koncentracích SDS vyšších než 10 mmol.l^{-1} .

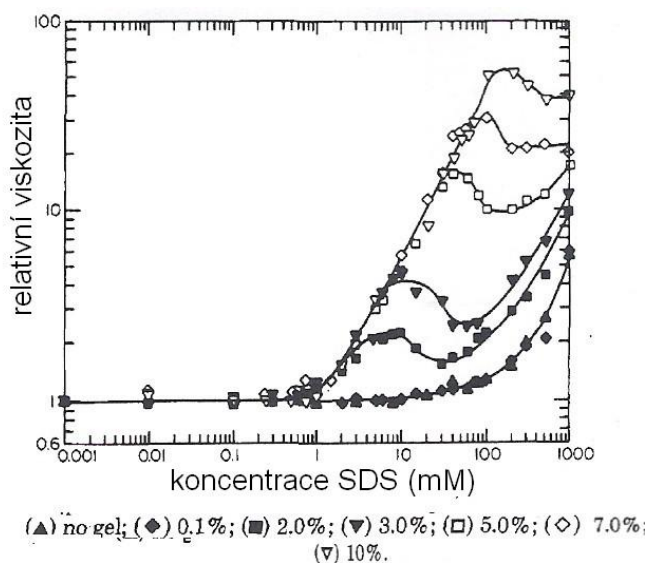
Bakshi et al. [29] sledovali interakci směsi dodecylsulfátu sodného (SDS) a dodecylbensulfonátu sodného (SDBS) s neionickými rozpustnými polymery a s karboxymehtylcelulosou. Ve všech případech prokázali tvorbu agregátů s tím, že k nárůstu viskozity docházelo při koncentraci tenzidu kolem 2 mmol.l^{-1} . Je zajímavé, že současná přítomnost SDS a SDBS ovlivňovala CAC přibližně stejně jako samostatné tenzidy.

V literatuře je často uváděno, že interakce neionický polymer s kationickým tenzidem patří mezi slabé interakce [18].

Magny et al. [30] sledovali interakci hydrofobně modifikovaného polyakrylátu sodného s dodecyltrimethylamonium chloridem. Na základě viskozimetrického měření zjistili, že dochází k silné interakci. CAC je nižší než v případě nemodifikovaného polyakrylátu.

3.4.1 Interakce želatina-tenzid

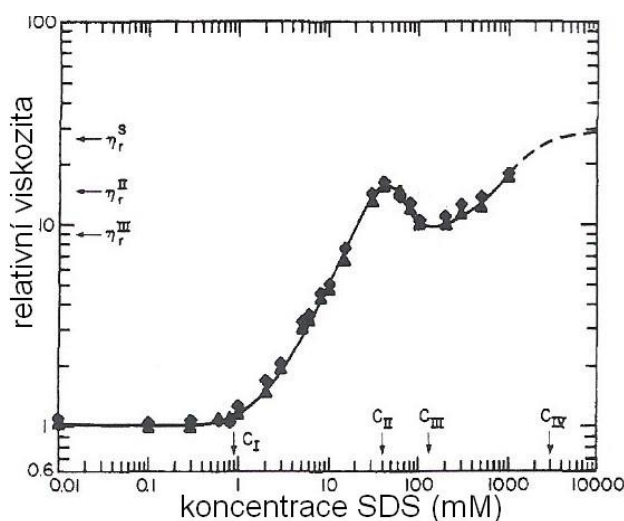
Základní prací týkající se viskozimetrického sledování chování želatiny v přítomnosti anionických tenzidů je práce Greener et al. [31] publikovaná v 90. letech minulého století. Autoři pracovali s želatinou B při pH těsně nad izoelektrickým bodem. Jako tenzid použili SDS. Pro měření používali rotační viskozimetr. Měření bylo prováděno při teplotě 41 °C, tedy při teplotě, kdy je želatina denaturovaná a v roztoku je přítomna jako náhodné klubko. Pro měření na rotačním viskozimetru byly použity smykové rychlosti v rozsahu 0,01 – 100 s⁻¹ což zajistilo měření v newtonské oblasti. Relativní viskozita systému želatina-SDS byla měřena na Ubbelohdeho skleněném viskozimetru. Želatina byla měřena v rozsahu koncentrací od 0,1% do 10%. Souhrnné výsledky jejich měření jsou uvedeny na obrázku 8.



Obrázek 8 – Závislost relativní viskozity želatiny na koncentraci SDS [31]

Z obrázku je patrné, že při koncentraci přibližně 1 mmol.l⁻¹ dochází v přítomnosti želatiny od koncentrace 2 % k výraznému nárůstu relativní viskozity. K nárůstu viskozity při této koncentraci SDS dochází bez ohledu na další zvyšování koncentrace želatiny. Velikost nárůstu je přirozeně dána množstvím želatiny v roztoku, to znamená, že se stoupajícím množstvím želatiny v roztoku se zvětšuje hodnota relativní viskozity. Samotný vodný roztok SDS jeví výraznější nárůst η_{rel} až kolem 100 mmol.l⁻¹.

Z charakteru závislosti určil čtyři typické koncentrace SDS a jim odpovídající η_{rel} , jak je patrné z obrázku 9.



Obrázek 9 – Závislost relativní viskozity na koncentraci SDS [31]

C_I je koncentrace SDS, kde začíná nárůst viskozity. C_I je nižší než CMC tenzidu. C_{II} je lokální minimum odpovídající viskozitě η_{rel}^{II} . C_{III} je lokální maximum odpovídající viskozitě η_{rel}^{III} . C_{IV} značí nasycení polymeru tenzidem a ustálení viskozity. Existuje tedy 5 oblastí závislosti:

- nukleace ($C_{SDS} < C_I$) – minimální interakce – nevede ke konformačním změnám a nemění se tedy viskozita
- růst I ($C_I < C_{SDS} < C_{II}$)
- kolaps ($C_{II} < C_{SDS} < C_{III}$)
- růst II ($C_{SDS} > C_{III}$)
- ustálení ($C_{SDS} = C_{IV}$ nebo $C_{SDS} > C_{IV}$) – lze stanovit pouze při vysokých koncentracích želatiny a tenzidu

CMC roztoku samotného SDS byla stanovena na koncentraci $8,5 \text{ mmol.l}^{-1}$. Bylo zjištěno, že při koncentraci želatiny 0,1% (obr. 8) začíná oblast C_I ještě před CMC roztoku SDS. Spíše než interakcí želatina-SDS je toto zvýšení viskozity dáno tvorbou micel SDS.

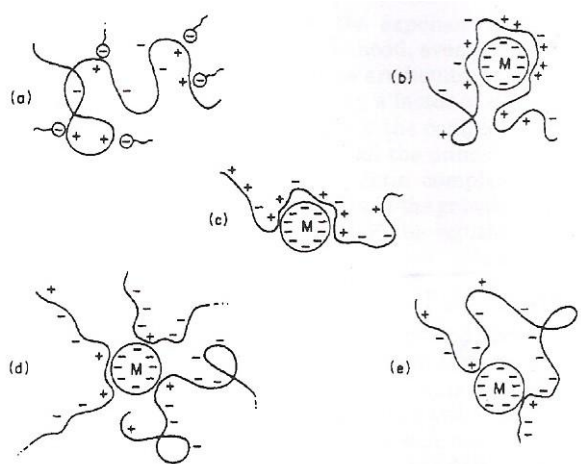
Při dalším snižování koncentrace želatiny a uchýlení se tak do oblasti, kde mezi sebou molekulární klubka neinteragují, byla oproti vyšším koncentracím odlišná odezva. V tomto nízkém koncentračním limitu vnitřní viskozita klesla, což naznačuje, že interakce vede k

částečnému zhroucení molekulárního klubka. Z toho vyplývá, že typ interakce želatina SDS je odlišný pro zředěné a koncentrované roztoky.

Autoři zkoumali také vliv iontové síly roztoku. Experiment byl prováděn na 7% roztoku želatiny. Zjistili, že po zvýšení iontové síly roztoku se snižuje η_{rel} , přesto je viskozita vysoká i v přítomnosti 1M NaCl. Tento jev nebyl vysvětlen.

Dále byl zkoumán vliv pH na viskozitu. Pod pH 4,8, což je pH odpovídající izoelektrickému bodu želatiny (IEP), se tvořily sraženiny. Nad IEP se η_{rel} zvyšovala až do pH 6,5, poté η_{rel} opět klesala. Tvrdí, že za růst viskozity může být v tomto případě zodpovědný nárůst náboje molekulární sítě.

Na základě výsledků uvedených v obr. 8 a 9 navrhli pět modelů interakce polymer-tenzid, viz obr. 10.



Obrázek 10 – Modely interakcí polymer-tenzid [31]

Model obr. 10a odpovídá oblasti nukleace, což je oblast, kterou nelze viskozimetrickým měřením dobře postihnout. Autoři se přiklánějí k asociaci želatiny s micelami SDS, viz obr. 10b, jakožto prvnímu stadiu, které je možno viskozimetricky zjistit. Dokládají to i stejným průběhem vazby neionických polymerů s anionickými tenzidy (vazba nad CAC). Vazba tenzidu je podle nich kooperativní. Vznik micel vyvolaný přítomností polymeru je tedy klíčovým krokem. V tomto okamžiku se zvýší viskozita systému. Koncentrace C_1 (obr. 9) odpovídá tedy klasické CAC zjištěné například při tenziometrických měřeních. V oblasti růstu I dochází k tvorbě komplexů tenzid-želatina. Jejich možné typy jsou uvedeny na výše uvedeném obr. 10. Vysoké hodnoty viskozity v tomto regionu jsou podle autorů dány vznikem intermakromolekulárních komplexů tenzid-želatina (obr. 10d). Ve fázi kolapsu dochází ke vzniku intramolekulárních komplexů (obr. 10e), přičemž dochází

k poklesu viskozity. Vazba několika řetězců jednou micelou SDS (obr. 10d) je možná pouze u vyšších koncentrací želatiny s dostatečným množstvím reakčních míst. Autoři nepředpokládají interakce v případě vysokých koncentrací želatiny s SDS (obr. 10b), protože brání interakci micely s dalšími molekulami želatiny

Saxena et al. [32] použili pro studium interakce želatiny s SDS a dalšími tenzidy metodu dynamického rozptylu světla. Zjistili, že v poměrně širokém koncentračním rozmezí SDS 0-100 mmol.l⁻¹ se SDS váže na polypeptidický řetězec želatiny elektrostatickými silami. Prokázali, že při koncentracích, které jsou nižší než CAC, dochází ke snižování hydrodynamického objemu želatiny, což vede mimo jiné i ke snížení viskozity oproti původnímu roztoku želatiny.

Fruhner a Kretzschmar [33] studovali interakci želatiny s SDS a anionickým barevným couplerem stanovením sorpčních izoterem. Výsledky srovnávali s viskozimetrickými měřeními. Zjistili, že viskozimetrická měření jsou vhodná pouze pro důkaz interakce mezi tenzidem a želatinou a nemají bližší vztah ke stanoveným izotermám.

Arora et al. [34] prováděli viskozimetrické studie interakce triethanol aminlaurylsulfátu se želatinou. Výsledky srovnávali s obdobně provedenými měřeními využívajícími SDS místo výše uvedeného tenzidu. Ze srovnání vyplynulo, že zvýšení viskozity v systému SDS-želatina bylo daleko významnější než v systému s triethanol aminlaurylsulfátem. Z výsledků usuzovali na slabší interakci substituovaného sulfátu. Výsledky jsou ovšem pouze relativní.

Interakci N-methyl N-oleyltaurátu sodného s želatinou zkoumal Tavernier [35]. Použil jednoduchou acidimetrickou titraci a viskozimetrická měření. Zjistil, že viskozita směsi tenzidu se želatinou se značně a přitom lineárně zvyšuje s koncentrací daného tenzidu až do koncentrace, která odpovídá stechiometrickému komplexu želatina-tenzid. Nad touto koncentrací je viskozita konstantní.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 POUŽITÉ CHEMIKÁLIE, ZAŘÍZENÍ A POSTUPY

4.1 Použité chemikálie

Sodium lauryl sarcosinate – Sigma Aldrich

Igepal CA 720 (polyoxyethylene(12)isooctylphenylether)– Sigma Aldrich

Želatina B, 225 Bloom – Sigma Aldrich

0,5M-HCl

0,5M-NaOH

0,1% vodný roztok azidu sodného

4.2 Pomůcky a přístroje

analytické váhy Sartorius BA 110 S

předvážky KERN 572

bateriový pH metr CPH 51 se standardní kombinovanou pH elektrodou HC 103

Spekol 11 s nástavcem EK-1 Carl Zeiss Jena

sušárna ULM 400 Memmert

Ubbelohdeho zředovací viskozimetr průměr kapiláry 0,5 mm

termostat typ: NBE

skleněný temperovací válec

ruční stopky

mikropipeta INTECH

běžné laboratorní sklo

4.3 Použité laboratorní postupy

4.3.1 Charakteristika použitých chemikálií

4.3.1.1 Laurylsarkozinát sodný (*sodium lauroyl sarcosinate* – SDSa)

Stanovení sušiny:

Do dvou čistých, suchých a zvážených skleněných váženek s víčkem bylo naváženo po 1 g SDSa. Vzorky byly sušeny v elektrické sušárně do konstantní hmotnosti při teplotě 105 °C.

Podíl sušiny byl vypočten podle rovnice 16

$$DR = \frac{M_D}{M_w} \cdot 100 \quad (16)$$

kde DR je podíl sušiny [%]

M_D je hmotnost vzorku po vysušení [g]

M_w je hmotnost původního naváženého vzorku [g]

Průměrný podíl sušiny byl stanoven na 99,31 %.

Dle rovnice 17 byl vypočten obsah těkavých látek ve vzorku.

$$W = 100 - DR \quad (17)$$

kde W je obsah těkavých látek [%]

Poté byl vypočten aritmetický průměr vypočtených hodnot obsahu těkavých látek. Jejich průměrný obsah ve vzorku SDSa byl stanoven na 0,69 %.

Pozn. Při výpočtu navážky pro přípravu zásobního roztoku bylo množství těkavých látek zohledněno.

4.3.1.2 Igepal CA 720

Vzhledem k tomu, že Igepal byl výrobcem deklarován jako 100%, nebyla u něj stanovována sušina.

4.3.1.3 Želatina B

Stanovení sušiny:

Do dvou skleněných vysušených a zvážených váženek bylo naváženo po 1 g želatiny B. Oba vzorky byly sušeny v sušárně při teplotě 105 °C do konstantní hmotnosti. Po vysušení byl dle rovnice 16 vypočten podíl sušiny DR ve vzorku. A dle rovnice 17 byl vypočten podíl těkavých látek ve vzorku.

Průměrný podíl sušiny byl stanoven na 89,45 %. Průměrný obsah těkavých látek ve vzorku byl stanoven na 10,55 %.

Pozn. Při výpočtu navážky při přípravě zásobního roztoku želatiny byl obsah těkavých látek zohledněn.

4.3.2 Příprava zásobních roztoků

4.3.2.1 Želatina

Byl připravován 2% (w/v) zásobní roztok želatiny. Navážená želatina byla rozmíchána v malém množství destilované vody a ponechána botnat do druhého dne. Po nabotnutí byla za mírného zahřívání (teplota max. 60 °C) na vodní lázni rozpuštěna, kvantitativně převe-

dena do odměrné baňky a doplněna po rysku destilovanou vodou. Do hotového roztoku bylo přidáno malé množství (0,1%) azidu sodného jako konzervačního činidla.

4.3.2.2 *Laurylsarkozinát sodný*

Pro přípravu 0,5M roztoku bylo naváženo potřebné množství SDSa s přesností na 0,0001 g, které bylo vypočteno podle rovnice 18.

$$m = c \cdot V \cdot M \quad (18)$$

kde m je navažovaná hmotnost [g]

c je koncentrace roztoku [mol.l^{-1}]

V je objem roztoku [l]

M je molární hmotnost látky [g.mol^{-1}]

Poté byla navážka kvantitativně převedena do odměrné baňky a za mírného zahřívání rozpuštěna v destilované vodě. Za současného měření pH metrem byl po malých dávkách přidáván roztok 0,5M HCl. pH bylo tímto způsobem upraveno na konečnou hodnotu 5,8. Upravený roztok byl doplněn v odměrné baňce po rysku. Po zohlednění obsahu těkavých látek byla skutečná koncentrace vypočtena na $0,496 \text{ mol.l}^{-1}$.

4.3.2.3 *Igepal CA 720*

Na přípravu 0,5M roztoku Igepalu bylo naváženo vypočtené množství podle rovnice 18. Navážka byla kvantitativně převedena do odměrné baňky. Za mírného zahřívání byla rozpuštěna a doplněna destilovanou vodou po rysku. Po zohlednění navážky byla skutečná koncentrace vypočtena na $0,5003 \text{ mol.l}^{-1}$.

4.3.3 Příprava pracovních roztoků

4.3.3.1 *Želatina*

Ze zásobního 2% roztoku želatiny byly připraveny 0,5% a 1% roztoky želatiny. Do odměrné baňky bylo napipetováno potřebné množství zásobního roztoku a doplněno destilovanou vodou po rysku. Pipetovaný objem byl vypočten pomocí rovnice 19.

$$c_1 V_1 = c_2 V_2 \quad (19)$$

kde c_1 je koncentrace pracovního roztoku [mol.l^{-1}]

V_1 je objem pracovního roztoku [l]

c_2 je koncentrace pipetovaného zásobního roztoku [mol.l^{-1}]

V_2 je objem pipetovaného zásobního roztoku [l]

Hotové pracovní roztoky želatiny byly pod tlakem zfiltrány přes fritu S3.

4.3.3.2 *Laurylsarkozinát sodný*

Pro další práci byl připraven 0,25M roztok SDSa vhodným naředěním destilovanou vodou.

4.3.3.3 *Igepal CA 720*

0,25M roztok Igepalu byl připraven stejným způsobem jako roztok SDSa.

4.3.3.4 *Směs tenzidů*

Směs tenzidů o celkové koncentraci $0,5 \text{ mol.l}^{-1}$ byla připravena ze zásobních roztoků v poměru 7 dílů SDSa a 3 díly Igepalu.

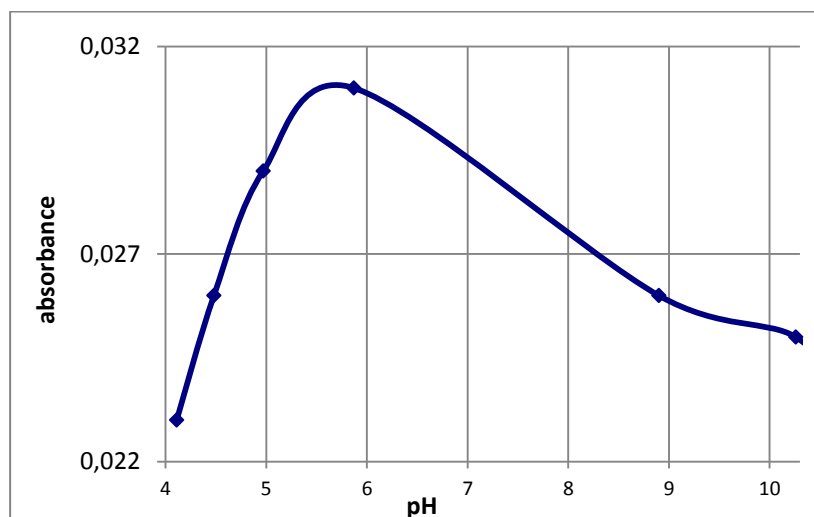
4.3.4 Stanovení izoelektrického bodu želatiny

Izoelektrický bod želatiny byl stanovován kombinací turbidimetrické a potenciometrické titrace.

Do kádinky byl připraven roztok smícháním 20 ml 1% želatiny se 150 μl 0,5M NaOH a důkladně promíchán. Poté byla vzorkem naplněna skleněná kyveta a byla proměřena absorbance na přístroji SPEKOL 11 při vlnové délce 440 nm. Pro měření byla použita kyveta o tloušťce stěny 1 cm. Po proměření absorbance byl obsah kyvety vylit zpět do kádinky a bylo přidáno 50 μl 0,5M HCl, promícháno, opět vlito do kyvety a proměřeno. Celkem bylo proměřeno 6 přídavek 0,5M HCl.

Pro potenciometrickou titraci byl připraven roztok 40 ml 1% želatiny s 300 μl 0,5M NaOH. Do tohoto roztoku byla postupně přidávána 0,5M HCl po 100 μl . Po každém přidavku a ustálení hodnoty bylo odečteno pH na pH metru. Opět bylo proměřeno 6 přídavek.

Pro odečtení izoelektrického bodu byl vytvořen graf závislosti absorbance na pH (obr. 11). Izoelektrický bod v této závislosti odpovídá maximálnímu pH na křivce. Pro želatinu B byl IEP stanoven na pH 5,8.



Obrázek 11 – Závislost absorbance roztoku želatiny na pH

4.3.5 Stanovení hustoty

Vzhledem ke způsobu vyhodnocování viskozimetrických měření bylo nutno stanovit hustotu měřených vzorků. Stanovení bylo prováděno pyknometricky za laboratorní teploty. Pro stanovení byl použit pyknometr o objemu 25 ml. Nejprve byl zvážen suchý a prázdný pyknometr (m). V další fázi byla stanovena tzv. vodní hodnota pyknometru, což znamená zvážení pyknometru naplněného destilovanou vodou (m_2). Po vyprázdnění a vysušení daného pyknometru byl naplněn stanovovaným roztokem a opět byla stanovena jeho hmotnost (m_1). Hustota byla vypočtena podle vzorce 20.

$$\rho = \frac{m_1 - m}{m_2 - m} \quad (20)$$

kde ρ je hustota vzorku [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]

m je hmotnost prázdného pyknometru [g]

m_1 je hmotnost pyknometru se vzorkem [g]

m_2 je hmotnost pyknometru s destilovanou vodou [g]

U většiny měřených vzorků byl rozdíl v hustotách vzorku a rozpouštědla menší než 0,5%.

4.3.6 Viskozimetrické sledování interakcí

Vzorky pro viskozimetrické měření byly připraveny odpipetováním vhodného množství želatiny a odpovídajícího množství roztoku tenzidu do odměrné baňky o objemu 25 ml a doplněny destilovanou vodou po rysku. Po promíchání byly připraveny k měření.

Vyčištěný suchý Ubbelohdeho viskozimetr byl vložen do termostatu a temperován na teplotu 40°C. Do viskozimetru bylo napipetováno 20 ml předem připraveného roztoku a po-

necháno asi 10 min temperovat. Po vytemperování byl roztok nasát pomocí laboratorního balonku do rozšířené části nad měrnou kapiláru. Po uvolnění podtlaku byla měřena doba nutná pro průtok měřeného vzorku mezi dvěma ryskami. Čas byl měřen s přesností na 0,01 s. Každé měření bylo opakováno třikrát. Mezi měřeními dvou různých vzorků byl viskozimetr vždy vypláchnut vodou a vysušen. Před každou sérií vzorků byl změřen průtok destilované vody. Doba průtoku byla považována za míru důkladného vyčištění viskozimetru.



Obrázek 12 – Použitá aparatura

4.3.6.1 Výpočty

Pro hodnocení byla vypočítávána hodnota relativní viskozity, která je definována vzorcem 21. [34]

$$\eta_{rel} = \frac{\eta}{\eta_0} = \frac{t \cdot \rho}{t_0 \cdot \rho_0} \quad (21)$$

kde t je čas průtoku vzorku [s]

ρ je hustota vzorku [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

t_0 je čas průtoku čistého rozpouštědla [s]

ρ_0 je hustota čistého rozpouštědla [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

V případě, kdy byl rozdíl v hustotách rozpouštědla a vzorku menší než 0,5 %, nebyly hustoty zohledňovány. [25]

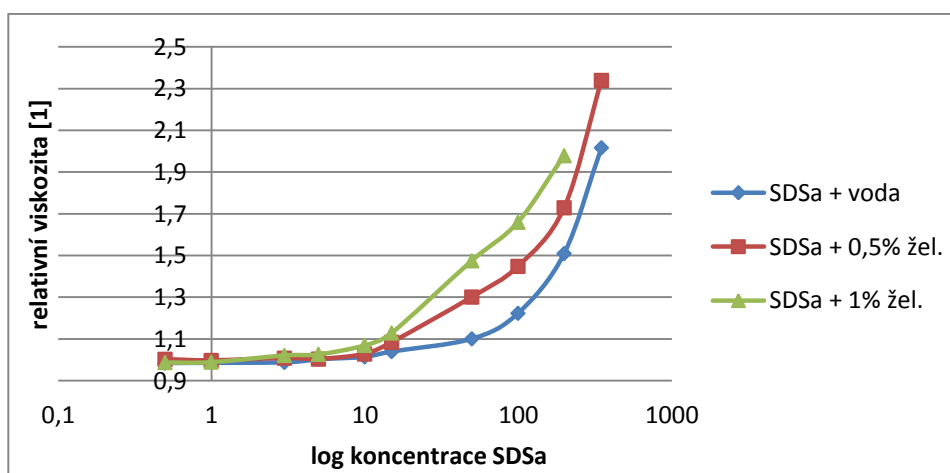
5 VÝSLEDKY A DISKUSE

Viskozimetrické měření interakce želatiny s anionickým tensidem SDSa, neionickým tensidem Igepal CA 720 a jejich směsi SDSa ku Igepal v poměru 7 : 3 byla prováděna ve zředěovacím Ubbelohdeho viskozimetru. Původní záměr jeho využití, tj. jednoduchá příprava vzorku pouhým přidáváním tensidu do roztoku umístěného v zásobní nádobce viskozimetru, se nepodařilo naplnit. Roztok v nádobce při vyšších přídavcích tensidu silně pěnil, což prakticky znemožňovalo vlastní stanovení. Proto byl tento viskozimetr využit jako klasické zařízení. Případné nepřesnosti v měření průtoku dané vlivem hydrostatického tlaku byly eliminovány pipetováním vždy stejného objemu vzorku. Tento způsob měření umožnil jednoduchý výpočet relativní viskozity pouze na základě změřených časů vzhledem ke konstantní koncentraci polymeru.

Měření bylo prováděno při teplotě 40 °C. Hlavním důvodem bylo rozrušení interakcí mezi bočními skupinami peptidického řetězce želatiny a zpřístupnění reakčních míst molekulám tensidu. pH roztoku SDSa bylo upraveno na pH 5,8, to znamená pH vodného roztoku želatiny. Bylo tedy pracováno v prostředí blízkém isoelektrickému bodu želatiny (IEP = 5,85), ve kterém má polymer minimální hustotu náboje. Tyto podmínky byly nastaveny s ohledem na nejčastěji používané pH kosmetických přípravků popř. čistících prostředků.

5.1 Interakce želatina-SDSa

Souhrnné výsledky viskozimetrických měření jsou znázorněny na obrázku 13



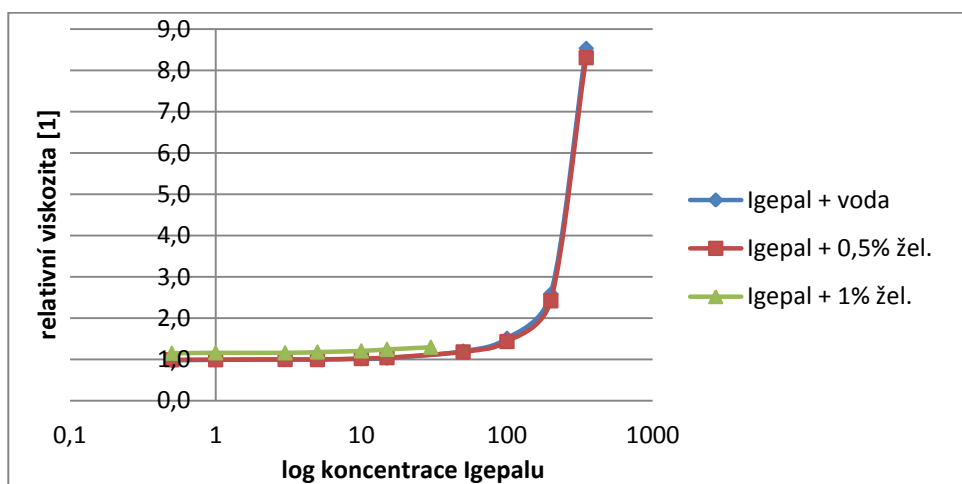
Obrázek 13 – Viskozimetrické chování systému želatina SDSa

Koncentrace tensidu je vyjádřena v logaritmické stupnici. Maximální použitá koncentrace SDSa byla 350 mmol.l^{-1} , v případě 1% roztoku želatiny byla z technických důvodů použita

nejvyšší koncentrace pouze 200 mmol.l^{-1} . Pro srovnání je uvedeno i měření pouze vodných roztoků SDSa. Viskozimetrické měření tohoto roztoku SDSa potvrdilo jeho netypické chování např. ve srovnání s SDS. V malých koncentracích tenzidu (do 3 mmol.l^{-1}) byla zaznamenána η_{rel} nižší než 1 a se zvyšující se koncentrací docházelo k postupnému zvyšování η_{rel} . Tsubone a Rosen [36] zjistili, že SDSa, podobně jako jiné tenzidy s amidickým můstkem tvoří obtížněji micely, vzhledem k možným interakcím amidického můstku s karboxylovou skupinou. Tyto agregáty by mohly ovlivňovat průběh η_{rel} ve středním rozmezí koncentrací. K výraznému nárůstu η_{rel} dochází přibližně od $c_{SDS} \sim 100 \text{ mmol.l}^{-1}$. To je v dobrém souladu s jinými anionickými tenzidy [31][37][38]. V případě systému SDSa-želatina dochází při obou koncentracích želatiny v první části závislosti (do $c_{SDS} = 3 \text{ mmol.l}^{-1}$) k podobnému poklesu η_{rel} jako v případě vodného roztoku tenzidu. Důvodem může být samotné chování SDSa nebo coulombické interakce se želatinou, které mohou v první fázi reakce k mírnému poklesu vést [39]. K výraznějšímu nárůstu viskozity dochází v obou případech v rozmezí koncentrací $10 - 15 \text{ mmol.l}^{-1}$. Tato koncentrace je spojována s počátkem interakce polymeru s tenzidem, tedy s CAC, viz obr. 6. Tato koncentrace je ve všech dříve studovaných systémech vždy menší než CMC tenzidu. V případě soustavy želatina-SDS je snížení v rozsahu jednoho řádu [31][39]. Námi získaná data, jsou s těmito zjištěnými v rozporu, protože CAC, je prakticky totožná s CMC SDSa, která se pohybuje v rozmezí $10 - 14 \text{ mmol.l}^{-1}$ [36]. Pro zjištění tohoto faktu bude zřejmě zapotřebí další podrobnější měření.

5.2 Interakce želatina-Igepal

Souhrnné výsledky jsou uvedeny na obr. 14



Obrázek 14 – Viskozimetrické chování systému želatina-Igepal CA 720

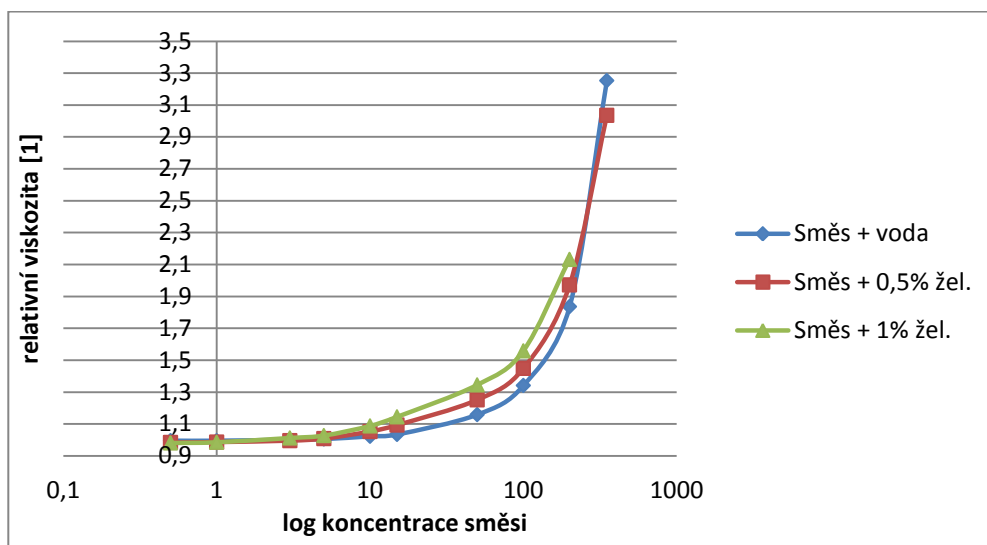
V obrázku je opět kromě viskozimetrických křivek odpovídajících koncentrací želatiny uvedeno i chování vodných roztoků Igepalu. Pokud porovnáme systém želatina-Igepal se směsí želatina-SDSa, jsou vidět významné rozdíly. Především nelze nalézt větší odchylky mezi křivkami pro vodný roztok Igepalu a soustavou 0,5% želatina-Igepal. To svědčí o tom, že neprobíhá žádná významnější interakce, respektive se jí nepodařilo viskozimetricky stanovit. Je ovšem obecně známo, že interakce nenabitý polymer-neionický tenzid jsou velmi slabé [18], a protože želatina byla v izoelektrickém bodě, tedy prakticky ve formě neionického polymeru, není výsledek nikterak překvapivý.

Zajímavé je chování 1% roztoku želatiny v kombinaci s Igepalem. Z obrázku 14 je vidět, že měření bylo ukončeno při koncentraci Igepalu 30 mmol.l^{-1} . Vyšší koncentrace vedly k zakalení roztoku, až vyloučení vloček, což znemožňovalo další měření. Proto bylo přikročeno k bližšímu zkoumání těchto roztoků. Bylo postupováno následovně. Zakalený roztok se nechal ustát a fáze nad koacervátem byla opatrně odlita. Zbytek byl několikrát promyt etanolem, aby byl zbaven přebytku tenzidu. Podíl nerozpustný v etanolu byl vysušen a jeho část, zvážená na analytických vahách, byla rozpuštěna v teplé destilované vodě, doplněna na stanovený objem a podrobena analýze. Protože jsme předpokládali, že se pravděpodobně jedná o želatinu, využili jsme rychlou UV analýzu [40] využívající měření absorbance při dvou vlnových délkách. Pro kontrolu jsme použili známé množství použité želatiny B. Výsledky prokázaly, že vyloučený zákal byl z 96 % tvořen želatinou. S obdobným problémem se setkali i Robb se Stevensonem [41], kteří zjistili vypadávání polyakrylové kyseliny ve styku s neionickými etoxylovanými tenzidy.

5.3 Interakce želatina-směs SDSa/Igepal

Jak již bylo řečeno, studováno bylo pouze chování jedné směsi a to SDSa : Igepal CA 720 7 : 3. Výsledky jsou uvedeny na obrázku 15.

Z obrázku je vidět poměrně malý rozdíl mezi jednotlivými křivkami. Zdá se, že se více projevuje přítomnost neionického tenzidu ve směsi. Je zajímavé, že prakticky ve všech případech dochází k výraznějšímu nárůstu až v rozmezí koncentrací $15 - 50 \text{ mmol.l}^{-1}$. Výraznější vzestup lze sledovat pouze u směsi s 1% želatinou. I relativně malé rozdíly v η_{rel} mezi vodnými roztoky tenzidů a roztoky se želatinou lze považovat za důkaz interakce, která však bude zřejmě slabá.



Obrázek 15 – Viskozimetrické chování systému želatina-směs SDSa/Igepal

5.4 Návrhy na další sledování interakcí SDSa s polymery

Provedená měření je nutno považovat za úvodní studii chování SDSa a jeho směsi s neionickým tenzidem s polyelektrolyty. Je evidentní, že pro podrobnější posouzení případných interakcí bude zapotřebí rozšířit škálu koncentrací tenzidu a zúžit interval mezi jednotlivými přísadkami surfaktantu. V úvahu připadá i zvýšení koncentrace želatiny, což předpokládá využití jiného typu měřicího zařízení. Vhodné bude i využití jiných technik, zejména pro bližší charakterizaci chování micelárních roztoků daných tenzidů.

ZÁVĚR

V rámci této bakalářské práce byl v teoretické části vypracován stručný přehled o typech polymerů a jejich využití v kosmetických prostředcích. Vzhledem k experimentální povaze práce byly dále krátce zmíněny tenzidy a způsoby hodnocení interakce tenzidů s polymery se zvláštním důrazem na kapilární viskozimetrii. V experimentální části byly měřeny změny relativní viskozity roztoků SDSa, Igepalu CA 720 a jejich směsi SDSa : Igepal CA 720 7 : 3 ve směsi s 0,5% a 1% roztokem želatiny B. Pro měření byl použit Ubbelohdeho zředňovací viskozimetr. Měření byla prováděna při 40°C a prakticky v izoelektrickém bodě želatiny.

Bylo zjištěno, že ve vodných roztocích SDSa, Igepalu CA 720 a jejich směsi dochází k výraznějšímu nárůstu relativní viskozity až při koncentracích blízcích se 100 mmol.l⁻¹. Vodný roztok SDSa jevil již ve středních použitých koncentracích (3-10 mmol.l⁻¹) mírný nárůst η_{rel} na rozdíl od neionického Igepalu.

Následně bylo zjištěno, že v systému želatina-SDSa lze nalézt výraznější změnu η_{rel} mezi koncentracemi 10-15 mmol.l⁻¹ bez ohledu na koncentraci želatiny. To odpovídá přibližně CMC tenzidu. Výsledek je překvapující, protože v případě běžných anionických tenzidů jako je SDS dochází k výraznému snížení této koncentrace.

Dalším poznatkem je, že Igepal CA 720 za daných podmínek nevykazuje významnější interakci. Při vyšších koncentracích tenzidu a želatiny způsobuje postupné vypadávání želatiny z roztoků.

Posledním zjištěním je, že u směsi tenzidů s převahou anionického surfaktantu lze zaznamenat rozdíly v závislosti na koncentraci želatiny. To svědčí o určité interakci.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Základní definice termínů vztahujících se k polymerům. *Chemické listy*. 1985, roč. 79, s. 281-295. Dostupné z WWW: <<http://www.chemicke-listy.cz/download/chl79-281.pdf>>
- [2] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery - výroba, vlastnosti, zpracování, použití: Výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 1995, 354 s. ISBN 80-708-0241-3.
- [3] MLEZIVA, Josef a Jaroslav KÁLAL. *Základy makromolekulární chemie*. Praha: SNTL - nakladatelství technické literatury, 1986. ISBN 04-621-86.
- [4] RYBNÍKÁŘ, František. *Makromolekulární chemie*. Brno: VUT v Brně, 2000, 105 s. ISBN 80-214-1556-8.
- [5] PROKOPOVÁ, Irena. *Makromolekulární chemie*. 2. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2007, 207 s. ISBN 978-807-0806-623.
- [6] VINKLÁREK, Zdeněk a Milan VONDRUŠKA. *Intermakromolekulární reakce a intermakromolekulární komplexy*. Zlín: Agentura D s. r. o., 1996
- [7] BARTOVSKÁ, Lidmila a Marie ŠÍŠKOVÁ. *Vydavatelství VŠCHT* [online]. Vydavatelství VŠCHT Praha, 2005 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z WWW: <http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-001/motor/main.obsah.html>
- [8] LOCHHEAD, Robert, Y. *The Role of Polymers in Cosmetics: Recent trends*. Washington DC: American Chemical Society, 2007
- [9] MITSUI, Takeo. *New Cosmetic Science*. New York: Elsevier Science, 1997. ISBN 04-448-2654-8.
- [10] BARAN, Robert a Howard I. MAIBACH. *Textbook of Cosmetic Dermatology*. 3rd ed. London: Taylor & Francis, 2005. ISBN 18-418-4311-3.
- [11] BAREL, A. O., M. PAYE a H. I. MAIBACH. *Handbook of Cosmetic Science and Technology*. New York: Marcel Dekker, 2001, 886 s. ISBN 08-247-0292-1.
- [12] REHM, Bernd. *Microbial Production of Biopolymers and Polymer Precursors: Applications and Perspectives*. Norfolk: Caister Academic, 2009, 293 s. ISBN 978-1-904455-36-3.
- [13] BOARD, Niir. *Modern Technology of Cosmetics*. New Dehli: Asia Pacific Business Press Inc., 2004, 659 s. ISBN 81-7833-081-4.

- [14] KOKATE, C. K., A. P. PUROHIT a S. B. GOKHALE. *Pharmacognosy*. Pune: Nirali Prakashan, 2008. ISBN 978-819-6396-15-2.
- [15] LANGMAIER, Ferdinand. *Základy kosmetických výrob*. 1. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 160 s. ISBN 80-731-8016-2.
- [16] UTB ve Zlíně. Fyzikální, chemické a technické vlastnosti povrchově aktivních látek. Vzdělávací portál [on-line]. [cit. 2012-05-07]. Dostupné z WWW: <http://utb.cepac.cz/screens/default.aspx>
- [17] TADROS, Tharwat F. *Applied Surfactants: Principles and Applications*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2005, 634 s. ISBN 35-273-0629-3.
- [18] GODDARD, E. D., ANANTHAPADMANABHAN, K. P. *Interactions of Surfactants with Polymers and Proteins*. Florida: CRC Press, 1993. ISBN 0-8493-6784-0.
- [19] MYERS, Drew. *Surfactant Science and Technology*. 3. vyd. Hoboken, New Jersey: J. Wiley Inc., 2006, 380 s. ISBN 04-716-8024-9.
- [20] LANGMAIER, Ferdinand. *Pomocné přípravky kožedělného průmyslu*. 1. vyd. Brno: VUT, 1974.
- [21] HAMPSHIRE CHEMICAL CORPORATION. *The Use of N-Acyl Sarcosinate Surfactants in Personal Care Products*. Hampshire: The Dow Chemical Company, 2000.
- [22] *Wikipedia: Sodium lauroyl sarcosinate* [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium_lauroyl_sarcosinate>
- [23] KULICKE, Werner-Michael. *Viscosimetry of Polymers and Polyelectrolytes*. Berlin: Springer, 2004, 120 s. ISBN 35 4040 760 X.
- [24] MEZGER, Thomas G. *The Rheology Handbook: For Users of Rotational and Oscillatory Rheometers*. Hannover: Vincentz Network, 2006, 252 s. ISBN 3-87870-174-8.
- [25] ISO 1628-1:2009 (E). *Plastics — Determination of The Viscosity of Polymers in Dilute Solution Using Capillary Viscometers: Part 1: General Principles*. 3. vyd. Switzerland: ISO, 2009.
- [26] ROBB, I. D. *Anionic Surfactants – Physical Chemistry of Surfactant Action*; Lucassen-Reynders, E. H., Ed.; Marcel Dekker: New York, 1981, 109 s.

- [27] NAGARAJAN, R. a B. KALPAKCI. *Microdomains in Polymer Solutions*; Dubin, P., Ed.; Plenum: New York, 1985; 369 s.
- [28] MYLONAS Y. a G. STAIKOS. Investigation of The Poly (N-isopropylacrylamide)-Sodium Dodecyl Sulfate Complexation with Viscosity: Dialysis and Time-Resolved Fluorescence Quenching Measurements. *Langmuir*. 1999, roč. 15, č. 21, s. 7172-7175.
- [29] BAKSHI, M. S., R. KAUR, I. KAUR, P. SEHGAL, H. DOE a R. K. MAHAJAGAN. Unlike Surfactant-Polymer Interactions of Sodium Dodecyl Sulfate and Sodium Dodecylbenzene Sulfonate with Water-soluble Polymers. *Colloid and Polymer Science*. 2003, roč. 281, č. 8, s. 716-726.
- [30] MAGNY, B., I. ILIOPOULOS, R. ZANA a R. AUDEBERT. Mixed Micelles Formed by Cationic Surfactants and Anionic Hydrophobically Modified Polyelectrolytes. *Langmuir*. 1994, roč. 10, č. 9, s. 3180-3187.
- [31] GREENER, J., B. A. CONSTABLE a M. D. BALE. Interaction of Anionic Surfactants with Gelatin: Viscosity Effects. *Macromolecules*. 1987, roč. 20, č. 10, s. 2490-2498.
- [32] SAXENA, A., T. ANTONY a H. B. BOHIDAR. Dynamic Light Scattering Study of Gelatin-Surfactant Interactions. *The Journal of Physical Chemistry B*. 1998, roč. 102, č. 26.
- [33] FRUHNER, H. a G. KRETZSCHMAR. The Interaction of Anionic Surfactants with Gelatin. *Colloid and Polymer Science*. 1992, roč. 270, č. 2, s. 177-182.
- [34] ARORA, J. P. S., C. PAL a D. DUTT. The Interaction between Anionic Surfactants and Gelatin. *Tenside, Surfactants, Detergents*. 1991, roč. 28, č. 3, s. 215-218.
- [35] TAVERNIER, B. H. The Interaction of Sodium N-methyl N-oleotaurine with Gelatin. *Journal of Colloid and Interface Science*. 1983, roč. 93, č. 2, s. 419-423.
- [36] TSUBONE, K. a M. J. ROSEN. Structural Effect on Surface Activities of Anionic Surfactants Having N-acyl-N-methylamide and Carboxylate Groups. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2001, roč. 244, č. 2, s. 394-398.
- [37] GRIFFITHS, P. C. a A. Y. F. CHENUNG. Interaction between Surfactants and Gelatin in Aqueous Solutions. *Materials Science and Technology*. 2002, roč. 18, č. 6, s. 591-599.

- [38] ILIOPOULOS, I., T. K. WANG a R. AUDEBERT. Viscosimetric Evidence of Interactions between Hydrophobically Modified Poly(sodium acrylate) and Sodium Dodecyl Sulfate. *Langmuir*. 1991, roč. 7, č. 4, s. 617-619.
- [39] BURON, C., C. FILIATRE, F. MEMBREY, A. FOISSY a J. F. ARGILLIER. Interactions between Gelatin and Sodium Dodecyl Sulphate: Binding Isotherm and Solution Properties. *Colloid and Polymer Science*. 2004, roč. 282, č. 5, s. 446-453.
- [40] KUDLÁČEK, Jaromír. *Enzymatické rozpouštění kolagenu typu I*. Fakulta technologická ve Zlíně, 1996. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [41] ROBB, I. D. a P. STEVENSON. Interaction between Poly(acrylic acid) and a Ethoxylated Nonionic Surfactant. *Langmuir*. 2000, roč. 16, č. 18, s. 7168-7172.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CAC	kritická agregační koncentrace
CMC	kritická micelární koncentrace
et al.	a kolektiv
GAG	glukosaminoglykan
HLB	hydrofilně-lipofilní rovnováha
IEP	izoelektrický bod
INCI	International Nomenclature of Cosmetic Ingredients – Mezinárodní nomenklatura kosmetických ingrediencí
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry – Mezinárodní unie pro čistou a užitou chemii
PAL	povrchově aktivní látka
PE	polyetylen
PVP	polyvinylpyrrolidon
q.s.	quantum satis – množství dle potřeby
SDBS	dodecylbenzensulfonát sodný
SDS	dodecylsulfát sodný
SDSa	Sodium lauroyl sarcosinate
w/v	weight/volume – hmotnost/objem

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Distribuční křivka relativních molekulových hmotností.....	11
Obrázek 2 – Schematické znázornění uspořádání merů v polymeru.....	13
Obrázek 3 – Prostorová stavba řetězce	14
Obrázek 4 – Takticita polymerních řetězců.....	15
Obrázek 5 – Vzorec sodium [dodecanoyl(methyl)amino]acetate.....	28
Obrázek 6 – Schéma interakce polymer-tenzid	29
Obrázek 7 – Ubbelohdeho viskozimetr	32
Obrázek 8 – Závislost relativní viskozity želatiny na koncentraci SDS.....	34
Obrázek 9 – Závislost relativní viskozity na koncentraci SDS	35
Obrázek 10 – Modely interakcí polymer-tenzid	36
Obrázek 11 – Závislost absorbance roztoku želatiny na pH.....	43
Obrázek 12 – Použitá aparatura	44
Obrázek 13 – Viskozimetrické chování systému želatina SDSa	45
Obrázek 14 – Viskozimetrické chování systému želatina-Igepal CA 720	46
Obrázek 15 – Viskozimetrické chování systému želatina-směs SDSa/Igepal.....	48

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Rámcové složení vlasového kondicionéru.....	23
Tabulka 2 – Rámcové složení čistícího pleťového gelu	24
Tabulka 3 – Rámcové složení tekutých očních linek	24