

Interakce polymerů s tenzidy

Pavína Holčapková

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: **Pavína HOLČAPKOVÁ**
Osobní číslo: **T09054**
Studijní program: **B 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie výroby tuků, kosmetiky a detergentů**

Téma práce: **Interakce polymerů s tenzidy**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Zpracujte literární studii na téma interakce polymerů s tenzidy.
2. Charakterizujte želatinu jako přírodní polymer.

II. Praktická část

1. Sledujte interakci želatiny B s vybraným anionickým tenzidem a jeho směsí s neionickým surfaktantem.
2. Diskutujte získané výsledky.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

E.D. Goddard, K.P. Ananthapadmanabhan, Interactions of Surfactants with Polymers and Proteins, CRC Press, Inc. Florida, 1993.

P.C. Griffiths, A.Y.F. Cheung, Interactions between surfactants and gelatin in aqueous solutions, Materials Science and Technology, 18,2002 591 – 599.

E. Vincencová, Interakce anionických a neionických surfaktatů se želatínou, Diplomová práce FT UTB, Zlín 2010.

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: Holčápková Pavlína.....

Obor: TVTKD.....

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 21.5.2012

..... Holčápková

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

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

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

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

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

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

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

(1) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). 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

Bakalářská práce se zabývá interakcemi želatiny B s anionickým tenzidem N-Lauryl sarkosinátem sodným (SDSa) a jeho směsí s neionickým tenzidem Igepal CA 720. Sledování interakcí bylo prováděno pomocí konduktometrických titrací při teplotě 40 °C. Bylo zjištěno, že při podmínkách pokusu dochází k interakci želatiny se SDSa i jeho směsí s Igepalem. Konduktometrická titrace není nejvhodnější metodou pro zjišťování kvantitativního průběhu zmiňovaných interakcí.

Klíčová slova: želatina, tenzidy, N-lauryl sarkosinát sodný (SDSa), Igepal CA 720, konduktometrie, interakce, kritická micelární koncentrace

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with interactions of gelatine B with anionic surfactant Sodium lauroyl sarcosinate (SDSa) and its mixture with nonionic surfactant Igepal CA 720. Study of interactions was carried out by conductometric titrations at 40 °C. It was found that in conditions of an experiment, gelatin interacts with SDSa and with its mixture with Igepal. Conductometric titration is not the best method for detection of the quantitative process of the mentioned interactions.

Keywords: gelatin, Sodium lauroyl sarcosinate (SDSa), Igepal CA 720, conductometry, interactions, critical micelle concentration

Chtěla bych zde poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Jiřímu Krejčímu, CSc. za jeho čas, odborné vedení, cenné rady, připomínky a pomoc, které mi byly poskytnuty během vypracovávání bakalářské práce.

Také děkuji své rodině a příteli za poskytnuté podmínky k napsání této práce a podporu při studiu na vysoké škole.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 POLYMERY	12
1.1 ZÁKLADNÍ POJMY	12
1.2 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY POLYMERŮ	12
1.2.1 Konstituce makromolekul	12
1.2.2 Molekulová hmotnost.....	13
1.3 TYPY POLYMERŮ	14
1.4 POLYMERY V KOSMETICE.....	15
1.4.1 Biopolymery v kosmetice	15
1.4.2 Syntetické polymery v kosmetice	16
1.5 ŽELATINA JAKO POLYMER	17
2 SURFAKTANTY	20
2.1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY SURFAKTANTŮ	20
2.1.1 Struktura.....	20
2.1.2 Základní vlastnosti PAL.....	20
2.2 TYPY TENZIDŮ.....	22
2.2.1 Klasifikace tenzidů podle hydrofilní složky	22
2.2.2 Klasifikace podle hodnoty HLB.....	23
2.3 TENZIDY VYUŽÍVANÉ V KOSMETICE	24
2.3.1 Detergenční (čistící) prostředky	24
2.3.2 Emulgátory	27
3 INTERAKCE POLYMER–TENZID	28
3.1 TYPY INTERAKCÍ	29
3.1.1 Interakce nenabitého polymeru s nabitým tenzidem.....	29
3.1.2 Interakce nabitého polymeru s opačně nabitým tenzidem	30
3.1.3 Interakce nenabitého polymeru s neionickým tenzidem.....	31
3.2 TECHNIKY VYUŽÍVANÉ PŘI MĚŘENÍ INTERAKCÍ	31
3.2.1 Stanovení sorpční izotermy.....	31
3.2.2 Povrchové napětí	32
3.2.3 Elektrická vodivost.....	32
3.2.4 Viskozita	34
3.2.5 Solubilizace nerozpustných barviv	34
3.3 INTERAKCE ŽELATINY S TENZIDY	34
3.3.1 Studium interakce želatina–ionický tenzid pomocí povrchového napětí.....	35
3.3.2 Viskozimetrické stanovení interakce želatina–ionický tenzid	36
3.3.3 Studium interakce želatiny s tenzidy pomocí zákalových křivek	36
3.3.4 Konduktometrické stanovení interakce želatina–ionický tenzid.....	37

II PRAKTICKÁ ČÁST	39
4 POUŽITÉ CHEMIKÁLIE A ZAŘÍZENÍ	40
4.1 POUŽITÉ CHEMIKÁLIE	40
4.2 POUŽITÉ PŘÍSTROJE	40
4.3 POUŽITÉ POMŮCKY	40
4.4 POUŽITÉ POSTUPY MĚŘENÍ	41
4.4.1 Charakteristika použitých materiálů	41
4.4.1.1 Charakterizace želatiny B	41
4.4.1.2 Charakterizace SDSa	42
4.4.2 Příprava zásobních roztoků	42
4.4.2.1 Příprava 2 % roztoku želatiny B	42
4.4.2.2 Příprava cca 0,5M roztoku SDSa o pH 5,8	43
4.4.2.3 Příprava cca 0,5M roztoku Igepalu CA 720	43
4.4.3 Příprava pracovních roztoků	43
4.5 METODY SLEDOVÁNÍ INTERAKCE ŽELATINA–SDSA	44
4.5.1 Konduktometrické titrace	44
5 VÝSLEDKY A DISKUZE	45
5.1 STANOVENÍ KRITICKÉ MICELÁRNÍ KONCENTRACE SDSa	45
5.2 STANOVENÍ C.M.C. SMĚSI SDSa–IGEPAL CA 720	47
5.3 KONDUKTOMETRICKÉ HODNOCENÍ INTERAKCE TENZIDŮ SE ŽELATINOU	49
5.3.1 Interakce želatina–SDSa	49
5.3.2 Interakce želatina–směs tenzidů	50
ZÁVĚR	53
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	54
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	58
SEZNAM OBRÁZKŮ	59
SEZNAM TABULEK	60

ÚVOD

Řada běžně využívaných výrobků jak v potravinách, farmacii, ale i v jiných odvětvích průmyslu obsahuje jak polymery přírodního nebo syntetického charakteru, tak povrchově aktivní látky. Obě dvě skupiny těchto látek plní ve zmiňovaných výrobcích řadu různých funkcí. Složení výrobků musí být voleno tak, aby buďto nedocházelo mezi těmito látkami k vzájemným interakcím, které by mohly změnit vlastnosti výrobků, anebo je případných interakcí těchto složek v daných výrobcích cíleně využíváno.

Interakce polymerů s tenzidy jsou rozsáhleji studovány již několik desítek let. Tenzidy jsou povrchově aktivní látky, které tvoří nepostradatelnou součást většiny kosmetických výrobků, ve kterých zastávají především roli čistících látek (detergentů) a emulgátorů. Druhou nejčastější skupinou přísad používaných v kosmetice a prostředcích osobní hygieny jsou polymery. Ty mohou plnit řadu různých funkcí například jako filmotvorné látky, fixátory, zahušťovadla, emulgátory, kondicionéry, emolienty, stabilizátory emulzí a pěn, atd. Bylo prokázáno, že určité typy polymerů mohou agregovat s různými typy tenzidů. Tyto interakce v konečném důsledku ovlivňují chování kosmetických výrobků.

Cílem práce bylo popsat typy a vlastnosti tenzidů a polymerů používaných v kosmetice, jejich vzájemné interakce a experimentálně studovat interakci želatiny s vybranými tenzidy.

Teoretická část práce se zabývá obecně polymery i tenzidy a jejich využitím v kosmetice. Pozornost je pak zvláště věnována želatině, jakožto přírodnímu polymeru, který vzniká jako štěpný produkt kolagenu a anionickému tenzidu N-laurylsarkosinátu sodnému. Zmíněný tenzid patří mezi anionické tenzidy s amidickým můstkem a díky jeho výhodným vlastnostem je využíván v mnoha čistících kosmetických prostředcích. Významnou součástí a zároveň cílem teoretické části bylo zpracovat literární studii na téma interakce polymerů s tenzidy v homogenní fázi.

Praktická část je zaměřena na sledování interakce želatiny B se zmiňovaným anionickým tenzidem a jeho směsí s tenzidem neionickým. Studium interakce bylo prováděno pomocí konduktometrických měření.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERY

Polymery jsou makromolekulární látky, které vznikají spojováním molekul nízkomolekulárních látek (monomerů) chemickými vazbami [1].

Obecně se termínu polymer používá pro makromolekuly charakterizované specifickými vlastnostmi, které přísluší molekulám s dlouhou řetězcovou strukturou [2].

1.1 Základní pojmy

Polymer je látka tvořená makromolekulami, pro které je charakteristické mnohonásobné opakování jednoho nebo více druhů atomů nebo skupin atomů (konstitučních jednotek) navzájem spojených ve velkém počtu [3].

Oligomer je látka tvořená molekulami, které obsahují několik konstitučních jednotek opakovaně spojených mezi sebou. Na rozdíl od polymerů se fyzikální vlastnosti oligomeru změni přidáním nebo odstraněním jedné nebo několika konstitučních jednotek [3].

Konstituční jednotka může být atom nebo skupina atomů, které jsou přítomné v řetězci polymeru. Nejmenší seskupení atomů, které se periodicky v řetězci opakuje (tzv. opakující se konstituční jednotka) se nazývá strukturální jednotkou polymerního řetězce [4].

Monomer je nízkomolekulární látka a jejich spojováním vznikají polymery. Z molekuly monomeru se jejím zabudováním do makromolekuly polymeru stane základní stavební jednotka makromolekuly, kterou nazýváme **mer** [1].

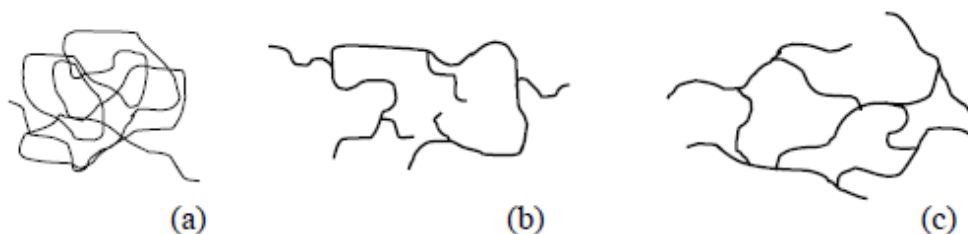
Polymerace je chemický proces, kdy z jednoduchých molekul monomeru vzniká polymer. Mezi základní typy polymerace patří: řetězové polymerace (radikálové a iontové), polykondenzace, polyadice a koordinační polymerace [2].

1.2 Základní charakteristiky polymerů

1.2.1 Konstituce makromolekul

Z hlediska konstituce makromolekul se rozlišují polymery lineární, větvené a síťované (viz obr. 1).

V důsledku otáčivosti atomů kolem jednoduchých vazeb mohou zaujímat lineární makromolekuly různé konformace, kdy energeticky nejvýhodnější a nejpravděpodobnější je jejich výskyt ve tvaru klubka [3].



Obr. 1 – Konstituce makromolekul – lineární (a), větvené (b) a síťované (c) [3]

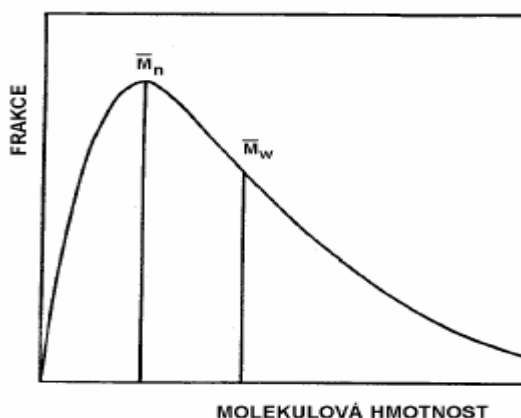
1.2.2 Molekulová hmotnost

Na rozdíl od nízkomolekulárních látek nejsou řetězce jedné a téže makromolekulární látky stejně dlouhé. Tzn. že u makromolekulárních látek nejde přesně určit hodnota relativní molekulové hmotnosti, a proto se statisticky stanovuje distribuce molekulových hmotností. Tuto distribuci lze názorně vyjádřit tzv. distribuční křivkou (viz obr. 2), což je závislost hmotnosti polymeru o dané velikosti makromolekuly (frakce) na délce řetězce nebo jeho molekulové hmotnosti [1].

V praxi se nejčastěji používají dva různé průměry molekulových hmotností:

- hmotnostně střední relativní molekulová hmotnost \overline{M}_w
- číselně střední relativní molekulová hmotnost \overline{M}_n

Poměr těchto dvou hmotností je označován jako index polydisperzity K (nově faktor neuniformity) a je definován vztahem $K = \overline{M}_w / \overline{M}_n$ [4].



Obr. 2 – Distribuční křivka molekulových hmotností polymeru [1]

Molekulová hmotnost a její distribuce ovlivňují především teplotu měknutí polymerů, jejich rozpustnost, viskozitu roztoků, pevnost, pružnost, tepelnou stálost a další vlastnosti, především odolnostní charakteristiky [1].

1.3 Typy polymerů

Polymery lze dělit na základě nejrůznějších kritérií. Za nejběžnější je možno považovat dělení podle druhu meru, náboje nebo původu polymeru.

Podle druhu meru se polymery dělí na homopolymery a kopolymery.

Homopolymery jsou polymery, jejichž makromolekulární řetězce tvoří pouze mery jednoho druhu.

Kopolymery jsou tvořeny mery různých druhů. Podle rozmístění jednotlivých druhů merů v řetězci dělíme dále kopolymery na statistické, alternující, blokové a roubované [3] [4].

Podle náboje, respektive podle přítomnosti a charakteru funkčních skupin, jsou polymery děleny na neionogenní a polyelektrolyty (ionogenní).

Neionogenní polymery jsou takové makromolekulární látky, jejichž polymerní řetězce nenesou žádné funkční skupiny, které by byly schopné elektrolytické disociace [5].

Polyelektrolyty jsou naopak makromolekulární látky, jejichž řetězec obsahuje disociovatelné funkční skupiny. Každý polyelektrolyt (PEL) se formálně skládá z polyiontu (makroiontu) a ekvivalentního množství opačně nabitých „malých“ iontů (protiiontů). Podle proteolytického chování se dělí PEL na polykyseliny a jejich soli (disociují na polyanionty a kladně nabitě protiionty), polybáze a jejich soli (disociují na polykationty a záporně nabitě protiionty) a polyamfolyty. Polyamfolyty jsou schopné vytvářet v roztocích jak polykationty, tak polyanionty v závislosti na aktivitě vodíkových iontů H^+ v daném roztoku (tzn. na hodnotě pH). Základním stavem každého polyamfolytu je tzv. izoelektrický bod, který odpovídá hodnotě pH, kdy řetězec nese stejné množství kladně a záporně nabitých skupin [5].

Posledním zmiňovaným a zároveň nejpoužívanějším dělením polymerů je dělení podle původu. Rozlišují se polymery přírodní (biopolymery) a syntetické.

Biopolymery se nacházejí v přírodě (v tělech rostlin nebo živočichů). Mezi nejdůležitější patří bílkoviny, polysacharidy, nukleové kyseliny a polyterpeny.

Syntetické polymery se v přírodě samovolně nevyskytují, ale vznikají činností člověka. Jsou vyráběny chemickou syntézou [1].

1.4 Polymery v kosmetice

Polymery patří mezi druhou největší a nejvýznamnější skupinu přísad používaných v kosmetice a prostředcích osobní hygieny. Vzhledem k jejich různorodosti v chemickém složení a fyzikálních vlastnostech mají široké uplatnění. V kosmetice jsou využívány například jako filmotvorné látky, fixátory, modifikátory reologických vlastností, zahušťovadla, emulgátory, kondicionéry, emolienty, stabilizátory emulzí a pěn, antimikrobika atd. [6].

1.4.1 Biopolymery v kosmetice

Celulóza a její deriváty

Celulóza jakožto lineární polymer je základním strukturním polysacharidem buněčných stěn vyšších rostlin [7]. V kosmetice jsou využívány její deriváty – etery a estery. Mezi nejvýznamnější etery patří metylcelulóza, hydroxyethylcelulóza a karboxymethylcelulóza, které se používají především k zahušťování (úpravě reologických vlastností) kosmetických prostředků (KP) nebo jako kondicionační přísady. Estery celulózy – nitrocelulóza a acetátcelulóza, jsou využívány jako filmotvorné látky (např. v lacích na nehty) [6].

Škrob a jeho deriváty

Škrob patří mezi zásobní polysacharidy rostlin a skládá se z ve vodě rozpustné amylozy a nerozpustného amylopektinu. Pro kosmetické účely jsou využívány modifikované škroby (podobně jako u celulózy eterifikací a esterifikací) či škroby síťované. V KP slouží k úpravě reologických vlastností, tvorbě filmů, jako stabilizátory emulzí, složka vlasových kondicionérů nebo pudrů [6].

Proteiny – kolageny, elastiny, keratiny

Proteiny neboli bílkoviny jsou polymery, které ve své molekule obsahují více než 100 aminokyselin vzájemně spojených peptidovou vazbou [7]. V kosmetice jsou využívány bílkoviny se strukturní funkcí (kolageny, elastiny a keratiny), zvláště pak jejich hydrolyzáty. Pro svou schopnost zadržovat značné množství vody a regulovat tak obsah vlhkosti v pokožce nebo vlasech jsou významnými komponentami kosmetických přípravků k péči o tělo i vlasy. Kolagen a elastin se snadno vážou na pokožku a vlasy, kde působí jako látky zadržující vlhkost (humektanty), zvláčňují je a zároveň vytvářejí ochrannou vrstvu. Hydrolyzáty keratinu se taktéž mohou vázat na strukturu vlasů nebo nehtů a vyhlazovat jejich povrch či je zpevňovat [8].

Přírodní pryskyřice (gumy a slizy)

Jedná se o substituované polysacharidy rozpustné ve vodě, např. arabskou gumu (míza z Akácií) nebo xanthanovou gumu (produkt mikroorganismů). V KP jsou využívány jako stabilizátory emulzí o/v (olej ve vodě), slouží k tvorbě gelů i jako humektanty [6].

Glukozaminoglykany (GAG) – kyselina hyaluronová, chitosan

Mezi nejdůležitější GAG patří kyselina hyaluronová. Po chemické stránce je to lineární polysacharid, jehož základ tvoří kyselina D-glukuronová a N-acetyl-D-glukosamin [8]. V kosmetice se používá buď volná kyselina hyaluronová nebo její sodná sůl. Díky velké schopnosti vázat vodu, je využívána především jako složka hydratačních přípravků [9].

Do této skupiny patří také chitosan, což je deacetylovaný derivát chitinu (polysacharid obsažený ve schránkách korýšů, krovkách hmyzu a buněčných stěnách hub). V kosmetice je využíván podobně jako kys. hyaluronová jako humektant, v přípravcích k ošetřování pokožky a vlasů [8].

1.4.2 Syntetické polymery v kosmetice

V kosmetice je využíváno velké množství syntetických polymerů, především ve formě kopolymerů a síťovaných polymerů.

Akrylové polymery

Akryláty jsou jedny z nejčastějších polymerních ingrediencí ve vodných systémech KP. Díky jejich netoxicitě jsou jedny z mála, které se dají používat blízko očí.

Mezi zástupce akrylátů nesoucí záporný náboj patří karbomery, což jsou většinou homopolymery kys. akrylové a častěji kopolymery kys. akrylové a polyalkenylesterů často síťované allylovými sloučeninami. Ty jsou rozpustné ve vodě za tvorby velmi viskozních roztoků, netoxické a dobře snášeny kůží. V KP jsou používány k úpravě viskozity, jako gelotvorný prostředek a stabilizátory emulzí [6].

Menší část polyakrylátů s kladným nábojem je řazena mezi tzv. polyquaternia (kopolymery nebo homopolymery síťované činidlem nesoucím kvartérní dusík). Tyto látky jsou využívány především ve vlasové kosmetice [6].

Polymery na bázi polyvinylpyrrolidonu (PVP)

Tyto látky patří mezi filmotvorné polymery a jsou tedy používány ve vlasové kosmetice jako fixační prostředek. Dále také jako stabilizátory emulzí nebo na úpravu textury KP [6].

Polymery na bázi polyetylen glykolu (PEG)

Podle hodnoty molární hmotnosti se jedná o kapaliny až vosky. Komerční název těchto sloučenin je Makrogol a číslo, které udává průměrnou molární hmotnost [10].

V kosmetice je využíván polyetylen glykolový vosk, esterifikované PEG (nejčastěji kys. stearovou) nebo kopolymery PEG. V KP slouží k úpravě viskozity, jako gelotvorný prostředek, stabilizátory emulzí a fungují i jako emolienty a částečně jako humektanty [6].

Silikony

Molekuly silikonů jsou složeny z řetězců, v nichž se pravidelně střídají atomy křemíku (Si) a kyslíku (O). Jejich použití v kosmetice je velmi široké díky tomu, že kromě základního Si-O řetězce mají navázány různé funkční skupiny, které mění jejich vlastnosti.

Výhody silikonů spočívají především v neutrálních vlastnostech vůči lidské pokožce (velmi dobrá snášenlivost), schopnostech tvořit velmi tenký film (díky nízkému povrchovému napětí), odolnosti proti vodě, zvýšeným teplotám či oxidaci [9]. Přes všechny tyto pozitiva jsou silikony v poslední době látky velmi diskutované a nejsou povoleny v biokosmetice, díky faktu, že jejich strukturní řetězec není zcela kompatibilní se složením lidské kůže.

Mezi nejrozšířenější silikonové sloučeniny patří methylsilikonové oleje, které jsou využívány jako základy krémů, zlepšují penetraci biologicky aktivních látek do kůže, chrání pokožku před agresivními látkami v čistících prostředcích, atd. Modifikacemi silikonových olejů je dosaženo výhodnějších vlastností. Např. methylfenylsilikonové oleje mají lepší schopnost vsakovat se do kůže a vlasů nebo polysiloxanově-polyeterové kopolymery, které jsou již rozpustné ve vodě a mají vlastnosti neionických tenzidů [9].

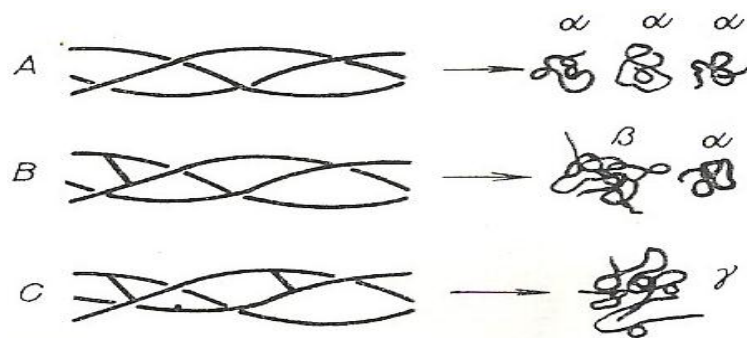
Silikony bývají součástí antiperspirantů, šamponů, vlasových kondicionérů, v dekorativní kosmetice, přípravcích péče o pleť (krémy, tělová mléka) i opalovacích přípravcích.

1.5 Želatina jako polymer

Želatina je ve vodě rozpustný protein, který se řadí mezi biopolymery. Je to průhledná, křehká pevná látka, světle žluté barvy, téměř bez chuti a bez zápachu [11]. Vzniká jako štěpný produkt kolagenu při extrakci kolagenních materiálů (kůže, kosti, šlachy) za tepla v kyselém nebo alkalickém prostředí [8].

Kolageny patří mezi fibrilární proteiny se strukturální funkcí a vyskytují se téměř ve všech pojivových tkáních jako jsou kůže, chrupavky, cévní stěny, zuby i kosti. Základní strukturu kolagenních vláken tvoří molekuly tropokolagenu, které jsou složeny ze tří vzájemně stočených, stejně dlouhých řetězců (převážně speciálních α -helixů). Tato struktura umožňuje vytvářet vlákna s vysokou pevností v tahu [7].

Jak již bylo výše zmíněno, želatina je získávána za určitých podmínek z kolagenu, resp. denaturací tropokolagenových molekul. Mechanismus denaturace tropokolagenu je dvoustupňový proces. V první fázi dojde nejprve ke zborcení trojitě spirály a makromolekula tropokolagenu se stáhne do tzv. „statistického“ klubka, v němž jsou jednotlivé řetězce stále ještě navzájem spojeny. Ve druhé fázi se tato klubka rozpadávají na tři frakce – α , β a γ (viz obr. 3). Frakci α tvoří jeden polypeptidický řetězec původní spirály, frakce β je tvořena dvěma řetězci spojenými ne zcela známými vazbami a frakce γ představuje tři řetězce v nezměněné formě statistického klubka [12].



Obr. 3 – Denaturace tropokolagenu: α – frakce alfa;
 β – frakce beta; γ – frakce gama (statistické klubko) [12]

Velká heterogenita štěpů nativní molekuly kolagenu je důvodem značné distribuce molekulových hmotností želatiny, která se pohybuje od 20 000 do 300 000 g.mol⁻¹ [12].

Z hlediska obsahu aminokyselin (AMK) je možno želatinu považovat za chemicky velmi čistou formu kolagenu. Skládá se z 18 různých AMK, avšak v její molekule převládá především glycin a cyklické iminokyseliny – prolin a hydroxyprolin. Právě zmiňovaný glycin (s prakticky žádným bočním řetězcem) a prolin (se zacykleným bočním řetězcem) hrají důležitou roli při stavbě sekundární struktury polypeptidového řetězce. Konkrétně struktura prolinu je zodpovědná za tvorbu šroubovice, která se mírně liší od klasické α -šroubovice. Ze zbylých AMK je ve větším množství zastoupen také alanin, bazický arginin a z kyselých AMK jsou přítomny kromě kys. asparagové a glutamové i jejich amidy [12].

Jelikož želatina neobsahuje esenciální aminokyselinu tryptofan, je vyřazena ze skupiny biologicky úplných proteinů, protože neobsahuje všechny AMK nezbytné pro syntézu tkání [8].

Z hlediska rozdělení polymerů podle přítomnosti a charakteru funkčních skupin patří želatina mezi polyelektrolyty a chová se jako polyamfolyt. To znamená, že se může chovat jako kyselina nebo zásada v závislosti na pH roztoku, ve kterém se vyskytuje [13].

Pro želatinu je charakteristická hodnota izoelektrického bodu, tj. pH roztoku, kdy je želatina elektricky neutrální. Pod touto hodnotu nese želatina kladný náboj (chová se jako kyselina) a nad tímto pH je nabitá záporně (chová se jako zásada) [14].

Rozlišují se dva druhy želatiny, které se liší způsobem přípravy a především hodnotou izoelektrického bodu – želatina typu A a B.

Želatina typu A je získávána kyselou extrakcí a obvykle je vyráběna z vepřových kůží. Oproti tomu želatina typu B se získává alkalickou extrakcí a pochází převážně z kůží hovězích [11]. Hodnota izoelektrického bodu alkalicky připravené želatiny (typu B) se nachází v rozmezí pH 4,7 – 6. Jeho posun do kyselé oblasti je způsoben hydrolyzou amidických skupin u glutaminu a asparaginu a jejich rozpadem na kyseliny, od nichž jsou odvozeny. Isoelektrický bod kyselě připravené želatiny (typu A) se významně nemění a pohybuje v okolí pH 7 – 9. Kyselě připravená želatina se tedy hodnotou pH i složením AMK blíží více kolagenu [12].

V tabulce č. 1 jsou pro názornost srovnány některé další vlastnosti jedlých želatin.

Tab. 1 – Specifické vlastnosti jedlých želatin [11]

	Želatina typu A	Želatina typu B
Izoelektrický bod	7,0 – 9,0	4,7 – 6,0
Pevnost gelu [bloom]	50 – 300	50 – 300
Viskozita [mPa.s]	15 – 75	20 – 75
Obsah popelovin [%]	0,3 – 2,0	0,5 – 2,0

Želatina nachází uplatnění v mnoha odvětvích průmyslu. Je využívána jak pro technickou praxi, tak i v potravinářském, fotografickém a farmaceutickém průmyslu. V kosmetice se používá jako součást krémů a především ve formě hydrolyzátů v přípravcích na vlasy [13].

2 SURFAKTANTY

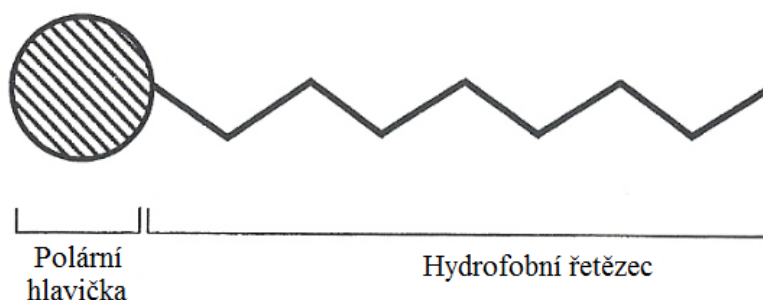
Surfaktanty jsou látky, které snižují povrchové napětí na fázovém rozhraní. Díky tomu jsou označovány jako povrchově aktivní látky (PAL). Termínům PAL a surfaktant odpovídá také název tenzid, jež je v užším slova smyslu PAL, která snižuje povrchové napětí již v relativně nízkých koncentracích a je pro to cílně využívána [15].

2.1 Základní charakteristiky surfaktantů

2.1.1 Struktura

Surfaktanty jsou většinou sloučeniny o relativně nízké střední molekulové hmotnosti, jejichž molekuly mají amfipatickou (amfifilní) strukturu, což znamená, že se skládají z jedné hydrofobní (nepolární) a druhé hydrofilní (polární) části (viz obr. 4).

Hydrofobní část molekuly je obecně snadno rozpustná v oleji, ale málo rozpustná nebo nerozpustná ve vodě, a naopak hydrofilní část je těžko rozpustná nebo nerozpustná v oleji, ale snadno rozpustná ve vodě [16].



Obr. 4 – Schéma molekuly surfaktantu [16]

Hydrofobní část molekuly v běžných surfaktantech tvoří většinou uhlovodíkový řetězec, ale v některých více specializovaných případech může řetězec tvořit například polydimethylsiloxan nebo řetězec s fluorovanými uhlovodíky [17].

2.1.2 Základní vlastnosti PAL

Specifické vlastnosti surfaktantů jsou dány chemickou a fyzikální strukturou jejich molekul. Základní vlastností PAL je již zmiňovaná schopnost snižovat povrchové napětí rozpouštědel, čímž je usnadněno smáčení povrchu a zároveň i odstraňování nečistot. V jejich přítomnosti je dále možné rozpouštění látek ve vodě nerozpustných nebo málo rozpustných (tento jev se nazývá solubilizace). Mimo zmiňovaných smáčecích,

detergenčních a solubilizačních vlastností mají tenzidy také výrazné pěnicí a emulgační schopnosti. Stabilizují disperzní systémy a celkově ovlivňují fyzikálně-chemické vlastnosti materiálů [9]. Výše uvedené vlastnosti tenzidů jsou dány existencí micel.

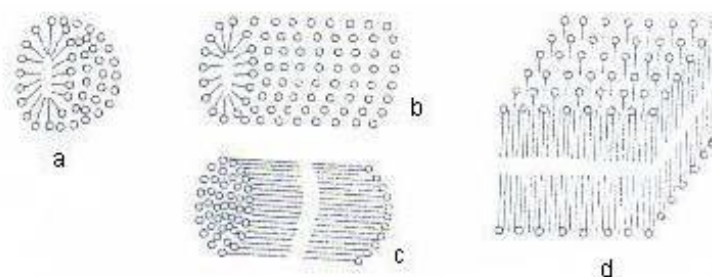
Vlastnosti roztoků PAL – tvorba micel

Při nízkých koncentracích se vyskytují molekuly PAL ve vodném roztoku po dosažení rovnováhy ve dvou stavech. Nejprve molekuly difundují na fázové rozhraní, kde vytváří povrchový film, který je orientován tak, že hydrofobní řetězce směřují do plynné fáze. Druhou formou jsou jednotlivé molekuly volně pohyblivé v rozpouštědle (tj. ve vodě).

Dalším zvyšováním koncentrace PAL v roztoku dojde při určité koncentraci ke spontánní asociaci molekul PAL za vzniku nadmolekulárních celků, označovaných jako micely [15].

Koncentrace, při které ke vzniku micel dochází, se nazývá kritická micelární koncentrace (c.m.c., CMC). Kritická micelární koncentrace je velmi důležitá hodnota, protože po jejím dosažení dochází k výrazným (skokovým) změnám ve fyzikálně-chemických i některých technických vlastnostech roztoků PAL [15]. Jedná se například o změny povrchového napětí, vodivosti, hustoty, osmotického tlaku, optické změny (zákal), atd. Se vznikem micel také úzce souvisí zlepšení užitkových vlastností tenzidů, jako např. vyšší detergenční účinek, schopnost solubilizace, emulgační účinek a vyšší stálost disperzních soustav [18]. Velikost c.m.c. ovlivňuje celá řada faktorů, kdy mezi nejdůležitější z nich patří struktura PAL, teplota, tlak a iontová síla.

Důležitou roli při ovlivňování vlastností roztoků PAL hraje velikost, tvar a struktura micel. Micelu tvoří hydrofobní jádro a hydrofilní obal. V současné době se připouští různé tvary micel, jejichž základní typy jsou na obr. 5. Sférické micely jsou typické pro ionické tenzidy, válcové micely mohou tvořit některé neionické PAL a lamelární micely se vyskytují především v koncentrovanějších roztocích tenzidů [15].



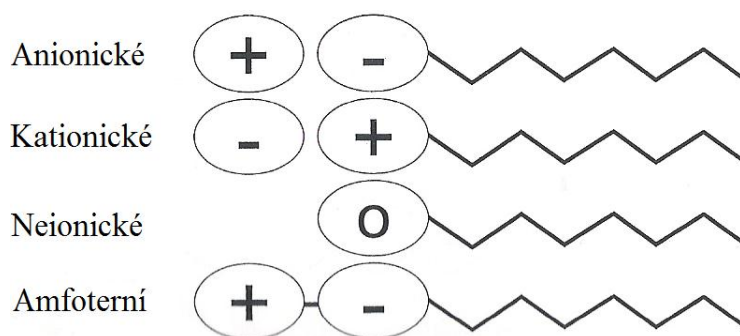
Obr. 5 – Základní tvary micel: a – sférická, b – válcová,
c – tyčinková, d – lamelární [18]

2.2 Typy tenzidů

Tenzidy je možno dělit na základě různých kritérií. Například podle typu hydrofobní nebo hydrofilní složky, HLB hodnoty (hydrofilně-lipofilní rovnováha) či názvosloví organických sloučenin [15].

2.2.1 Klasifikace tenzidů podle hydrofilní složky

Mezi nejčastěji používané patří dělení podle typu hydrofilní složky, které určuje iontový charakter dané látky (viz obr. 6). Principem je schopnost hydrofilní skupiny ve vodných roztocích disociovat na ionty. Podle tohoto kritéria se rozlišují tenzidy neionické a ionické, které se dále dělí na anionické, kationické a amfoterní [18].



Obr. 6 – Schéma různých typů tenzidů [16]

Anionické tenzidy jsou historicky nejstarší a současně nejpoužívanější PAL. Nositelem povrchové aktivity je anion a jako protionty se nejčastěji uplatňují sodné, draselné nebo amonné kationty. Mají výborné čisticí účinky a kromě využití v hygienických prostředcích nacházejí uplatnění také jako smáčedla, emulgátory, detergenty, apod. Podle charakteru polární skupiny dále rozdělujeme anionické tenzidy na PAL s karboxylovou skupinou (mýdla), sulfáty, sulfonáty a minoritní PAL s jinými skupinami (fosfáty aj.). Pro využití v kosmetice jsou zaváděny do molekul různé typy můstků (amidický, esterický nebo eterický), které zlepšují vlastnosti využívaných tenzidů, jako například rozpustnost, odolnost proti tvrdé vodě, zvýšené teplotě, nižšímu pH a v neposlední řadě lepší snášenlivost s pokožkou [19].

Kationické tenzidy jsou sloučeniny s jednou nebo více funkčními skupinami, které ve vodných roztocích disociují na kladně nabitě organické ionty, a ty jsou nositelem povrchové aktivity [18]. Kationické tenzidy jsou většinou horší detergenty než jiné typy PAL a s anionickými tenzidy tvoří ve vodě nerozpustné komplexy [17]. Jsou využívány především jako antistatické přípravky, inhibiční prostředky koroze, textilní změkčovadla

nebo vlasové kondicionéry. Pro své dezinfekční účinky mohou být také součástí baktericidních nebo fungicidních přípravků. Z chemického hlediska je v molekule kationických tenzidů typická přítomnost dusíku. Nejčastěji používané jsou PAL na bázi aminů a kvartérní amoniové soli [19].

Amfoterní tenzidy jsou rozdělovány na klasické a zwitterionické PAL. Klasické amfoterní tenzidy se chovají jako klasické amfolyty, tzn. že náboj obou skupin (bazické i kyselé) je závislý na pH prostředí. V alkalickém prostředí ztrácí náboj bazická skupina, v kyselém prostředí skupina kyselá. Zwitterionické tenzidy si ponechávají kladný náboj (představovaný kvartérní amoniovou solí) v celém rozmezí pH a jeho odstranění by způsobilo destrukci struktury molekuly. Náboj kyselé skupiny (karboxylové) je závislý stejně jako u amfoterních tenzidů na pH prostředí [15]. Amfoterní tenzidy se využívají obvykle ve spojení s jinými tenzidy (ionickými i neionickými) k posílení požadovaných vlastností jako jsou tvorba pěny nebo detergenční účinky. Jelikož optimální povrchová aktivita amfoterních tenzidů je v oblasti neutrálního pH, jsou využívány v prostředcích osobní hygieny (sprchové gely, šampony, koupelové pěny, atd.) díky jejich jemnosti a snášenlivosti s pokožkou [17].

Neionické tenzidy jsou sloučeniny, jejichž hydrofilní část není schopna disociace. Hydrofilní část molekuly je tvořena větším množstvím kyslíkatých můsteků, hydroxylových skupin nebo jejich kombinací. Mezi nejběžnější neionické PAL patří deriváty etylenoxidu (obsahující eterický můstek) a zbytek je založen na kondenzaci s polyoly jako jsou glycerol, polyglyceroly, glukóza, sacharóza aj. Oproti ionickým tenzidům se liší rozpustností a její závislosti na teplotě. Většina neionických tenzidů má nejméně o 1 řád nižší c.m.c. než ionické PAL. Výhodou je také, že jejich povrchová aktivita není závislá na hodnotě pH prostředí a vzhledem k charakteru hydrofilní části molekuly nejsou citlivé na přítomnost vápenatých a hořečnatých iontů [19].

2.2.2 Klasifikace podle hodnoty HLB

Hodnota HLB (hydrofilně-lipofilní rovnováha) definuje rovnovážný poměr mezi hydrofilní a lipofilní (hydrofobní) částí molekuly. Tento poměr je vyjádřený bezrozměrným číslem a na základě hodnoty HLB můžeme tenzidy rozdělit do skupin podle použití na emulgátory, smáčeďla, detergenty a solubilizátory (viz tab. 2). Neionickým tenzidům jsou přiřazovány hodnoty HLB 0 – 20 [18]. Ionické tenzidy dosahují hodnot HLB vyšších jak 20.

Tab. 2 – Hodnoty HLB hlavních aplikačních skupin tenzidů [18]

Rozsah HLB	Aplikace
3 – 6	emulgátory v/o
7 – 9	smáčedla
8 – 18	emulgátory o/v
13 – 15	detergenty
15 – 18	solubilizátory

v/o – emulze voda v oleji

o/v – emulze olej ve vodě

2.3 Tenzidy využívané v kosmetice

Tenzidy jsou nepostradatelnou složkou většiny kosmetických výrobků, ve kterých zastávají především roli čistících látek (detergentů) a emulgátorů.

2.3.1 Detergenční (čistící) prostředky

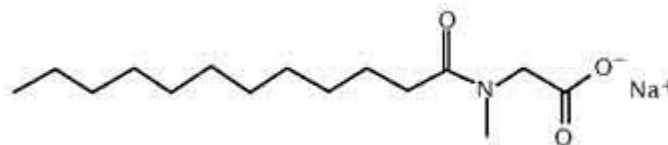
Detergent je tenzid s vyšší hodnotou HLB (viz výše), který snižuje adhezi nečistoty k substrátu a podílí se tak na jejím odstranění ze substrátu ponořeného do vhodné kapaliny (nejčastěji vody) za použití mechanické energie. Popsaný proces se nazývá detergence. Jedná se o komplexní proces, který zahrnuje řadu dějů, jako jsou smáčení, rozpouštění nečistot, interakce detergentu se špínou, její následné odstranění a v mnoha případech i zabránění zpětnému usazení nečistoty (redepozice) [15].

Anionické tenzidy patří mezi základní látky pro výrobu šamponů, tekutých mýdel, sprchových šamponů nebo koupelových pěn [9]. Kromě klasických mýdel sem patří i mýdla s amidickým můstkem (nejčastěji sarkosináty a glutamáty). Nejznámějším sulfátem je dodecylsulfát sodný (SDS), který však má iritační účinky a v KP se proto využívá spíše etoxylovaný SDS. Ze sulfonátů jsou v kosmetice využívány isothionáty a tauráty [19].

Kationické tenzidy mají obecně špatné detergenční vlastnosti a v KP jsou využívány především ve vlasové kosmetice jako součást kondicionéru nebo laků na vlasy. Z amfolytických tenzidů jsou pro jejich detergenční účinky využívány tzv. betainy [9]. Mezi neionické tenzidy s detergenčními účinky patří alkylglykozidy a jako tzv. sekundární tenzidy jsou využívány substituované amidy mastných kyselin (cocamid DEA, MEA).

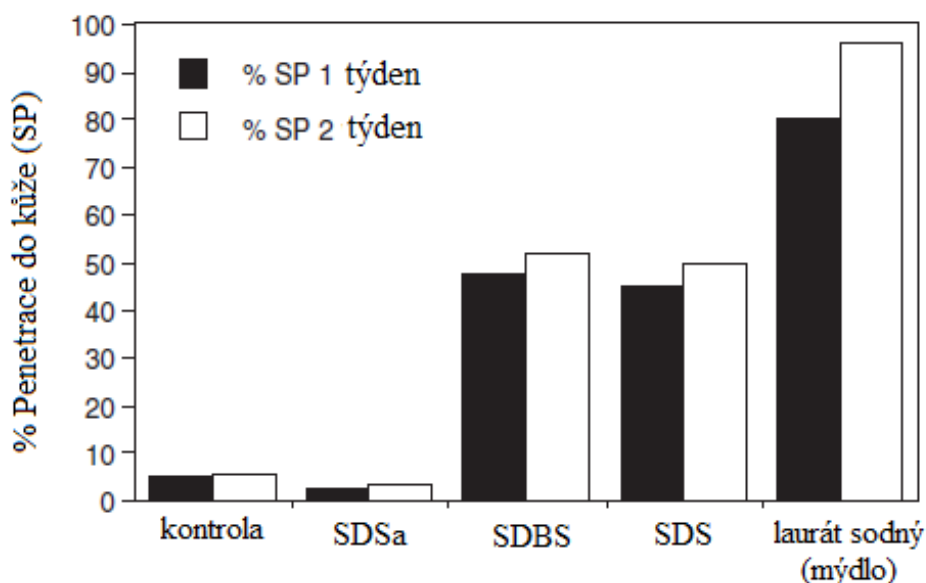
N-Laurylsarkosinát sodný (SDSa)

Protože v praktické části práce je zkoumána interakce SDSa s želatinou, budou dále uvedeny některé vlastnosti zmiňovaného tenzidu.



Obr. 7 – *N*-laurylsarkosinát sodný [20]

SDSa (dle INCI Sodium lauroyl sarcosinate) patří mezi anionické tenzidy s amidickým můstkem. Obecně jsou sarkosináty (soli *N*-metylglycinu) mírné tenzidy, které vykazují maximální povrchovou aktivitu při mírně kyselém pH, což je oblast nejvíce kompatibilní s lidskou kůží. Jsou netoxické a jemné ke kůži i očím. Jejich jemnost je patrná z obrázku 8, díky minimální penetraci kůži oproti jiným používaným tenzidům [21].

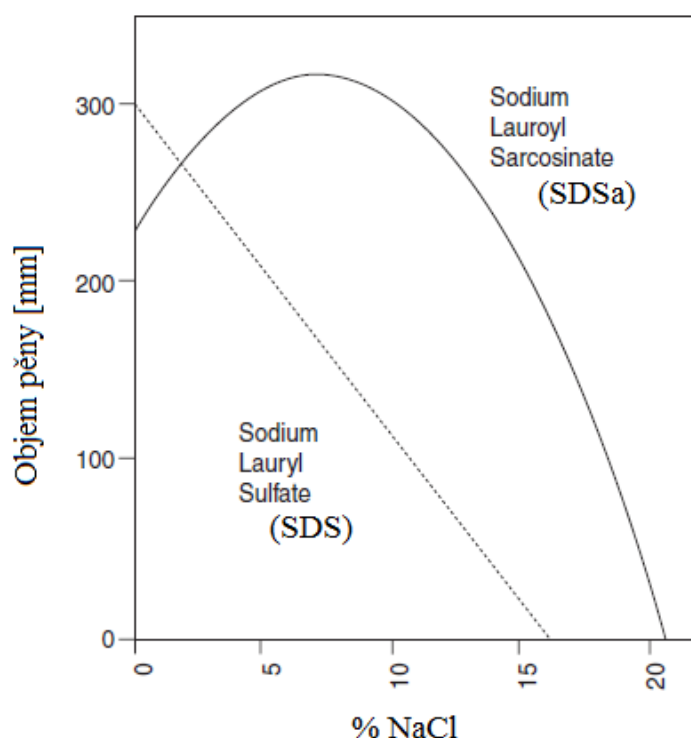


Obr. 8 – Epidermální permeabilita 0,04M roztoků tenzidů [21]

Hodnota HLB pro SDSa je 29,8 a c.m.c. se pohybuje od 8 do 12 mmol/l v závislosti na způsobu a podmínkách měření. Hodnota minimálního povrchového napětí SDSa je pouhých 24,3 mN/m, což svědčí o jeho výborných smáčecích i detergenčních účincích. Velkou výhodou v použití SDSa je také nezávislost minimálního povrchového napětí na pH v rozmezí přibližně pH 4 – 7 [21] [22].

Míchání sarkosinátů s ostatními tenzidy doprovází synergický efekt, který je příčinou snížení povrchového napětí, snížení c.m.c., zvýšení stability pěny a tedy dosažení ještě lepších detergenčních účinků SDSa [21].

Na rozdíl od mnoha jiných PAL, tvoří SDSa bohatou pěnu, která je stabilní i v přítomnosti mazu a tvrdé vody. Navíc jeho vysoká pěnicí schopnost není omezována přítomností chloridu sodného (NaCl), na rozdíl od standardních tenzidů jako např. SDS (viz obr. 9).



Obr. 9 – Účinek chloridu sodného na pěnivost [21]

Použití sarkosinátů v kosmetice je díky zmiňovaným mimořádně mírným účinkům a velmi dobré snášenlivosti s lidskou pokožkou velmi široké. Jsou součástí tělových mlék, opalovacích a holicích krémů, sprchových gelů, tekutých mýdel, nejrůznějších druhů šamponů, kondicionérů, ale také zubních past, ústních vod, baktericidních mýdel, prostředků proti akné a dalších [21].

Vzhledem k tomu, že jsou sarkosináty kompatibilní s kationickými tenzidy, mohou být použity i k výrobě kationických kondičních oplachových šamponů, které jsou vysoce pěnové a umožňují rozčesávání mokřých vlasů. Typické složení těchto šamponů je uvedeno v tabulce 3.

Tab. 3 – Složení oplachového vysoce pěnicího šamponu (upraveno na pH 6,7) [21]

Složka	Složení (%)
Sodium lauroyl sarcosinate, 30%	20.0
Coco betaine, 35%	10.0
Lauramide DEA	5.0
Cetrimonium chloride, 30%	0.8
Steralkonium chloride, 25%	0.1
Disodium EDTA	0.2
Voda, parfém, konzervace	dle potřeby

2.3.2 Emulgátory

Emulgátory jsou látky umožňující vznik emulzí tím, že sníží povrchové napětí mezi olejovou a vodnou fází a umožní tak, aby došlo k dispergaci (rovnoměrnému rozptýlení) jedné ze dvou vzájemně nemísitelných fází [9].

V případě emulzí se označuje nepolární kapalina jako „olej“ a polární jako „voda“. Pokud je dispergovanou fází olej a spojitou fází tvoří voda, hovoří se o emulzi typu o/v (olej ve vodě), v opačném případě se jedná o emulzi v/o (voda v oleji) [15].

Emulze jsou základem řady kosmetických přípravků. Běžné KP jako jsou tělová mléka, klasické krémy nebo lotiony představují emulzi o/v. Emulzí v/o jsou například krémy noční a výživné [23].

Emulgátorem může být většina PAL, důležitou roli však hraje hodnota HLB. Pro emulze typu v/o se využívají PAL o hodnotách 2 – 6, zatímco pro emulze o/v leží hodnoty HLB v rozmezí 10 – 18. Základním kritériem pro výběr vhodného emulgátoru je tedy hodnota HLB, ale na výběr emulgátoru mají vliv i složení vnitřní a vnější fáze (tzv. vyžadovaná hodnota HLB), popřípadě specifické vlastnosti některých emulgátorů [15].

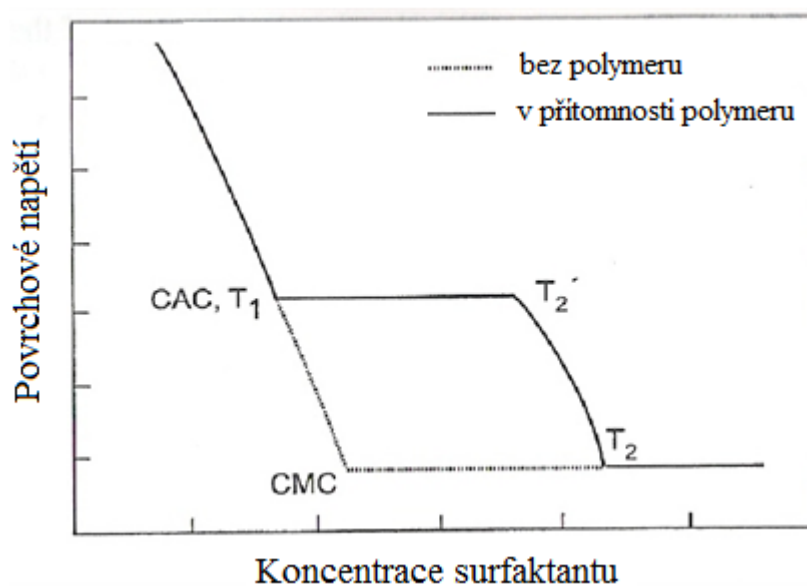
Jak již bylo zmíněno výše, emulgátorem může být téměř každá PAL, avšak největší skupinu emulgátorů tvoří neionické tenzidy. Patří sem například sorbitany, polysorbáty, etoxylované karboxylové kyseliny, monoacylglyceroly, estery polyglycerolu a mnoho dalších [9] [19].

3 INTERAKCE POLYMER–TENZID

Interakce tenzidů s polymery mohou probíhat v homogenní nebo heterogenní fázi.

Homogenní interakce jsou důležité nejen v přírodě (biologické systémy, trávení atd.), ale i v technické praxi. Vzhledem k tomu, že v kosmetických prostředcích probíhají interakce mezi polymery a tenzidy právě v homogenní fázi, bude se těmito práce dále zabývat. Reakce rozpustných polymerů s tenzidy jsou často spojeny s některými fyzikálními vlastnostmi systému (např. viskozita) a jsou využívány v potravinářském průmyslu, farmacii, kosmetice i jinde. Chování těchto systémů je závislé na řadě faktorů, kdy nejdůležitějším z nich je charakter polymeru a tenzidu [15].

První pozorování interakcí polymer–tenzid v roztoku byla založena na měření povrchového napětí. V nepřítomnosti polymeru povrchové napětí roztoku tenzidu s jeho rostoucí koncentrací pozvolna klesá až do c.m.c., kde se povrchové napětí ustálí a stane se konstantním. V přítomnosti polymeru v roztoku je však pozorováno zcela odlišné chování (viz obr. 10). Při nízkých koncentracích tenzidu povrchové napětí klesá podobně jako v nepřítomnosti polymeru, avšak při určité koncentraci tenzidu (c.a.c., T_1), se pokles povrchového napětí tenzidu zpomalí a k dalšímu výraznému poklesu dochází až při vyšších koncentracích tenzidu (T_2'). Výsledné minimální povrchové napětí je stejné jako pro samotný tenzid [16].



Obr. 10 – Závislost povrchového napětí na koncentraci tenzidu [24]

Původ tohoto chování je následující: Při nízkých koncentracích tenzidu, kdy ještě nedochází k tvorbě micel, klesá pozvolně povrchové napětí s rostoucí koncentrací tenzidu, což je způsobeno zvýšenou adsorpcí molekul na rozhraní voda–vzduch. V nepřítomnosti polymeru dochází k poklesu až do c.m.c., kdy vznikají relativně neaktivní micely a systém dosáhne minimálního povrchového napětí, které se s dalším přidavkem tenzidu nemění. V přítomnosti polymeru klesá povrchové napětí do c.a.c. (kritická agregační koncentrace), kdy dochází k agregaci mezi polymerem a tenzidem. Tenzid se váže na polymer a nemůže tak snižovat povrchové napětí. V okamžiku, kdy dojde k nasycení polymeru tenzidem (T_2'), začnou přítomné volné molekuly tenzidu opět snižovat povrchové napětí až do bodu T_2 , kdy dojde k vytvoření micel tenzidu a povrchové napětí se opět ustálí [16].

Prováděnými měřeními bylo tedy prokázáno, že v přítomnosti polymeru v roztoku dochází ke snižování c.m.c., za což může přímá interakce mezi polymerem a tenzidem.

3.1 Typy interakcí

Typy interakcí polymer–tenzid se odvíjejí především od charakteru použitého polymeru a tenzidu. Tenzidy mohou buďto nést náboj (anionické, kationické, amfolytické) nebo být bez náboje (neionické). Stejně tak polymery mohou být nabité nebo nenabité. V případě nabitých polymerů mohou nést kladný (polykation) nebo záporný (polyanion) náboj, popř. mohou mít charakter amfolytu (polyamfolyt). V důsledku těchto vlastností jsou zjišťovány různé typy interakcí, které mohou být převážně elektrostatického nebo hydrofobního charakteru. Nejčastější studie byly provedeny s nenabitým polymerem a nabitým tenzidem, nebo s polymery a tenzidy nesoucí opačné náboje [17].

3.1.1 Interakce nenabitého polymeru s nabitým tenzidem

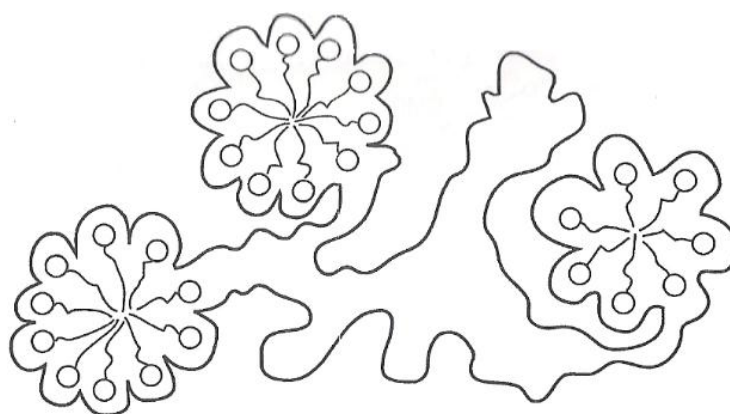
Nejvíce studovanými systémy jsou interakce nenabitých polymerů s anionickými tenzidy. Mezi nejpopulárnější neutrální polymery patří polyetylglykol (PEG), polypropylenoxid (PPO), polyvinylpyrrolidone (PVP), polyvinylalkohol (PVA), polyvinylacetát (PVAc), hydroxypropylcelulóza (HPC) nebo etylhydroxypropylcelulóza (EHPC), které byly nejčastěji studovány spolu s SDS [17].

Prakticky ve všech případech sledování systému nenabitý polymer–ionický tenzid došlo k měřitelné interakci. Mezi nejčastěji pozorované systémy patří PEO/SDS a PVP/SDS. V případě systému PVP–SDS bylo zjištěno maximální navázané množství 0,3 mol SDS na 1 mol PVP [25]. V systému PEO–SDS se množství navázaného SDS na PEO, popř. PEG

pohybuje kolem 0,38 mol SDS na 1 mol etylenoxidové jednotky (EO) [26]. Dále u systému PEO–SDS zjistil Schwuger [27], že velikost interakce je závislá na relativní molekulové hmotnosti PEO a to tak, že s rostoucí molekulovou hmotností roste i interakce.

Nejvýznamnějším faktorem, který ovlivňuje navázané množství SDS na neionické polymery, je iontová síla prostředí. Se zvyšující se iontovou silou dochází k výraznému zvýšení navázaného SDS. Asociace nenabitého polymeru s anionickým tenzidem je také spojena s konformačními změnami molekul polymeru. To se projevuje především ve změně viskozity systému. Zajímavé je, že k výraznějšímu nárůstu viskozity dochází přibližně při koncentracích, které jsou označovány jako c.a.c. [17].

Agregáty vznikající interakcí nenabitého polymeru a ionického tenzidu jsou tvořeny asociáty micel tenzidu s řetězcem polymeru (viz obr. 11) [16].



Obr. 11 – Schéma agregátů polymer–tenzid [24]

3.1.2 Interakce nabitého polymeru s opačně nabitým tenzidem

Interakce mezi nabitými polymery, tj. polyelektrolyty (PEL) a opačně nabitými tenzidy jsou založeny především na působení silných elektrostatických sil. Asociace začíná již ve velmi nízkých koncentracích tenzidu a c.a.c. je často o několik řádů nižší, než c.m.c. samotného tenzidu. Tyto systémy jsou tedy sledovány především při nízkých koncentracích, které jsou zpravidla pod nebo v blízkosti c.m.c. použitého tenzidu. Vazby PEL s opačně nabitými tenzidy jsou vysoce kooperativní [17].

Mezi často studované anionické PEL patří polystyrensulfonyl, který je zcela ionizován bez ohledu na pH a polyakrylová kyselina, jež je slabým polyelektrolytem a její stupeň disociace je na hodnotě pH závislý. Z kationických PEL je nejčastěji studován polydiallyldimethylammonium chlorid, který vytváří silné interakce s anionickými tenzidy.

Oproti předchozím typům interakcí, kdy celkový elektrický náboj komplexu závisí na stupni asociace s nabitým tenzidem, dochází v systému PEL–opačně nabitý tenzid k postupné neutralizaci. Obecně to vede k vysrážení komplexu, který se však za vyšších koncentrací tenzidu rozpouští [17].

3.1.3 Interakce nenabitého polymeru s neionickým tenzidem

Interakce nenabitého polymeru s neionickými tenzidy jsou velmi slabé a jejich měření vyžaduje použití speciálních technik [24].

3.2 Techniky využívané při měření interakcí

Existuje celá řada metod, pomocí kterých se dají studovat interakce polymerů s tenzidy. Práce se bude dále zabývat pouze nejpoužívanějšími metodami, které nepotřebují speciální drahé zařízení a jsou tedy pro výzkum poměrně jednoduše dostupné.

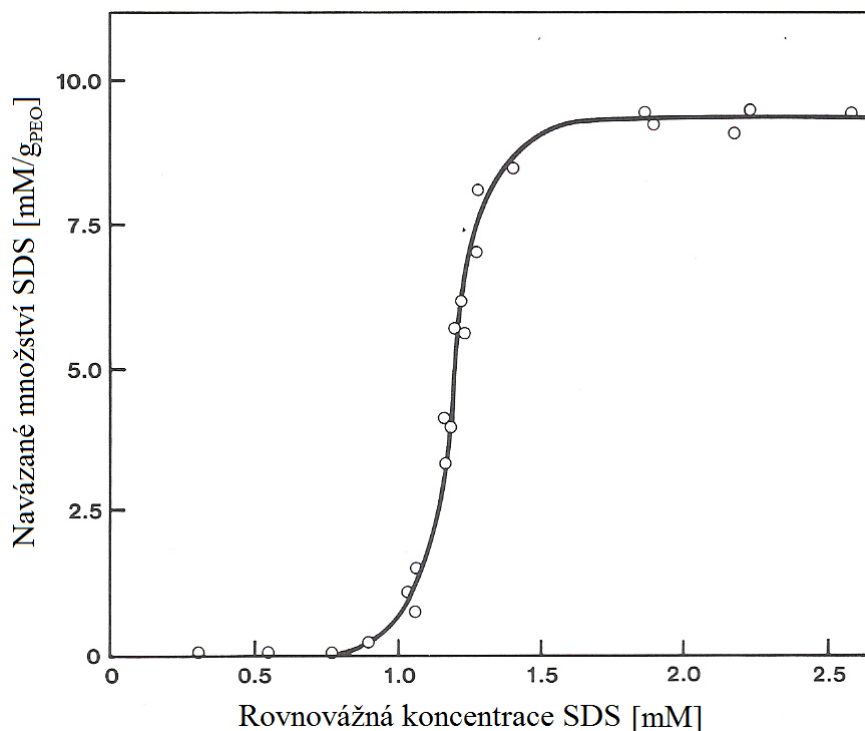
Pro sledování interakcí polymerů s tenzidy mohou být použity metody přímé nebo nepřímé. Přímé metody zjišťují, jaké množství tenzidu se naváže přímo na polymer. V praxi se nejčastěji využívá stanovení sorpční izotermy. Oproti tomu metody nepřímé měří pouze změny vlastností systému po interakci a mezi nejpoužívanější patří měření povrchového napětí, elektrické vodivosti, viskozity nebo solubilizace nerozpustných barviv [24].

3.2.1 Stanovení sorpční izotermy

Hlavním problémem této metody je nutnost stanovení pouze volného (nevázaného) tenzidu v homogenním systému. Pro tyto účely se používá speciálních membránových elektrod. V současné době nejsou tyto dostatečně citlivé elektrody komerčně dostupné, a proto jsou vyráběny samotnými výzkumníky. Těmito elektrodami lze stanovit pouze anionické tenzidy, především sulfáty [24].

Stanovení sorpčních izoterem bylo použito především pro systémy PVP–SDS [28].

Typická sorpční izoterma pro systém PEO/SDS je uvedena na obrázku 12. Z obrázku je zřejmé, že k výrazné sorpci tenzidu na polymer dochází při určité koncentraci, která je rovna c.a.c. Sorpce je vysoce kooperativní a potvrzuje mechanismus interakce navržený z tenziometrických měření [24].



Obr. 12 – Sorpční izoterma systému SDS/PEO v 0,1M NaCl [24]

3.2.2 Povrchové napětí

Měření povrchového napětí je velmi univerzální metoda, která se běžně používá k hodnocení vlastností tensidů a je velmi frekventovaná při stanovení interakcí polymer–tensid. Rozbor závislosti povrchového napětí na koncentraci tensidu v přítomnosti polymeru je uveden v úvodu této kapitoly (str. 28 – 29).

Pro měření povrchového napětí existují metody statické, semistatické a dynamické. Ke studiu interakcí polymer–tensid se využívají nejčastěji metody statické nebo semistatické. Nejčastější z nich jsou klasické tenziometrické (odtrhávací) metody, kdy se na vhodně uzpůsobených analytických vahách měří síla potřebná k odtržení tenkého prstence (du Nouyho metoda) nebo tenké destičky (Wilhelmyho metoda) od fázového rozhraní [29].

3.2.3 Elektrická vodivost

Elektrická vodivost G je převrácenou hodnotou elektrického odporu R a její jednotkou je siemens (S). Definiční vztah pro elektrickou vodivost je uveden jako vzorec (1), kde κ je měrná (specifická) vodivost neboli konduktivita, jejíž jednotkou je $\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ [30].

$$G = \frac{1}{R} = \kappa \cdot \frac{S}{l} \quad (1)$$

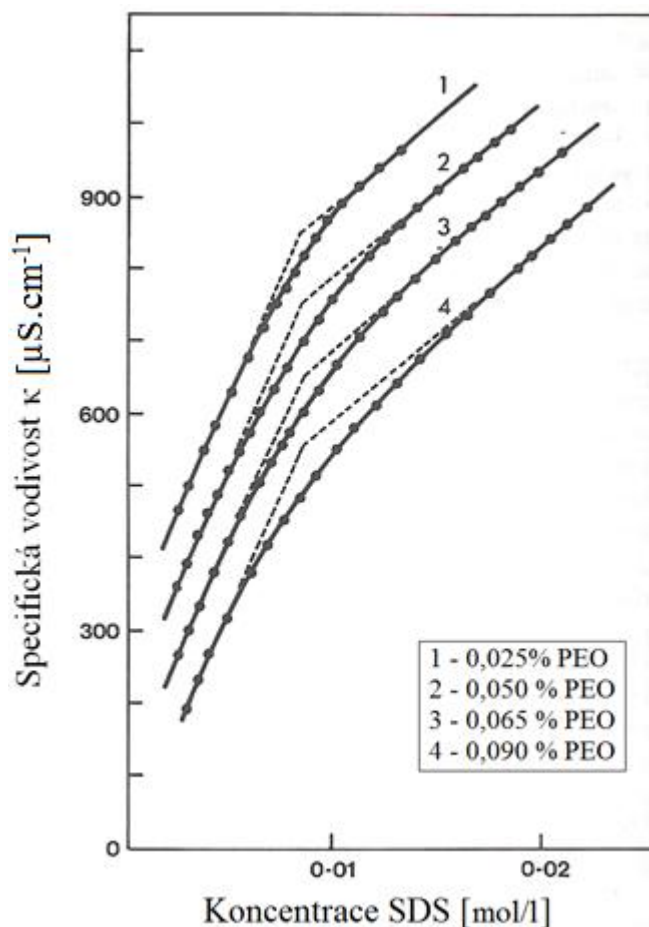
Vodivost roztoku elektrolytu se měří pomocí dvou navzájem rovnoběžných plochých elektrod a je přímo úměrná jejich ploše S a nepřímo úměrná vzdálenosti elektrod l . Poměr S/l je individuální pro každý systém měrných elektrod a jeho převrácená hodnota se označuje jako odporová (vodivostní) konstanta systému K_R [30].

Měření elektrické vodivosti neboli konduktometrie, je další z metod, kterou se dá zjistit c.m.c., popř. c.a.c. a využívá se tedy pro sledování interakcí polymer–tenzid. Nevýhoda této metody spočívá v tom, že její pomocí lze hodnotit pouze ionické tenzidy [24].

V analyzovaném roztoku se stanovuje většinou specifická vodivost, která je rovna vodivosti vynásobené odporovou konstantou systému.

$$\kappa = G \cdot K_R \quad (2)$$

Typická závislost specifické vodivosti na koncentraci ionického tenzidu v přítomnosti polymeru je uvedena na obrázku 13.



Obr. 13 – Závislost specifické vodivosti na koncentraci SDS v přítomnosti PEO [24]

Z obrázku 13 je zřejmé, že každá z uvedených křivek má charakteristický zlom, ze kterého lze stanovit c.m.c. tenzidu v daném systému.

V některých případech se stanovuje taktéž molární vodivost Λ , což je měrná vodivost roztoku vztažená na jeho koncentraci. Při stanovování interakcí polymer–tenzid se však molární vodivost spíše nepoužívá [30].

$$\Lambda = \frac{\kappa}{c} \quad (3)$$

3.2.4 Viskozita

Měření viskozity systému se používá taktéž jako jedna z metod pro hodnocení interakcí. Jedno z prvních stanovení bylo prováděno na roztocích metylcelulózy a PVP, kdy přidáním SDS k roztokům polymerů bylo dosaženo značného zvýšení viskozity [31].

Vztah mezi viskozitou a konformačními změnami v systému polymer–tenzid popsali Saito a Mizuta [32]. V systému polymer–tenzid dochází při určité koncentraci tenzidu odpovídající c.a.c. k značnému nárůstu viskozity. Další průběh závislosti se při vyšších koncentracích tenzidu většinou liší případ od případu a je závislý na možnostech agregace tenzidu s polymerem.

3.2.5 Solubilizace nerozpustných barviv

Tato metoda je variací na stanovení c.m.c., pomocí solubilizace většinou nerozpustných barviv. V přítomnosti polymeru dochází ke snižování koncentrace tenzidu, při které dochází k postupné solubilizaci nerozpustného barviva. Tato koncentrace je prakticky totožná s c.a.c. a umožňuje tedy stanovit počátek interakce mezi daným polymerem a tenzidem [24]. Metoda solubilizace je využívána především pro systémy neionický polymer–ionický tenzid (nejčastěji SDS). Tato metoda umožňuje i stanovení rozsahu interakce v systému, resp. umožňuje nepřímo stanovit navázané množství tenzidu [33].

3.3 Interakce želatiny s tenzidy

Interakce mezi želatinou a ionickými tenzidy je důležitá v mnoha biologických a průmyslových procesech. Proto je znalost mechanismu interakce ionický tenzid–želatina důležitým faktorem, který ovlivňuje praktické využití těchto systémů [34].

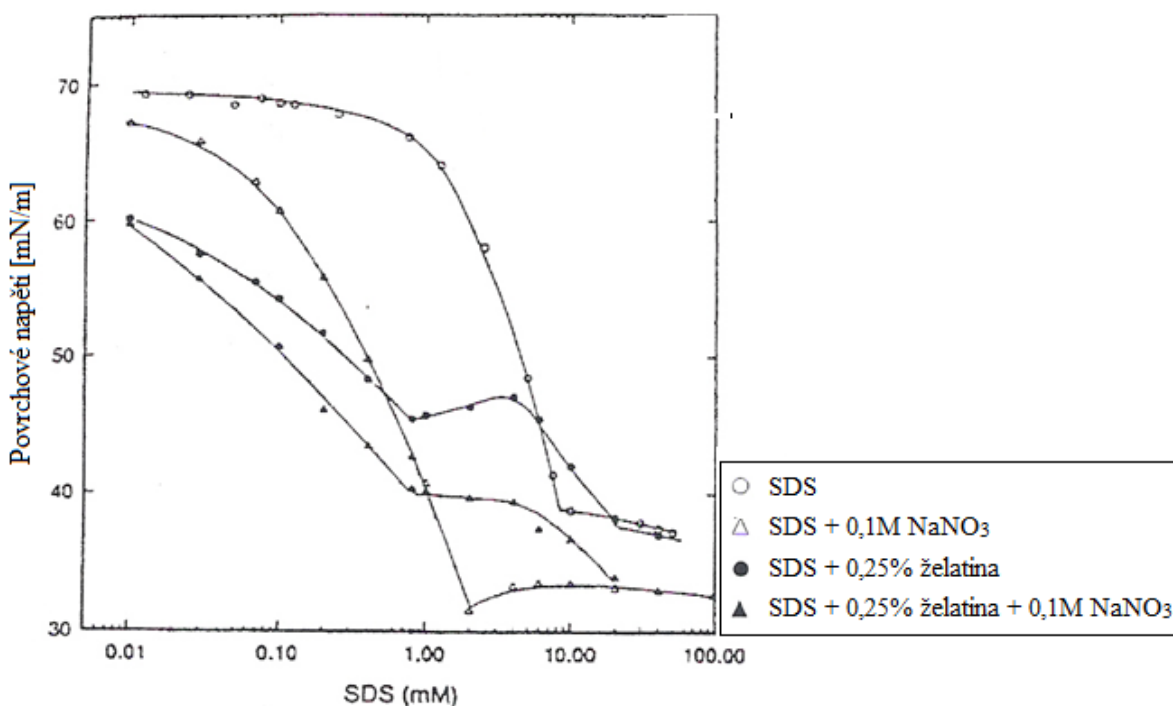
Vzhledem k tomu, že je želatina polyelektrolyt s charakterem polyamfolytu, tzn. nese bazické i kyselé skupiny s různými disociačními konstantami, představuje tak složitější a

komplikovanější systém, než v případě studia interakcí polymerů s jednou funkční skupinou. Ve studiu interakcí tenzidů s želatínou tedy budou hrát důležitou roli reakční podmínky, především hodnota pH a iontová síla prostředí [35].

Interakce želatiny s tenzidy mohou být sledovány celou řadou metod a nejčastější z nich budou dále popsány. Většina interakcí želatiny byla studována s anionickým tenzidem, především s SDS.

3.3.1 Studium interakce želatina–ionický tenzid pomocí povrchového napětí

Mnoho studií systému želatiny s anionickým tenzidem prokázalo, že jejich interakcí dochází ke vzniku komplexu a měření povrchového napětí umožňuje zjistit meze dané interakce. Změny povrchového napětí v systému želatina–SDS, sledoval Griffith a kol. [36]. Pracoval s 0,25% želatínou, v oblasti pH 5,5, při teplotě 45 °C a zjišťoval vliv iontové síly na danou interakci (viz obr. 14). V nepřítomnosti želatiny byla c.m.c. tenzidu na iontové síle závislá. Přídavek soli snížil c.m.c. SDS z 10 mmol/l přibližně na 2,5 mmol/l SDS. V přítomnosti želatiny byla zjištěna c.a.c. systému 1 mmol/l tenzidu, jejíž hodnota už však byla na iontové síle prakticky nezávislá.



Obr. 14 – Závislost povrchového napětí na koncentraci SDS [36]

Interakci želatiny s SDS pomocí povrchového napětí sledoval také Buron [37]. Pracoval s 1% želatínou, při pH 6,5 a teplotě 40 °C. Zjistil, že se v tomto prostředí chová želatína

jako klasický nenabitý polymer a průběh interakce je shodný s průběhem popsáním v úvodu kapitoly (viz obr. 10). Za daných podmínek určil c.a.c. tenzidu přibližně 0,5 mmol/l.

Interakci želatiny s SDS a jeho směsí s neionickým tenzidem sledovala stalagmometrickou metodou při 23 °C Vincencová [35]. Měření bylo prováděno v izoelektrických podmínkách želatiny (pH = 6), kde byla podle očekávání zjištěna nízká interakce. V kyselém prostředí (pH = 4) byla pozorována klasická interakce typu nabitý polymer–opačně nabitý tenzid. Vyhodnocení křivek závislosti povrchového napětí na koncentraci SDS bylo možné až pro vyšší koncentrace želatiny (0,5% a 0,7%) a zjištěné c.a.c. se pohybovaly okolo 3,5 mmol/l.

3.3.2 Viskozimetrické stanovení interakce želatina–ionický tenzid

Interakci koncentrovaných roztoků želatiny (> 2%) s SDS studoval pomocí viskozimetrie Greener a kol. [38]. Zjistili, že pozorovatelný nárůst viskozity začíná přibližně od c.a.c., dosahuje maxima, poté následuje pokles na lokální minimum a nakonec s rostoucí koncentrací SDS viskozita opět stoupá. Hodnoty koncentrace SDS, kdy dosahuje křivka maxima a minima, se zvyšují s rostoucí koncentrací želatiny. Greener [38] přisuzuje vzestup a pokles viskozity tvorbě komplexů želatina–SDS, jejich případné následné reorganizaci a v konečné fázi současné existenci těchto komplexů a micel SDS.

Ve většině prací byl jako modelový anionický tenzid použit SDS. Tavernier [39] však pracoval s anionickým tenzidem, N-metyl-N-Oleoyltaurinem sodným (SMOT). Ke sledování systému želatina–SMOT použil acidimetrickou titraci a viskozimetrické měření. Z acidimetrických měření zjistil, že anionický tenzid reaguje s kationickými skupinami želatiny ve stechiometrickém poměru 1 : 1. Viskozita systému se zvyšovala lineárně s množstvím přidaného tenzidu až do dosažení stechiometrického poměru. Po jeho dosažení se dále neměnila a zůstávala na konstantní hodnotě. Viskozita tohoto systému byla závislá na hodnotě pH a dosáhla maxima v rozmezí pH 5 – 5,5.

3.3.3 Studium interakce želatiny s tenzidy pomocí zákalových křivek

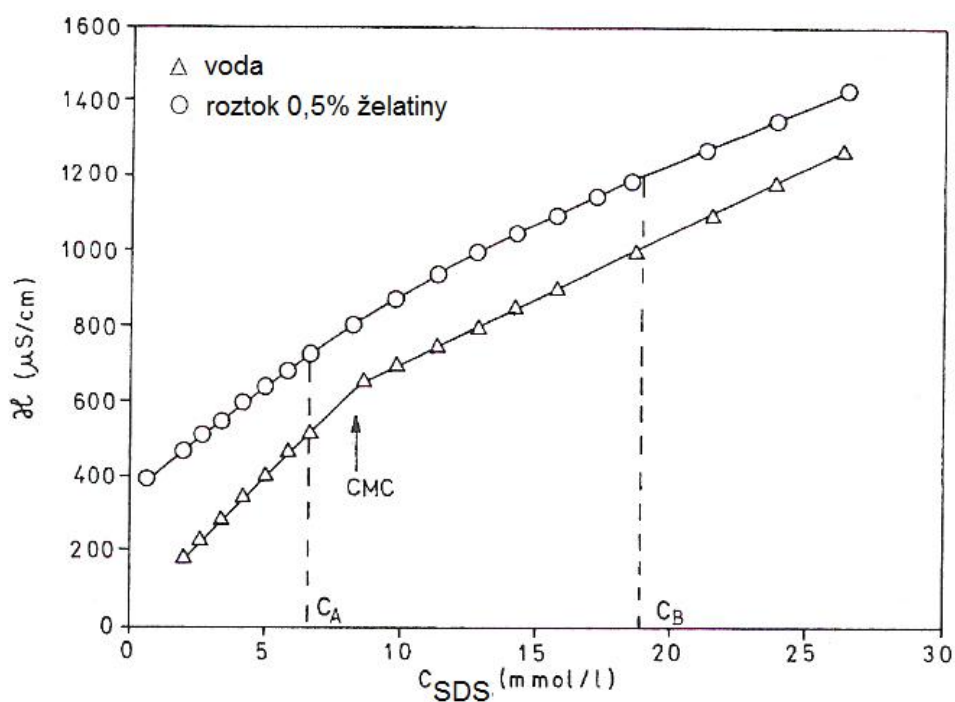
Interakce želatiny s anionickým tenzidem a jeho směsí s neionickým tenzidem pomocí zákalových křivek sledovala Vincencová [35]. Měření bylo prováděno při pH = 6 (tedy v izoelektrickém bodě želatiny) a pH = 4, se SDS a jeho směsí s neionickým tenzidem Igepal CA 720. Bod zákalu bylo možné stanovit pouze v kyselé oblasti a při nízkých koncentracích želatiny (0,05% a 0,1 %). Bez ohledu na složení směsí a použité koncentraci

želatiny byl zjištěn bod zákalu v rozmezí 2 – 2,5 mmol/l SDS, což je hodnota blízká c.a.c. daného systému.

3.3.4 Konduktometrické stanovení interakce želatina–ionický tenzid

Studiem interakce želatiny s ionickými tenzidy pomocí konduktometrické titrace se zabývala Sovilj [34]. Pracovala s anionickým tenzidem SDS, kationickým cetyltrimethylammonium bromidem (CTMAB) a třemi různými koncentracemi želatiny typu B v rozmezí 0,1 – 1%. Titrace byly prováděny při teplotě 40 °C.

Závislosti specifické vodivosti (κ) na koncentraci SDS se v přítomnosti želatiny podle očekávání lišily od křivek závislosti κ na koncentraci SDS ve vodě (viz obr. 15).



Obr. 15 – Křivky konduktometrické titrace [34]

Chování systému v přítomnosti želatiny vysvětluje Sovilj [34] následovně. Za lineární zvyšování vodivosti v první fázi křivky (tj. do c_A) může coulombická interakce mezi SDS a nabitými funkčními skupinami želatiny s uvolňováním protiontu do roztoku. Při dosažení c_A , neboli c.a.c. dochází k interakci micel tenzidů s molekulami želatiny. V nelineární oblasti křivky (tj. rozmezí c_A a c_B) dochází k dokončení interakcí pomocí coulombických sil (ke změně konformace řetězce želatiny) a k vazbě dalších molekul SDS na základě hydrofóbních interakcí, které způsobují rozvinutí molekuly želatiny. Po dosažení c_B je závislost κ na koncentraci SDS opět lineární, a tedy bod c_B představuje hodnotu, při které

dojde ukončení interakce. Tvrzení týkající se interakce želatiny s SDS se zakládají na měření změn pH v daném systému. Koncentrace c_A a c_B jsou závislé na koncentraci použité želatiny, přičemž závislost c_B je daleko výraznější.

Stanovení koncentrací c_A a c_B umožnilo při známé koncentraci želatiny v roztoku stanovit navázané množství SDS na želatinu. Hodnoty navázaného množství (1,4 mmol SDS na 1 g želatiny) [34] jsou v dobrém souladu s výsledky jiných autorů [24].

Kromě Sovilj prováděla konduktometrické stanovení interakce želatina–SDS i Vincencová [35]. Sledovala interakci želatiny B s SDS a jeho směsí s Igepalem CA 720. Pracovala při teplotě 23 °C, v oblasti pH 4 a 6,5. Při obou pH zjistila jak c.a.c. (c_A), tak koncentraci c_B , která značí ukončení interakce. Zjištěné c.a.c. se pohybovaly v rozmezí 3 – 5 mmol/l v závislosti na provedení reakce.

Na rozdíl od Sovilj [34] se jí nepovedlo přesněji stanovit celkové navázané množství SDS na želatinu. Výsledky byly nižší a důvodem bylo pravděpodobně použití nižší teploty.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 POUŽITÉ CHEMIKÁLIE A ZAŘÍZENÍ

4.1 Použité chemikálie

Želatina typu B (Sigma – Aldrich) – 225 Bloom

Sodium Lauroyl Sarcosinate (SDSa) (Sigma – Aldrich)

Igepal CA 720 (Polyoxyethylene(12) isooctylphenyl ether) (Sigma – Aldrich)

Roztok 0,5M-HCl

Roztok 0,5M-NaOH

0,1% vodný roztok azidu sodného

4.2 Použité přístroje

Předvážky – KERN 572

Analytické váhy – Sartorius BA 110 S

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

Spekol 11 s nástavcem EK 1 – Carl Zeiss Jena

Konduktometr inoLab Cond 730 s celou Tetracon 325 s konstantou $0,475 \text{ cm}^{-1}$ – WTW

Míchadlo magnetické MR 100 – Heidolph

Termostat U1 – MLW Prüfgeräte-werk medingen

Sušárna ULM 400 – Memmert

4.3 Použité pomůcky

Speciální kádinka s dvojitým pláštěm umožňující temperaci roztoku (objem 150 ml)

Automatické mikropipety Intech

Ostatní pomůcky jsou běžnou součástí vybavení laboratoře

4.4 Použité postupy měření

4.4.1 Charakteristika použitých materiálů

Bylo provedeno hodnocení želatiny typu B a SDSa. Igepal CA 720 byl použit tak, jak byl dodán.

4.4.1.1 Charakterizace želatiny B

Stanovení sušiny:

Do předem vysušených a zvážených váženek se zábrusovými víčky byl navážen přibližně 1 g granulované želatiny. Vzorčky byly sušeny při teplotě 105 °C do konstantního úbytku hmotnosti. Výpočet sušiny byl proveden podle vzorce (4).

$$DR = \frac{M_D}{M_W} \cdot 100 \quad (4)$$

Kde: DR – obsah sušiny [%]

M_D – hmotnost vysušeného vzorku [g]

M_W – navážka vzorku [g]

Byla provedena dvě stanovení vedle sebe. Vypočtená průměrná hodnota stanovené sušiny byla přepočtena na obsah těkavých látek, který činil 10,55 %. S touto hodnotou bylo poté počítáno při navažování vzorku k přípravě zásobního roztoku želatiny.

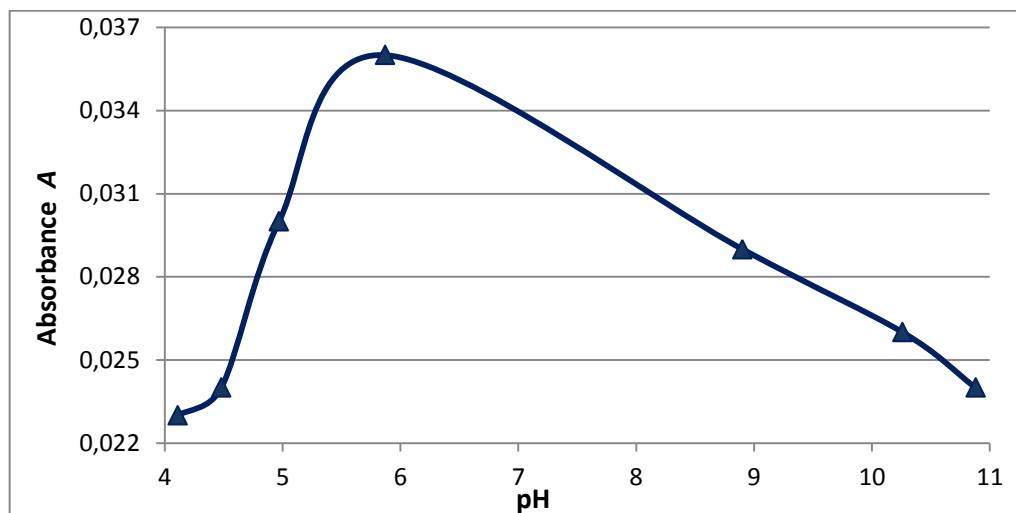
Stanovení izoelektrického bodu:

Stanovení izoelektrického bodu bylo provedeno kombinací turbidimetrické a potenciometrické titrace. Turbidimetrie byla prováděna na přístroji SPEKOL 11 při vlnové délce 440 nm, v kyvetě o tloušťce 1 cm.

V první fázi byl připraven roztok 20 ml 1% želatiny B se 150 μ l 0,5M-NaOH a byla změřena hodnota jeho absorbance. Dále bylo k roztoku přidáváno po 50 μ l 0,5M-HCl. Po každém přidavku byl roztok promíchán a změřena hodnota absorbance. Celkem bylo provedeno 6 přidavků.

Ve druhé fázi byl připraven roztok 40 ml 1% želatiny B s 300 μ l 0,5M-NaOH a provedena potenciometrická titrace. Roztok byl titrován po přidavcích 100 μ l 0,5M-HCl. Po každém přidavku a ustálení bylo odečteno pH. Opět bylo provedeno 6 přidavků.

Stanovení bylo provedeno třikrát vedle sebe a na závěr byl sestrojen graf závislosti absorbance na pH (viz obr. 16). Hodnota izoelektrického bodu želatiny byla stanovena jako hodnota pH, při které bylo dosaženo maximální hodnoty absorbance a byla stanovena na hodnotu 5,8.



Obr. 16 – Stanovení izoelektrického bodu želatiny

4.4.1.2 Charakterizace SDSa

Stanovení sušiny:

Do předem vysušených a zvážených váženek se zábrusovými víčky byl navážen přibližně 1 g SDSa ve formě sypkého prášku. Vzorky byly sušeny při teplotě 105 °C do konstantního úbytku hmotnosti. Výpočet sušiny byl proveden podle vzorce (4).

Byla provedena dvě stanovení vedle sebe. Vypočtená průměrná hodnota stanovené sušiny byla přepočtena na obsah těkavých látek, který činil 0,695 %. S touto hodnotou bylo poté počítáno při navažování vzorku k přípravě zásobního roztoku SDSa.

4.4.2 Příprava zásobních roztoků

4.4.2.1 Příprava 2 % roztoku želatiny B

Na analytických vahách bylo naváženo množství želatiny potřebné pro výrobu 2% roztoku (vztaženo na g/100 ml). Navážené množství bylo rozmícháno v kádince s malým množstvím vody a ponecháno přes noc botnat. Nabotnalá želatina byla poté za současného zahřívání a míchání rozpuštěna a kvantitativně převedena do odměrné baňky. Před doplněním na požadovaný objem bylo přidáno 0,2 ml 0,1% vodného roztoku azidu sodného jako konzervačního činidla.

4.4.2.2 Příprava cca 0,5M roztoku SDSa o pH 5,8

Na analytických vahách bylo naváženo vypočtené množství SDSa potřebného pro přípravu 250 ml 0,5M-SDSa s přesností na 0,0001 g. Navážka byla vypočtena podle vzorce (5). Navážené množství bylo za současného zahřívání rozpuštěno v destilované vodě a provedena úprava pH roztoku pomocí 0,5M-HCl na hodnotu 5,8. Upravený roztok byl doplněn v odměrné baňce do objemu 250 ml a znovu zkontrolována hodnota pH. Po zohlednění obsahu těkavých látek byla skutečná koncentrace roztoku SDSa 496,4 mmol/l.

$$m = M \cdot c \cdot V \quad (5)$$

Kde: m – hmotnost [g]

M – molární hmotnost [$\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$]

c – koncentrace [$\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$]

V – objem [l]

4.4.2.3 Příprava cca 0,5M roztoku Igepalu CA 720

Na analytických vahách bylo naváženo přibližně vypočtené množství Igepalu CA 720 podle vzorce (5), potřebné pro přípravu 0,5M roztoku. Navážka byla rozpuštěna v destilované vodě, kvantitativně převedena do odměrné baňky a doplněna na požadovaný objem. Skutečná koncentrace připraveného roztoku Igepalu byla 500,3 mmol/l.

4.4.3 Příprava pracovních roztoků

Ze zásobního roztoku 2% želatiny B byly ředěním podle rovnice (6) připraveny 1% a 0,5% pracovní roztoky želatiny. Do odměrné baňky byl napipetován vypočtený objem 2% želatiny a doplněn destilovanou vodou do požadovaného objemu.

$$c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2 \quad (6)$$

Kde: c_1 – koncentrace zásobního roztoku [%]

c_2 – koncentrace připravovaného roztoku [%]

V_1 – objem zásobního roztoku [ml]

V_2 – objem připravovaného roztoku [ml]

Ze zásobních roztoků SDSa a Igepalu byla připravena jejich směs v poměru 7 : 3 (molárně). Do odměrné baňky bylo napipetováno 7 dílů zásobního roztoku SDSa a doplněno 3 díly roztoku Igepalu.

4.5 Metody sledování interakce želatina–SDSa

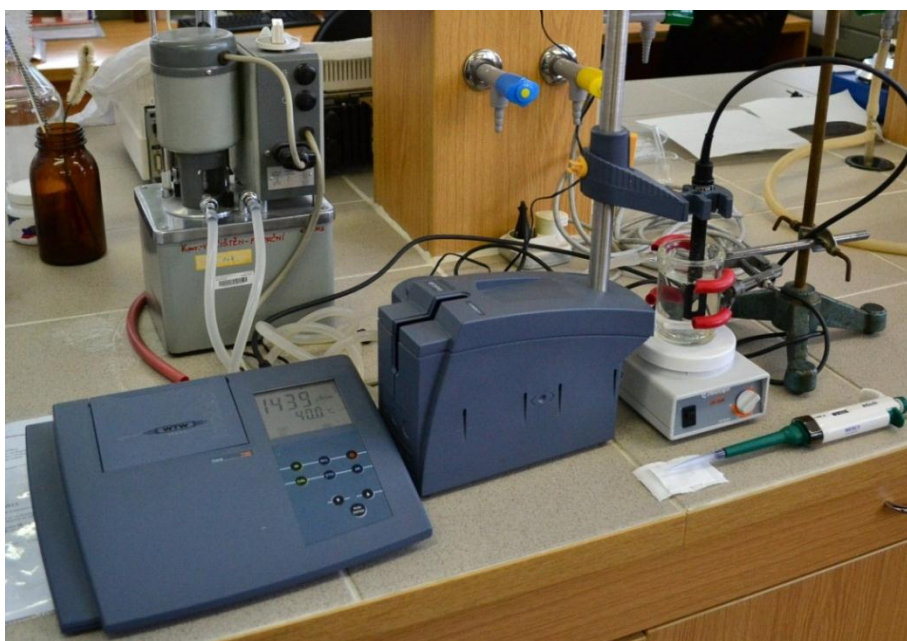
4.5.1 Konduktometrické titrace

Do speciální kádinky s dvojitým pláštěm bylo napipetováno 100 ml destilované vody, do které byla ponořena vodivostní cela konduktometru. Za současného míchání byla voda vytemperována na teplotu 40 °C a na displeji konduktometru byla odečtena hodnota specifické vodivosti κ . Hodnota κ destilované vody byla vždy nižší než $2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Automatickou mikropipetou bylo přidáváno postupně po 250 μl 0,5M-SDSa a po každém přidavku a ustálení κ byla zaznamenána hodnota vodivosti. Roztok byl titrován do celkového objemu max. 105 ml pro SDSa a pro směs do 107 ml.

Stejně bylo postupováno v případě titrace 0,5%, 1% a 2% roztoku želatiny B 0,5M-SDSa a také v případě titrace vody, 0,5%, 1% a 2% roztoku želatiny směsí SDSa a Igepalu CA 720 v poměru 7 : 3. Titrace každého systému byla prováděna většinou třikrát.

Vyhodnocení konduktometrických titrací bylo provedeno na základě lineární regrese ve dvou oblastech zjištěné závislosti, a to v oblasti před a po bodu zlomu na dané křivce. Regrese byly hodnoceny na dvou úrovních s ohledem na hodnotu korelačního koeficientu ($R^2 = 0,9999$, resp. $0,9995$). Vlastní stanovení c.m.c. bylo prováděno zjištěním průsečíku regresních přímk, vypočteným na základě řešení dvou rovnic o dvou neznámých.

Zařízení použité při konduktometrickém měření je na obrázku 17.



Obr. 17 – Sestava pro konduktometrické titrace

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

Praktická část práce byla zaměřena na studium interakce želatiny s anionickým tenzidem SDSa a jeho směsí s neionickým tenzidem Igepal CA 720 pomocí konduktometrických titrací. Výběr obou tenzidů byl dán zadáním práce.

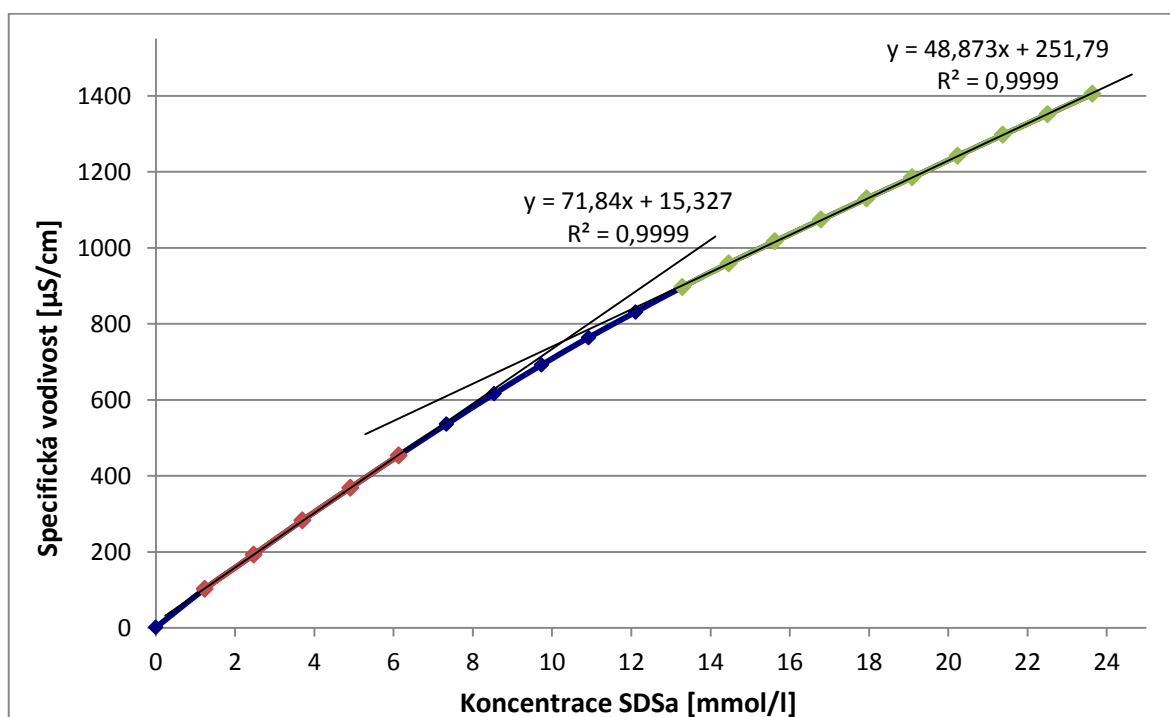
SDSa, jak již bylo řečeno, patří mezi nejmírnější tenzidy s ohledem působení na lidskou pokožku a často je využíván v čistících kosmetických prostředcích [21].

Igepal CA 720 v kosmetických prostředcích příliš využíván není. Jeho použití bylo dáno především pokračováním studia interakcí s kolagenními bílkovinami v homogenní a heterogenní fázi [35] [40].

5.1 Stanovení kritické micelární koncentrace SDSa

Měření vodivosti je považováno za základní metodu stanovení c.m.c. ionických tenzidů [24] [41]. Pro stanovení neionických tenzidů tuto metodu použít nelze. Proto byl proveden pokus aplikovat konduktometrickou titraci na směs SDSa : Igepal CA 720 v poměru 7 : 3 (molárně), tedy s přebytkem ionického tenzidu. Stanovení c.m.c. bylo oproti běžným 25 °C prováděno za teploty 40 °C s ohledem na interakci tenzidu se želatinou.

Na obrázku 18 je uvedeno jedno ze stanovení c.m.c. SDSa.



Obr. 18 – Konduktometrické stanovení c.m.c. SDSa

Z obrázku 18 je zřejmé, že se stoupající koncentrací tenzidu dochází k lineárnímu růstu specifické vodivosti až do určité koncentrace, kdy dojde ke zlomu. Daný zlom je způsoben vznikem micel a je považován za c.m.c. použitého tenzidu [39] [41]. Další přidavek tenzidu způsobí opětovný lineární růst specifické vodivosti s menší směrnicí.

Stanovení c.m.c. se provádí většinou pomocí derivačních křivek uvedené závislosti [34]. V našem případě se však nepodařilo tímto způsobem c.m.c. jednoznačně určit, a proto byla použita lineární regrese pro obě větve závislosti. Na základě dvou úrovní korelačního koeficientu R^2 (0,9999 a 0,9995) byly stanoveny rovnice obou přímk. Hodnota c.m.c. byla poté vypočtena jako průsečík daných přímk (viz obr. 18).

Souhrnné výsledky stanovení c.m.c. SDSa, včetně směrnic obou regresních přímk, jsou uvedeny v tabulce 4.

Tab. 4 – Hodnoty c.m.c. a směrnic regresních přímk pro systém SDSa–voda

č. měření	$R^2 = 0,9999$			$R^2 = 0,9995$		
	c.m.c [mmol/l]	směrnice 1. přímk	směrnice 2. přímk	c.m.c [mmol/l]	směrnice 1. přímk	směrnice 2. přímk
1	10,88	71,823	48,221	9,18	73,508	46,058
2	10,30	71,840	48,873	9,45	73,469	48,932
3	10,33	70,195	47,949	9,61	71,521	48,803

Z tabulky 4 je patrné, že hodnota c.m.c. je závislá na způsobu proložení regresních přímk. V našem případě se c.m.c. pohybuje nad 10 mmol/l ($R^2 = 0,9999$) nebo pod 10 mmol/l ($R^2 = 0,9995$), což představuje rozdíl cca 10 %. Dle našeho názoru je lepší použít v takových případech vyšší koeficient. Koeficient 0,9995 byl u stanovení c.m.c. SDSa použit vzhledem k tomu, že při měření interakce SDSa s želatinou bylo použití vyššího koeficientu prakticky nemožné.

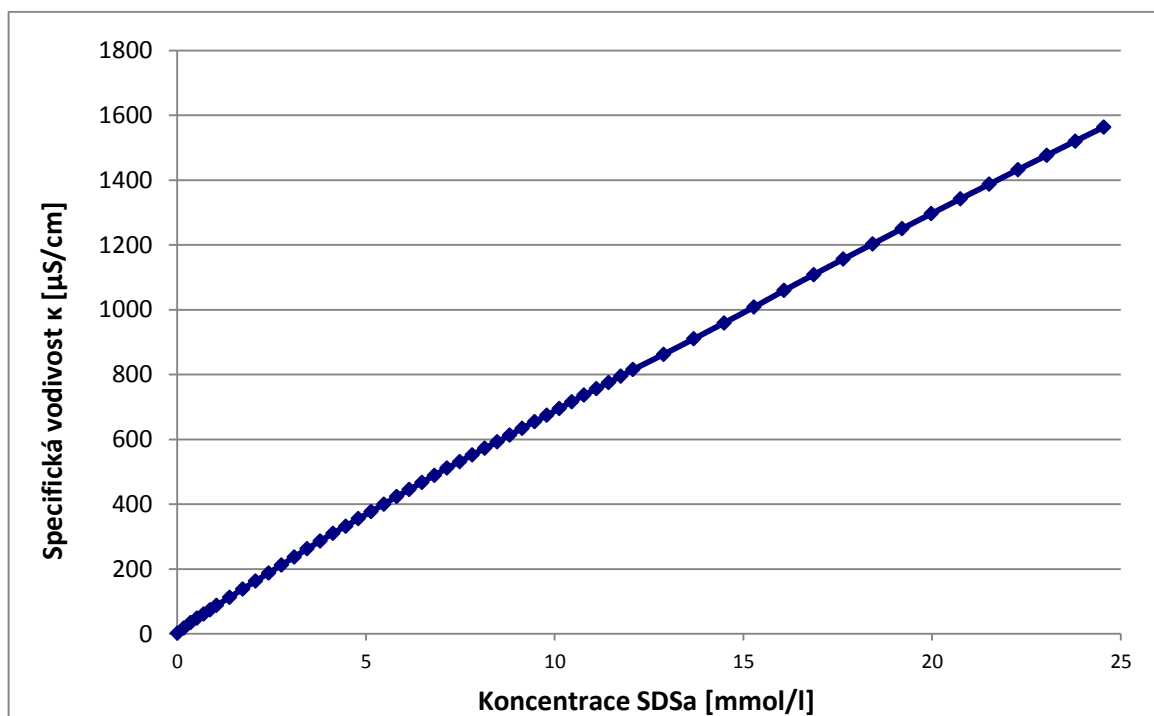
Ukazuje se, že stanovení c.m.c. SDSa, respektive mýdel s amidickým můstkem, je problematické. To potvrdil i Tsubone s Rosenem [22], kteří zjistili výrazné rozdíly v c.m.c. SDSa stanovené tenziometricky a konduktometricky. Přesto jsou obě námi zjištěné hodnoty c.m.c. v rozmezí, které je pro SDSa uváděno [21].

Další rozdíl v konduktometrickém chování SDSa v porovnání se sulfáty (SDS) je v hodnotách směrnic obou regresních přímek, resp. v jejich rozdílech, které jsou menší než u sulfátů [34]. Vysvětlení lze spatřovat v netypickém chování SDSa. Přítomnost amidické skupiny ztěžuje tvorbu micel [22], které jsou navíc tvořeny pouze dvěma molekulami tenzidu [42]. Dalším faktorem, který mohl negativně ovlivnit závislost vodivosti na koncentraci, je pH SDSa, které bylo upraveno z původní hodnoty cca 9,5 na hodnotu 5,8. To vede ke snížení stupně disociace.

5.2 Stanovení c.m.c. směsi SDSa–Igepal CA 720

Vzhledem k problémům se stanovením c.m.c. samotného SDSa byla pro další studium použita pouze směs SDSa : Igepal CA 720 v poměru 7 : 3. Tento poměr by měl být dostatečný nejen pro stanovení c.m.c., ale i pro konduktometrické zhodnocení interakce směsi se želatinou.

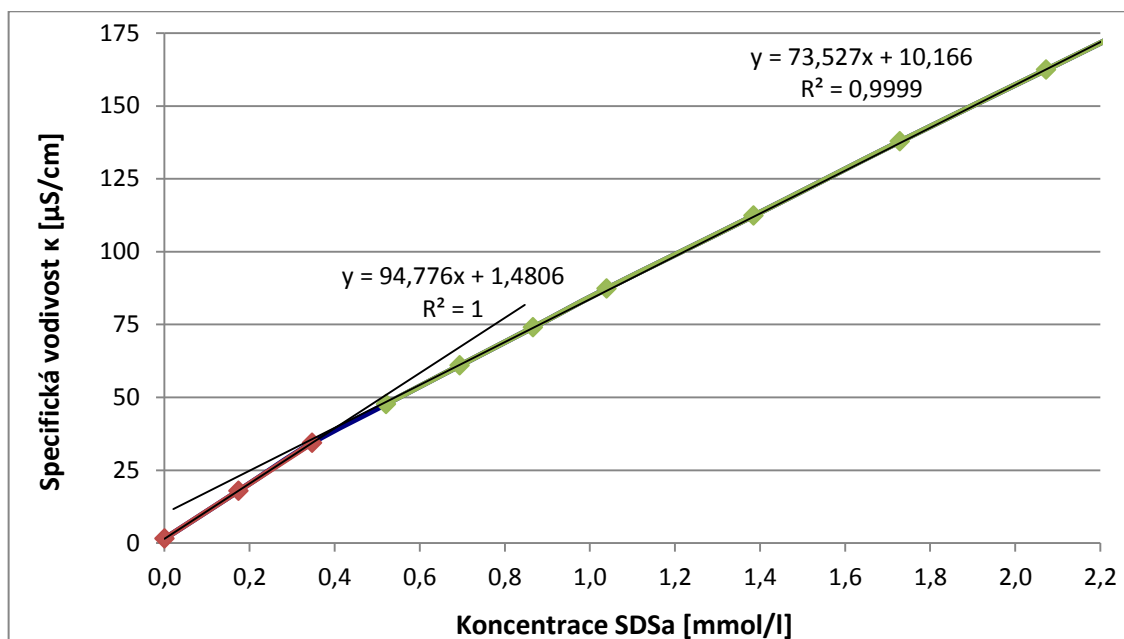
Výsledek jednoho ze stanovení c.m.c. směsi SDSa a Igepalu CA 720 je uveden na obr. 19.



Obr. 19 – Konduktometrické stanovení c.m.c. směsi SDSa : Igepal CA 720 (7 : 3)

Pokud porovnáme charakter závislosti v tomto obrázku s obr. 18, můžeme nalézt určité rozdíly. Především podle očekávání je křivka na obr. 19 plošší a charakteristický zlom odpovídající c.m.c. leží v oblasti nižších koncentrací SDSa. Při bedlivějším posouzení lze

spatřit další nelinearitu v oblasti velmi nízkých koncentrací SDSa. Podrobnější „výřez“ obrázku 19 pro nízké koncentrace je znázorněn na obrázku 20.



Obr. 20 – Konduktometrické stanovení c.m.c. směsi SDSa : Igepal CA 720 (7 : 3) – „výřez“ pro nižší koncentrace

Z obrázku 19 je zřejmé, že k prvnímu zlomu docházelo při koncentraci SDSa ve směsi cca 0,35 – 0,40 mmol/l. Zlom je poměrně ostrý, což vyplývá i z rozdílu směrnic. Je zajímavé, že tento zlom odpovídá přibližně c.m.c. Igepalu CA 720 [42]. Jedná-li se skutečně o micely Igepalu ovšem není jasné a budou zapotřebí další měření.

Souhrnné výsledky c.m.c. a směrnic pro konduktometrické měření směsi SDSa : Igepal jsou uvedeny v tabulce 5.

Tab. 5 – Stanovení hodnoty c.m.c. a směrnic regresních přímek směsi SDSa : Igepal CA 720 (7 : 3)

č. měření	c.m.c. ₁ [mmol/l]	c.m.c. ₂ [mmol/l]	směrnice 1. přímky pro c.m.c. ₂	směrnice 2. přímky pro c.m.c. ₂
1	0,39	5,42	72,468	61,138
2	0,36	7,25	73,073	57,872
3	0,28	6,75	76,583	60,855
4	-	9,17	72,263	56,328

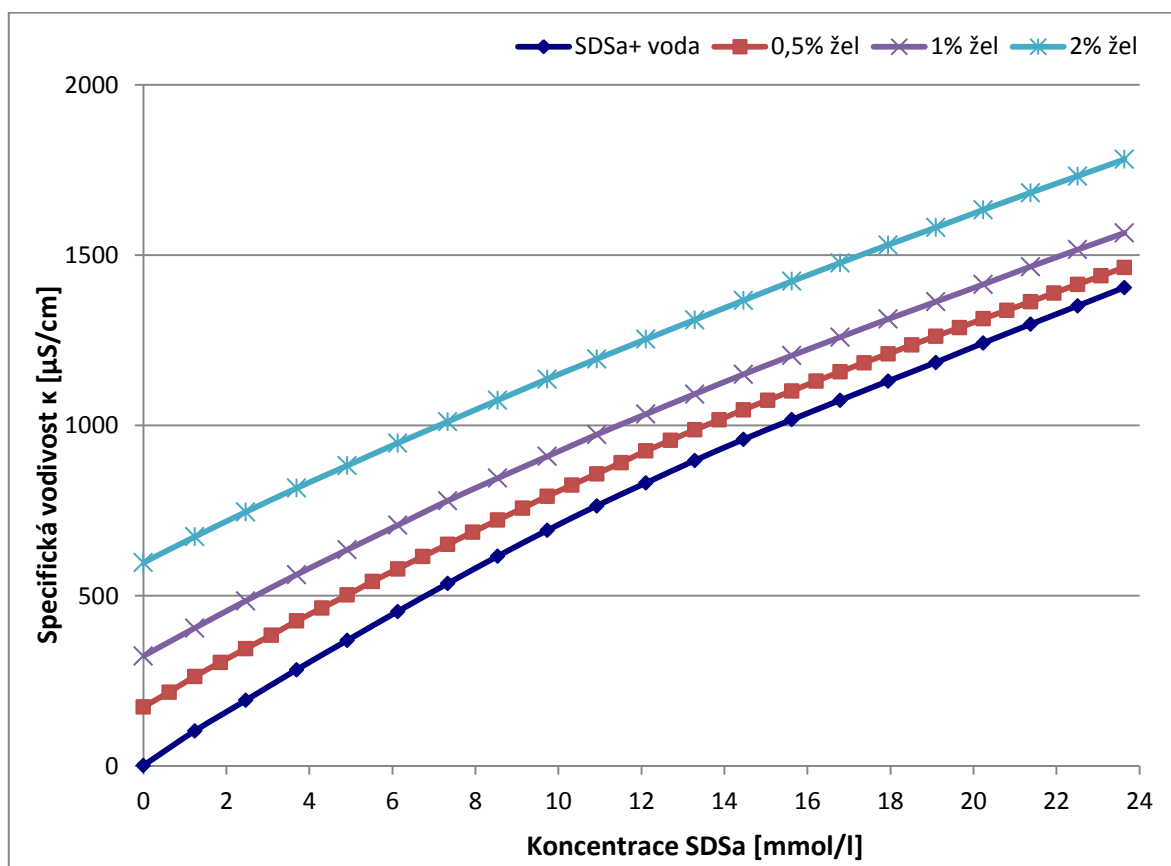
Všechna hodnocení byla prováděna při $R^2 = 0,9999$. Hodnoty c.m.c. SDSa ve směsi (označené jako c.m.c.) vykazují poměrně velký rozptyl i pokud pomíneme měření č. 4. Jsou však nižší než c.m.c. SDSa (viz tab. 4). Jejich hodnoty je ovšem nutno ověřit jinými technikami.

5.3 Konduktometrické hodnocení interakce tenzidů se želatínou

5.3.1 Interakce želatína–SDSa

Standardní konduktometrickou titrací byla sledována interakce SDSa se želatínou o koncentraci 0,5%, 1% a 2% při pH ~ 6, tedy prakticky v izoelektrickém bodě želatiny. Maximální koncentrace SDSa vždy výrazně přesahovala c.m.c. SDSa, kvůli jistotě dokončení případné interakce.

Titrační křivky pro všechny použité koncentrace želatiny a vodný roztok jsou souhrnně uvedeny na obrázku 21.



Obr. 21 – Konduktometrické křivky interakce SDSa a želatiny

U všech křivek želatina–SDSa byl proveden pokus o jejich vyhodnocení pomocí derivačních křivek. To se podobně jako v případě vodného roztoku SDSa nepodařilo.

Při interakci tenzidu se želatinou nebylo možné spolehlivě vyhodnotit počáteční a konečné koncentrace, jak bylo provedeno např. Sovilj [34] nebo Vincencovou [35] v případě interakce se SDS, popř. směsí SDS a Igepalu CA 720. Nelze tedy stanovit ani navázané množství tenzidů na želatinu. Proto bylo přistoupeno ke stanovení velikosti nelineární části křivky (tj. rozmezí c_A a c_B viz obr. 15) z regresních přímek. To však bylo možno provést pouze u směsi s nejnižší koncentrací želatiny (0,5 %). Výsledky byly ovšem nepoužitelné.

Z obrázku 21 vyplývá, že použitá metoda je v tomto případě vhodná pouze jako důkaz existence interakce SDSa–želatina. První část křivek (koncentrace SDSa do zlomu) je lineární a liší se hodnotami směrnice od systému voda–SDSa. Nižší strmota těchto částí křivek je dána vazbou aniontu SDSa na želatinu a tedy snížením vodivosti roztoku [34]. Druhá lineární část křivek má bez ohledu na přítomnost želatiny v roztoku přibližně stejnou směrnici. To znamená, že příspěvek zvýšení koncentrace SDSa k vodivosti je stejný a svědčí o ukončení agregace tenzidu se želatinou [34].

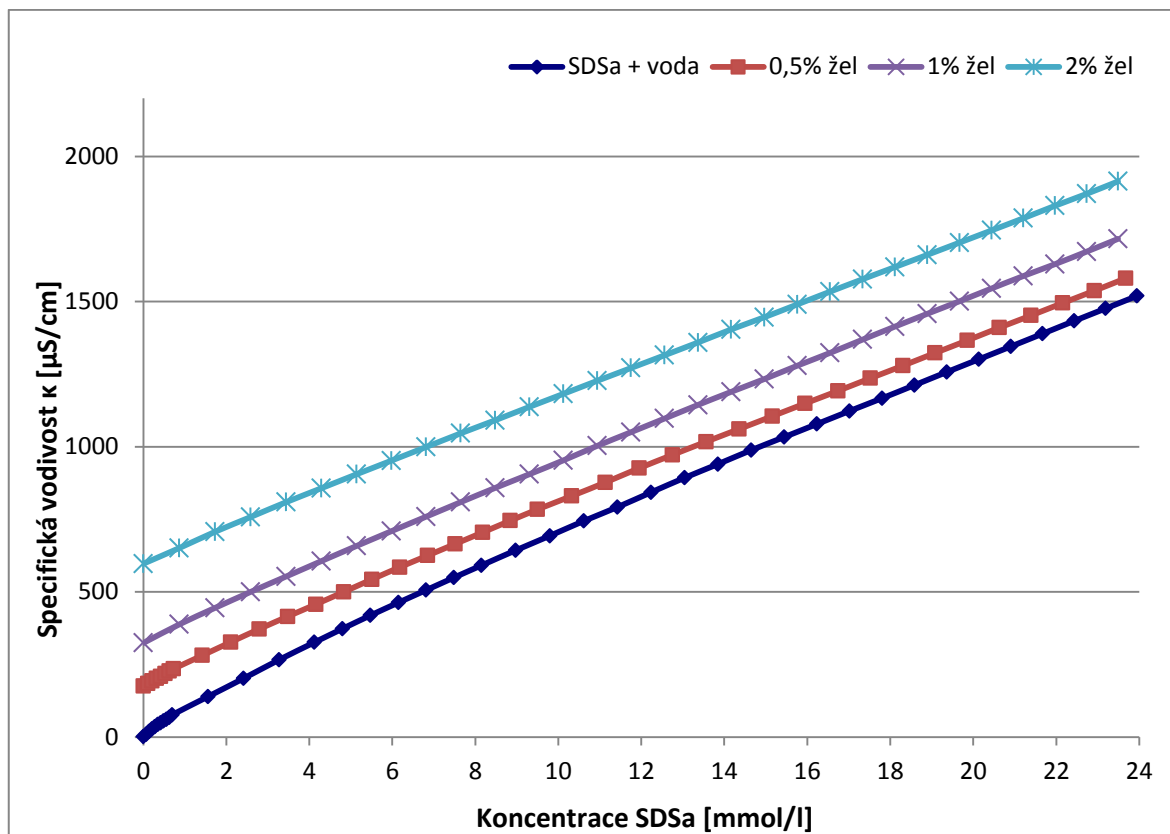
Rozdíl ve směrnicih obou částí křivek, zejména u nejvyšší koncentrace želatiny, je velmi malý, což prakticky znemožňuje vyhodnocení průběhu titrace. Ukazuje se, že pro daný systém je konduktometrické stanovení málo citlivé.

5.3.2 Interakce želatina–směs tenzidů

Pro sledování interakce želatiny se směsí SDSa a Igepalu CA 720 byla použita pouze jedna směs v poměru 7 : 3 (molárně), tedy s větším množstvím anionického tenzidu. Předpokládali jsme, že bude možno provést konduktometrická měření a jejich následné vyhodnocení.

Konduktometrické křivky pro všechny koncentrace želatiny jsou uvedeny na obrázku 22.

Ve zmiňovaném obrázku je pro srovnání uvedena i křivka stanovení c.m.c. směsi. Koncentrace tenzidu je vyjadřována v mmol/l přidaného SDSa. Charakter závislosti je obdobný interakci želatiny se SDSa (viz obr. 21). Se vzrůstající koncentrací želatiny v systému se první části křivek jeví jako méně strmé a při koncentraci 2% želatiny v roztoku je závislost téměř lineární. Podobně jako v předchozím případě lze tuto skutečnost považovat za důkaz interakce želatiny s tenzidy.



Obr. 22 – Konduktometrické křivky směsi tenzidů a želatiny

Zajímavým srovnáním je porovnání směrnic regresních přímek v první části závislosti pro samotný SDSa i jeho směs s Igepalem při interakci se želatinou (viz tab. 6).

Tab. 6 – Směrnice regresních přímek interakce želatiny s tenzidy

Želatina – SDSa			Želatina – směs tenzidů		
obsah želatiny [%]	směrnice 1. přímky	směrnice 2. přímky	obsah želatiny [%]	směrnice 1. přímky	směrnice 2. přímky
0	73,469	49,941	0	73,073	57,872
0,5	65,965	46,058	0,5	63,307	56,428
1	61,991	45,940	1	62,699	57,609
2	58,033	46,064	2	63,628	55,088

Zatímco v případě SDSa dochází u směrnice 1. regresní přímky (tj. přímka pro nižší koncentrace tenzidu) k výraznému poklesu se vzrůstající koncentrací želatiny v roztoku, u

směsi je tento pokles na koncentraci želatiny nezávislý. Pro objasnění tohoto problému budou zapotřebí další měření.

Druhá linearizovaná část závislosti (tj. směrnice 2. přímky), která popisuje stav po skončení interakce želatiny s tenzidy, ukazuje, že v obou případech jak samotného SDSa tak směsi tenzidů jsou splněny teoretické předpoklady [34]. Rozdíly ve velikostech směrnic mezi vodnými roztoky a roztoky želatiny jsou relativně malé.

Rozdílné hodnoty mezi směrnicí 2. přímky v systému SDSa–želatina a směs–želatina nejsou opět zcela jasné.

Lze tedy konstatovat, že pro systém želatina–směs SDSa : Igeplal CA 720 nelze konduktometrickou metodu ke stanovení kvantitativních závěrů využít.

ZÁVĚR

Bakalářská práce byla zaměřena na sledování interakcí želatiny s anionickým tenzidem N-lauryl sarkosínátem sodným (SDSa) a jeho směsí s neionickým tenzidem Igepal CA 720 pomocí konduktometrických titrací. Interakce byla sledována při teplotě 40 °C a při pH 5,8 (tzn. v izoelektrickém bodě želatiny). Při tomto pH se želatina chová jako polyelektrolyt s minimální nábojovou hustotou. Dané pH bylo zvoleno z důvodu, že většina kosmetických přípravků obsahujících jak polymer, tak tenzidy, má hodnotu pH nastavenou v oblasti 5,5 – 6,5. Zvýšená teplota interakce (40 °C) byla zvolena s ohledem na blokování vzájemné interakce želatinových řetězců.

Z výsledků diskutovaných v experimentální části je možno učinit následující závěry:

- Kritická micelární koncentrace SDSa se za daných podmínek pohybuje v rozmezí 10,3 – 10,8 mmol/l, což je v souladu se zjištěními jiných autorů.
- Kritická micelární koncentrace směsi SDSa : Igepal CA 720 (7 : 3) se pohybuje v širokém rozmezí 5,5 – 7,5 mmol/l. Na konduktometrických křivkách této směsi byl zjištěn další charakteristický zlom odpovídající c.m.c. 0,3 – 0,4 mmol/l.
- Konduktometrické titrace lze použít pro stanovení interakce SDSa se želatinou. Tyto křivky však poskytují pouze kvalitativní závěry. Se zvyšující se koncentrací želatiny se zvyšuje interakce systému, což bylo pozorovatelné na změně směrnice regresních křivek v první fázi interakce. Po ukončení interakce je zvyšování vodivosti dáno pouze přítomností nezreagovaného SDSa. To potvrzují směrnice regresních přímků druhé části titračních křivek, které jsou nezávislé na obsahu želatiny ve směsi a jsou stejné jako odpovídající směrnice regresní křivky vodného roztoku SDSa.
- Konduktometrická titrace je použitelná i pro sledování interakce želatiny s výše uvedenou směsí tenzidů a platí pro ni stejná omezení jako pro interakce se samotným SDSa. Průběh interakce lze sledovat na základě snižování c.m.c. tenzidů vyjádřených jako koncentrace SDSa ve směsi. Toto snížení je závislé na koncentraci želatiny.
- Konduktometrické chování samotného SDSa i jeho směsí s neionickými tenzidy se částečně odlišuje od chování běžných anionických tenzidů na bázi sulfátů a sulfonátů. Toto chování způsobilo, že klasické konduktometrické křivky nešlo vyhodnocovat běžným způsobem (pomocí derivačních křivek), což omezuje využití konduktometrie při sledování interakcí použitého tenzidu s polymerem.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery – výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. 2. vyd. Praha: VŠCHT, 2006. ISBN 80-7080-617-6.
- [2] RYBNÍKÁŘ, František. *Makromolekulární chemie*. 1. vyd. Brno: VUT, 2000. ISBN 80-214-1556-8.
- [3] PROKOPOVÁ, Irena. *Makromolekulární chemie*. 2. vyd. Praha: VŠCHT, 2007. ISBN 978-80-7080-662-3.
- [4] ŠŇUPÁREK, Jaromír. *Úvod do makromolekulární chemie*. 1. vyd. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003. ISBN 80-7194-562-5.
- [5] VINKLÁREK, Z., VONDRUŠKA, M. *Intermakromolekulární reakce a intermakromolekulární komplexy*. Zlín: Agentura D, 1996. ISBN 80-900241-1-4.
- [6] MORGAN, S., et al. *Cosmetic Nanotechnology*. Washington DC: American Chemical Society, 2007. Chapter 1, LOCHHEAD, R. Y. *The Role of Polymers in Cosmetics: Recent Trends*, pp 3 – 56. Dostupný z WWW: <<http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/bk-2007-0961.ch001>>
- [7] HOZA, I., SUMCZYNSKI, D., LAZÁRKOVÁ, Z., BUDÍNSKÝ, P. *Potravinářská biochemie I*. 2. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2011. ISBN 978-80-7318-936-5.
- [8] MOKREJŠ, P., LANGMAIER, F. *Aplikace přírodních polymerů*. 1. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2008. ISBN 978-80-7318-674-6.
- [9] KRS, V., HANEK, R. *Materiály I. – pro 1. a 2. ročník oboru Kosmetička*. 2. vyd. Praha: Informatorium, 2011. ISBN 978-80-7333-085-9.
- [10] *Český lékopis 1997: Speciální část – Léčivé a pomocné látky – Macrogola* [online]. [cit. 2012-03-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.lekopis.cz/>>
- [11] *GMAP Gelatin Manufactures Association of Asia Pacific: About Gelatin – Physical Properties* [online]. 2005 [cit. 2012-02-22]. Dostupný z WWW: <http://www.gmap-gelatin.com/about_gelatin_phys.html>
- [12] MLÁDEK, M. *Zpracování odpadů kožedělného průmyslu*. 1. vyd. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1971.

- [13] *Gelatin Manufacturers Institute of America: Gelatin Handbook* [online]. 2012 [cit. 2012-02-22]. Dostupný z WWW: <http://www.gelatin-gmia.com/images/GMIA_Gelatin_Manual_2012.pdf>
- [14] SCHRIEBER, R., GAREIS, H. *Gelatine Handbook – Theory and Industrial Practice*. Weinheim: WILEY-VCH, 2007. ISBN 978-3-527-31548-2.
- [15] UTB ve Zlíně. *Fyzikální, chemické a technické vlastnosti povrchově aktivních látek*. Vzdělávací portál [online]. 2007 [cit. 2012-03-24]. Dostupný z WWW: <<http://utb.cepac.cz/screens/default.aspx>>
- [16] MALMSTEN, Martin. *Surfactants and Polymers in Drug Delivery*. New York: Marcel Dekker, 2002. ISBN 0-8247-0804-0.
- [17] BROZE, Guy. *Handbook of detergents – Part A: Properties*. New York: Marcel Dekker, 1999. ISBN 0-8247-1417-2.
- [18] BLAŽEJ, A. *Tenzidy*. 1. vyd. Bratislava: Alfa a SNTL, 1977. 481 s. 63-173-77.
- [19] UTB ve Zlíně. *Systematika povrchově aktivních látek*. Vzdělávací portál [online]. [cit. 2012-03-28]. Dostupný z WWW: <<http://utb.cepac.cz/screens/default.aspx>>
- [20] *BioWorld: Sodium lauroyl sarcosine* [online]. [cit. 2012-04-29]. Dostupný z WWW: <<http://www.bio-world.com/productinfo/476/1519/Sodium-lauroyl-sarcosine.html>>
- [21] Hamposyl Surfactants: *The Use of N-acyl Sarcosinate Surfactants in Personal Care Products* [online]. Hampshire Chemical Corporation, 2000. [cit. 2012-04-29]. Dostupný z WWW: <http://www.dewolfchem.com/pdf/Chattem_Personal_Care_Brochure.pdf>
- [22] TSUBONE K., ROSEN, M. J. Structural Effect on Surface Activities of Anionic Surfactants Having N-acyl-N-methylamide and Carboxylate Groups. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2001, Vol. 244, 394 – 398.
- [23] BAREL, A. O., PAYE M., MAIBACH, H. I. *Handbook of Cosmetic Science and Technology*. New York: Marcel Dekker, 2001. ISBN 0-8247-0292-1.
- [24] GODDARD, E. D., ANANTHAPADMANABHAN, K. P. *Interactions of Surfactants with Polymers and Proteins*. Florida: CRC Press, 1993. ISBN 0-8493-6784-0.

- [25] FISHMAN, M. L., EIRICH, F.R. Interactions of Aqueous Poly(N-vinylpyrrolidone) with Sodium Dodecyl Sulfate. I. Equilibrium Dialysis Measurements. *J. Phys. Chem.* 1971, Vol. 75, No. 20, 3135 – 3140.
- [26] FRANCOIS, J., DAYANTIS, J., SABBADIN, J. Hydrodynamical Behaviour of the Poly(ethylene oxide) – Sodium Dodecyl Sulphate Complex. *Eur. Polym. J.* 1985, Vol. 21, 165 – 174.
- [27] SCHWUGER, M. J. Mechanism of Interaction Between Ionic Surfactants and Polyglycol Ether in Water. *J. Colloid Interf. Sci.* 1971, Vol. 43, 491 – 498.
- [28] KRESHECK, G. C., CONSTANTINIDIS, I. Ion-selective Electrodes for Octyl and Decyl Sulfate Surfactants. *Anal. Chem.* 1984, Vol. 56, 152 – 156.
- [29] Integrovaný systém elektronických studijních opor VŠCHT Praha: *Měření povrchového a mezifázového napětí – metody odtrhávání*. [online]. 2005 [cit. 2012-05-01]. Dostupný z WWW: <http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-001/hesla/mereni_povrchoveho_a_mezifazoveho_napeti.html>
- [30] MAJER, J. a kol. *Analytická chemia*. 1. vyd. Martin: Osveta, 1989. 368 s. 70-047-89.
- [31] SAITO, S. *Kolloid Z.*, 154, 19, 1957. (in GODDARD, E. D., ANANTHAPADMANABHAN, K. P. *Interactions of Surfactants with Polymers and Proteins*. Florida: CRC Press, 1993. ISBN 0-8493-6784-0.)
- [32] SAITO, S., MIZUTA, Y. Solubilization of Polymers in Aqueous Surfactant Solution. *J. Colloid Interface and Science*. 1967, Vol. 23, 604 – 605.
- [33] ARAI, H., MURATA, M., SHINODA, K. The Interaction Between Polymer and Surfactant: The Composition of the Complex Between Polyvinylpyrrolidone and Sodium Alkyl Sulfate as Revealed by Surface Tension, Dialysis and Solubilization. *J. Colloid and Interface Science*. 1971, Vol. 37, 223 – 227.
- [34] SOVILJ, V. Conductometric and Potentiometric Investigations of Ionic Surfactant–Gelatin Interaction. *Colloid Polym Sci.* 1998, Vol. 276, 328 – 334.
- [35] VINCENCOVÁ, E. *Interakce anionických a neionických surfaktantů se želatinou*. Diplomová práce UTB. Zlín, 2010.
- [36] GRIFFITHS, P. C., CHEUNG, A.Y.F. Interaction Between Surfactants and Gelatin in Aqueous Solutions. *Materials Science and Technology*. 2002, Vol. 18, 591 – 599.

- [37] BURON, C., FILIATRE, C., MEMBREY, F., FOISSY, A., ARGILLIER, J. F. Interactions Between Gelatin and Sodium Dodecyl Sulphate: Binding isotherm and solution properties. *Colloid and Polymer Science*. 2004, Vol. 282, 446 – 453.
- [38] GREENER, J., CONTESTABLE, R. B., BALE, M. D. Interaction of Anionic Surfactants with Gelatin: Viscosity Effects. *Macromolecules*. 1987, Vol. 20, 2490 – 2498.
- [39] TAVERNIER, B.H. The Interaction of Sodium N-Methyl N-Oleoyltaurine with Gelatin. *Journal of Colloid and Interface Sci.* 1983, Vol. 93, No. 2, 419 – 423.
- [40] KUCEJOVÁ, J. *Interakce kolagenu I směsí surfaktantů*. Diplomová práce UTB. Zlín, 2010.
- [41] STRNADOVÁ, H., KVÍTEK, L. Vliv pufru na tvorbu micel vybraných povrchově aktivních látek. *Chemické listy*. 2009, roč. 103, č. 4, s. 315 – 319.
- [42] Katalog Sigma-Aldrich. Where Bio Begins: Products for Life Science Research 2011 – 2012. Sigma-Aldrich Co., 2010.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AMK	Aminokyselina
c.a.c.	kritická agregační koncentrace
c.m.c.	kritická micelární koncentrace
CTMAB	Cetyltrimethylammonium bromid (Cetrimonium bromide)
EO	Etylenoxidová jednotka
GAG	Glukosaminoglykan/y
KP	Kosmetický prostředek
M	mol/l
mM	mmol/l
NaCl	Chlorid sodný
PAL	Povrchově aktivní látka
PEG	Polyetylenglykol
PEL	Polyelektrolyt
PEO	Polyetylenoxid
PPO	Polypropylenoxid
PVA	Polyvinylalkohol
PVAc	Polyvinylacetát
PVP	Polyvinylpyrrolidon
SDBS	Dodecylbenzensulfonan sodný (Sodium Dodecylbenzenesulfonate)
SDS	Docecylsulfát sodný (Sodium Lauryl Sulfate)
SDSa	N-laurylsarkosinát sodný (Sodium Lauroyl Sarcosinate)
SMOT	N-Methyl-N-Oleoyltaurin sodný (Sodium N-Methyl N-Oleoyltaurine)

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 – Konstituce makromolekul – lineární (a), větvené (b) a síťované (c) [3]</i>	13
<i>Obr. 2 – Distribuční křivka molekulových hmotností polymeru [1]</i>	13
<i>Obr. 3 – Denaturace tropokolagenu: α – frakce alfa; β – frakce beta; γ – frakce gama (statistické klubko) [12]</i>	18
<i>Obr. 4 – Schéma molekuly surfaktantu [16]</i>	20
<i>Obr. 5 – Základní tvary micel: a – sférická, b – válcová, c – tyčinková, d – lamelární [18]</i>	21
<i>Obr. 6 – Schéma různých typů tenzidů [16]</i>	22
<i>Obr. 7 – N-laurylsarkosinát sodný [20]</i>	25
<i>Obr. 8 – Epidermální permeabilita 0,04M roztoků tenzidů [21]</i>	25
<i>Obr. 9 – Účinek chloridu sodného na pěnovost [21]</i>	26
<i>Obr. 10 – Závislost povrchového napětí na koncentraci tenzidu [24]</i>	28
<i>Obr. 11 – Schéma agregátů polymer–tenzid [24]</i>	30
<i>Obr. 12 – Sorpční izoterma systému SDS/PEO v 0,1M NaCl [24]</i>	32
<i>Obr. 13 – Závislost specifické vodivosti na koncentraci SDS v přítomnosti PEO [24]</i>	33
<i>Obr. 14 – Závislost povrchového napětí na koncentraci SDS [36]</i>	35
<i>Obr. 15 – Křivky konduktometrické titrace [34]</i>	37
<i>Obr. 16 – Stanovení izoelektrického bodu želatiny</i>	42
<i>Obr. 17 – Sestava pro konduktometrické titrace</i>	44
<i>Obr. 18 – Konduktometrické stanovení c.m.c. SDSa</i>	45
<i>Obr. 19 – Konduktometrické stanovení c.m.c. směsi SDSa : Igepal CA 720 (7 : 3)</i>	47
<i>Obr. 20 – Konduktometrické stanovení c.m.c. směsi SDSa : Igepal CA 720 (7 : 3) – „výřez“ pro nižší koncentrace</i>	48
<i>Obr. 21 – Konduktometrické křivky interakce SDSa a želatiny</i>	49
<i>Obr. 22 – Konduktometrické křivky směsi tenzidů a želatiny</i>	51

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 – Specifické vlastnosti jedlých želatin [11]</i>	19
<i>Tab. 2 – Hodnoty HLB hlavních aplikačních skupin tenzidů [18]</i>	24
<i>Tab. 3 – Složení oplachového vysoce pěnicího šamponu (upraveno na pH 6,7) [21].....</i>	27
<i>Tab. 4 – Hodnoty c.m.c. a směrnice regresních přímk pro systém SDSa–voda</i>	46
<i>Tab. 5 – Stanovení hodnoty c.m.c. a směrnice regresních přímk směsi SDSa : Igepal CA 720 (7 : 3)</i>	48
<i>Tab. 6 – Směrnice regresních přímk interakce želatiny s tenzidy</i>	51