

Neionické tenzidy v kosmetickém i nekosmetickém využití

Ivona Roubalová

Bakalářská práce
2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

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

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ivona Roubalová**
Osobní číslo: **T16357**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie výroby tuků, kosmetiky a detergentů**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Neionické tenzidy v kosmetickém i nekosmetickém využití**

Zásady pro vypracování:

Tenzidy
Vlastnosti chemické a fyzikální neionických tenzidů
Skupiny neionických tenzidů
Použití v kosmetice i mimo ni

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

ROSEN, Milton J. *Surfactants and interfacial phenomena* . 3rd ed. Hoboken, N.J.:

Wiley-Interscience, c2004. ISBN 04-714-7818-0.

MYERS, Drew. *Surfactant science and technology* . 3rd ed. Hoboken, N.J.: J. Wiley, c2006.

ISBN 978-0-471-68024-6.

SMULDERS, Eduard., Wilfried. RAHSE a Gunter. JAKOBI. *Laundry detergents* . Weinheim:

Wiley-VCH, c2002. ISBN 35-273-0520-3.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ondřej Rudolf, Ph.D.

Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Datum zadání bakalářské práce:

2. ledna 2019

Termín odevzdání bakalářské práce:

20. května 2019

Ve Zlíně dne 12. března 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

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

Příjmení a jméno: DOUBALOVÁ, IVONA

Obor: 3451

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně

.....

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

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

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k 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 přihlíádne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá využitím neionických tenzidů v kosmetickém průmyslu a dalších průmyslových odvětvích. V první kapitole je uvedena struktura povrchově aktivních látek, dále jejich rozdělení a popis vlastností. Druhá kapitola je zaměřena na vlastnosti neionických tenzidů důležitých pro aplikaci těchto látek. Součástí kapitoly je také klasifikace tenzidů do skupin podle chemické struktury. Další část se zabývá využitím povrchově aktivních látek a konkrétních neionických tenzidů v různých průmyslových formulacích, v závěrečné kapitole je uvedeno složení vybraných produktů se zaměřením na jednotlivé neionické tenzidy.

Klíčová slova: povrchově aktivní látky, neionické tenzidy, využití

ABSTRACT

The Bachelor's thesis deals with the application of the nonionic surfactants in the cosmetic industry and other industrial branches. In the first chapter the structure of the surface active agents are presented, then their classification and the description of the properties are mentioned. The second chapter is focused on the properties which are important for the application of nonionic surfactants. It also describes the classification of surfactants according to their chemical structure. The next part deals with the application of the surface active agents and the particular nonionic surfactants in various industrial formulations, the last chapter focuses on the ingredients of chosen products pointing at the particular nonionic surfactants.

Keywords: surface active agents, nonionic surfactants, application

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Ondřeji Rudolfovi, Ph. D., za jeho odborné vedení, ochotu, rady, poskytnuté materiály a vstřícný přístup.

Poděkování patří také rodině, především mamince, která mi umožnila studovat a byla mi oporou v každé situaci a dále přátelům, za psychickou podporu a pomoc při psaní této práce.

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

OBSAH

ÚVOD	9
1 CHARAKTERISTIKA TENZIDŮ	10
1.1 STRUKTURA TENZIDŮ	10
1.2 KLASIFIKACE TENZIDŮ	10
1.2.1 Ionické tenzidy	11
Anionické tenzidy	11
Kationické tenzidy	12
Amfoterní (amfolytické) tenzidy	13
2 NEIONICKÉ TENZIDY	14
2.1 CHARAKTERISTIKA NEIONICKÝCH TENZIDŮ	14
2.1.1 Hydrofilně-lipofilní rovnováha (HLB)	14
2.1.2 Bod zákalu (Cloud point)	16
2.1.3 Kritická micelární koncentrace (KMK, CMC)	18
2.1.4 Agregační (asociační) číslo	21
2.2 KLASIFIKACE – SKUPINY NEIONICKÝCH TENZIDŮ	21
2.2.1 Neionické tenzidy s etherickým můstkem	22
2.2.2 Neionické tenzidy s esterickým můstkem	25
2.2.3 Neionické tenzidy s amidickým můstkem	26
2.2.4 Neionické tenzidy na bázi sacharidů	26
3 VYUŽITÍ NEIONICKÝCH TENZIDŮ	28
3.1 ESTERY SORBITANU MASTNÝCH KYSELIN (SPAN).....	31
3.2 ETHOXYLÁTY SORBITANOVÝCH ESTERŮ (TWEEN, POLYSORBÁTY).....	32
3.3 ETHOXYLÁTY ALKYLFENOLŮ (TRITON)	34
3.4 ALKYLETERY POLYETHYLEN GLYKOLU (BRIJ).....	35
4 SLOŽENÍ VYBRANÝCH KOSMETICKÝCH PŘÍPRAVKŮ	38
ZÁVĚR	42
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	43
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	47
SEZNAM OBRÁZKŮ	49
SEZNAM TABULEK	50

ÚVOD

Charakteristickou vlastností povrchově aktivních látek je schopnost hromadit se již při nízkých koncentracích na fázové rozhraní, čímž snižují mezifázovou energii systému.

Mezi látky s touto schopností patří i neionické tenzidy, které tvoří nedílnou součást povrchově aktivních látek na trhu a jsou hojně využívány v nejrůznějších průmyslových odvětvích jako emulgátory, dispergátory, detergenty, solubilizační a smáčecí činidla. Aplikace těchto tenzidů souvisí s jejich vlastnostmi, kdy pro vhodný výběr jsou důležitými parametry hydrofilně-lipofilní rovnováha (Hydrophilic-lipophilic balance HLB), bod zákalu (Cloud point), kritická micelární koncentrace (Critical micelle concentration CMC, KMK) a agregační (asociační) číslo.

Na základě znalosti těchto kritérií je možné vybírat ze široké škály tenzidů, kdy nejznámějšími zástupci jsou neionické tenzidy s etherickým můstkem např. ethoxyláty mastných alkoholů, ethoxyláty sorbitanových esterů s mastnými kyselinami a ethoxyláty alkylfenolů. Dále zde patří tenzidy s esterickým můstkem, jež jsou používány především v potravinářství, tenzidy s amidickým můstkem a tenzidy na bázi sacharidů, které se v dnešní době těší narůstající oblibě, především díky své výborné biodegradabilitě.

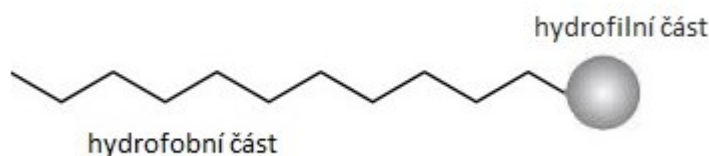
Tato bakalářská práce je zaměřena na charakteristiku neionických tenzidů a s tím související využití v kosmetickém průmyslu i dalších průmyslových aplikacích, kdy větší pozornost je věnována tenzidům s etherickým můstkem a esterům sorbitanu.

1 CHARAKTERISTIKA TENZIDŮ

Tenzidy tvoří skupinu látek, jejichž společnou charakteristickou vlastností je povrchová aktivita. Jedná se tedy o povrchově aktivní látky (PAL), které se již při nízkých koncentracích adsorbují na fázovém rozhraní a tím snižují mezifázovou energii systému [1][2]. Mohou být označovány také jako surfaktanty (z angličtiny) nebo tenzidy (z němčiny) [3].

1.1 Struktura tenzidů

Molekula tenzidu má amfifilní (amfipatickou) strukturu tzn., obsahuje hydrofilní část (rozpuštnou ve vodě) a hydrofobní část (nerozpuštnou ve vodě). Hydrofilní (lipofobní) část obsahuje atomy nebo skupinu atomů s velkou elektronegativitou (např. atomy O, N, P, S) a je nejčastěji tvořena polárními skupinami jako jsou $-\text{COOH}$, $-\text{SO}_3\text{H}$, SO_2NH , $-\text{CONH}$. Hydrofobní (lipofilní) část je tvořena uhlovodíkovým zbytkem s lineárním nebo rozvětveným řetězcem (alkany, alkeny). Dále může být hydrofobní část tvořena aromatickou strukturou (benzen, fenol, naftalen) anebo, což je častější, alkylovanou aromatickou sloučeninou (alkylbenzen, alkylfenol, alkylnaftalen). Amfipatická struktura tenzidu je tedy tvořena jak skupinami s velkou afinitou k rozpouštědлу, nejčastěji voda, tak skupinami, které rozpouštědlo odpuzují [1][4].



Obr. 1 Amfifilní struktura tenzidu

1.2 Klasifikace tenzidů

Tenzidy lze dělit podle různých kritérií, jako např. dle typu hydrofilní a hydrofobní složky, podle hodnoty hydrofilně-lipofilní rovnováhy (HLB), nebo z hlediska aplikace. Základní klasifikací je dělení tenzidů dle charakteru hydrofilní části, což souvisí se schopností disociovat ve vodním prostředí. Podle tohoto kritéria dělíme tenzidy na ionické a neionické [1].

1.2.1 Ionické tenzidy

Do této skupiny patří anionické, kationické a amfoterní (amfolytické) tenzidy, které ve své molekule obsahují funkční skupiny, jež jsou schopny ve vodném prostředí disociovat na ionty. Tyto vzniklé ionty pak nesou povrchovou aktivitu [1][4].

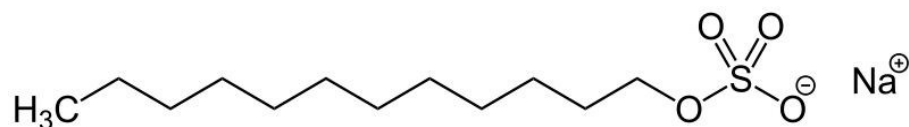
Anionické tenzidy

Jedná se o nejrozšířenější skupinu PAL, která má široké spektrum využití. Vzhledem k nízkým nákladům na jejich výrobu jsou součástí prakticky všech čisticích prostředků a pracích prášků. Anionické tenzidy ve vodě disociují na záporně nabitý anion, který je zodpovědný za povrchovou aktivitu a kladně nabitý neaktivní kation. Jsou to látky s nejučinnějšími detergentními a pěnicími vlastnostmi. Hydrofobní část je převážně tvořena lineárním nasyceným uhlovodíkovým řetězcem s 12–16 atomy uhlíku. Tenzidy s lineárním řetězcem jsou upřednostňovány oproti sloučeninám s rozvětveným řetězcem, protože jsou účinnější a snadněji biologicky odbouratelné. Hydrofilní část je tvořena funkčními skupinami, jakou jsou karboxylová, sulfátová nebo sulfonová. Mezi zástupce této skupiny patří mýdla, sulfáty, sulfonáty a dnes téměř nepoužívané fosfáty [2][4][5].

Nejstaršími známými anionickými tenzidy jsou mýdla. Chemicky se jedná nejběžněji o sodnou nebo draselnou sůl vyšších karboxylových kyselin ($\text{RCOO}^- \text{Na}^+$ nebo K^+). Vyrábí se procesem zmýdelnění, kdy surovinami jsou rostlinné oleje (nejčastěji palmojadrový a kokosový olej) a živočišné tuky (hovězí lůj), které se vaří v přebytku roztoku hydroxidu sodného nebo draselného. Sodné soli karboxylových kyselin jsou tuhá mýdla, kdežto draselné soli jsou mýdla tekutá. Výhodou mýdel je jejich dobrá prací účinnost, nízká toxicita a snadná biologická odbouratelnost. Mezi nevýhody patří nefunkčnost v tvrdé vodě (vzniká sraženina s Ca^{2+} a Mg^{2+} ionty) a nižší rozpustnost v kyselém prostředí [2][4][5].

Dalšími velmi rozšířenými anionickými tenzidy jsou sulfáty. Jedná se o estery kyseliny sírové, které se vyrábí esterifikací alkoholu působením sulfatačního činidla (např. kyselina chlorsulfonová nebo kyselina sírová). Sodné soli sulfátů (ROSO_3Na) vykazují dobrou rozpustnost ve vodě a mají výbornou prací účinnost. Do této skupiny patří jedna z nejnámějších povrchově aktivních látek dodecylsulfát sodný (SDS), který se používá do pracích prostředků, šamponů a sprchových gelů. Dnes je používán jeho ethoxylovaný derivát laureth

sulfát sodný, známý pod zkratkou SLES, který má nižší iritační účinky na pokožku než SDS [5][6].



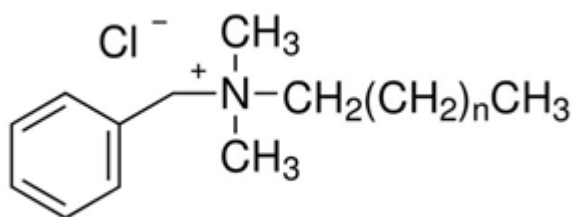
Obr. 2 Sodium dodecyl sulfát (SDS) [7]

Nejznámějším příkladem sulfonátů je dodecylbenzensulfonát sodný (SDBS), který velmi irituje pokožku, a proto se nepoužívá do kosmetických aplikací a je součástí průmyslových práškových a kapalných čisticích prostředků [5].

Kationické tenzidy

Jsou to sloučeniny, které ve své molekule obsahují jednu nebo více funkčních skupin s kladně nabitým atomem. Ve vodném prostředí disociují na kladně nabitě organické ionty, jež jsou nositeli povrchové aktivity. Mezi zástupce této skupiny patří alkylaminy, kvarterní amoniové soli a pyridinové soli [1][4].

Kationické tenzidy nemají dobré detergenční účinky ani nejsou dobrými pěnotvornými činidly ve srovnání s anionickými tenzidy. Jsou stabilní v kyselém i zásaditém prostředí, nejsou použitelné společně s anionickými tenzidy, ale jsou kompatibilní s neionickými tenzidy. Vzhledem k jejich kladnému náboji jsou adsorbovány na většinu pevných povrchů, které mají záporný náboj. Díky této vlastnosti mají antistatické a změkčovací účinky, a proto jsou součástí vlasových kondicionérů a aviváží. Jsou známy také pro své antimikrobiální účinky a používají se jako přísada do dezinfekčních prostředků a pro sterilizaci chirurgického vybavení. Pro tyto účely se velmi často využívá např. benzalkonium a alkytrimethylamonium chlorid nebo bromid. Dále mají kationické tenzidy uplatnění jako změkčovadla textilií, inhibitory koroze a používají se jako emulgátory v barvách a asfaltových emulzích [5][6].

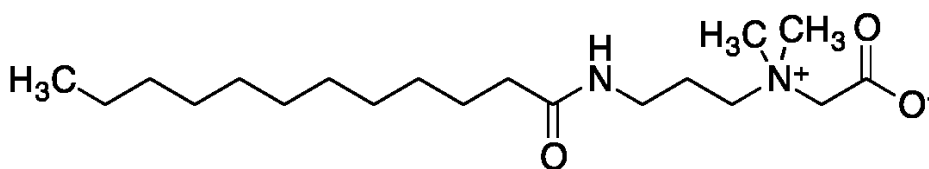


Obr. 3 Benzalkonium chlorid [8]

Amfoterní (amfolytické) tenzidy

Pro tyto tenzidy je charakteristická přítomnost dvou nebo více funkčních skupin, které jsou buď kyselé (sulfoskupina, karboxylová skupina) nebo bazické (aminoskupina, amoniová skupina). Ve vodném roztoku v závislosti na pH disociují na aniony (zásadité pH) nebo na kationy (kyselé pH). V neutrálním prostředí se chovají jako amfoterní tenzidy s nízkými smáčecími a pěnicími účinky a malou rozpustností ve vodě. Změna náboje v závislosti na pH ovlivňuje jejich vlastnosti např. jejich detergenční účinky, smáčecí účinky a schopnost tvorby pěny. Existují dvě podskupiny amfoterních tenzidů: klasické amfoterní tenzidy a zwitterionické tenzidy [2][5][6].

Jejich výroba je drahá, a proto se využívají prakticky jen v kosmetickém průmyslu, kde se nejčastěji kombinují s anionickými a kationickými tenzidy. Patří zde např. aminopropionové kyseliny, které se velmi dobře rozpouští v silných roztocích kyselin i zásad. Mají antistatické a baktericidní účinky a při vysokém pH jsou dobrými pěnotvornými a detergenčními činidly. Dalším typem těchto tenzidů jsou alkylbetainy a sulfobetainy, které jsou nejpožívanějšími amfoterními tenzidy. Betainy nejen že snižují dermální dráždivost a stabilizují pěny, ale působí i jako regulátory viskozity. Jsou obsaženy v šamponech, tekutých mýdlech, koupelových pěnách, působí jako inhibitory koroze a používají se také jako změkčovadla textilií [2][5][6].



Obr. 4 Cocamidopropyl betain [9]

2 NEIONICKÉ TENZIDY

Neionické tenzidy dnes patří mezi velmi rozšířenou skupinu PAL na celosvětovém trhu. Jsou to sloučeniny, které ve vodě nedisociují na ionty. Jejich rozpustnost ve vodném prostředí umožňují hydrofilní skupiny v molekule, které mají silnou afinitu k vodě. Mezi výhody neionických tenzidů patří, že jejich povrchová aktivita není závislá na pH, nejsou citlivé na přítomnost elektrolytů a jsou funkční i v prostředí tvrdé vody. Oproti ionickým tenzidům mají menší schopnost vytvářet pěny a mají průměrné detergenční vlastnosti, jsou však dobrými emulgátory a smáčedly. Používají se v kombinaci s jinými typy tenzidů, nejčastěji s anionickými tenzidy, kdy zlepšují vlastnosti, které jsou důležité pro výsledný produkt, např. zlepšují stálost a kvalitu pěny, mají vliv na viskozitu produktu. Z tohoto důvodu mají širokou škálu aplikací a využívají se ve farmaceutickém, kosmetickém a potravinářském průmyslu. Tyto tenzidy můžeme podle typu můstku, které spojují hydrofilní část (polyhydroxyalkylovou část) s hydrofobní částí molekuly rozdělit na tenzidy s etherickým (oxyethylenáty), esterickým (polyhydroxysloučeniny) nebo amidickým můstkem (alkanolaminy, aminoxidy) a na tenzidy na bázi oxidů (sulfooxidy) [1][4][6].

2.1 Charakteristika neionických tenzidů

Typické parametry a vlastnosti neionických tenzidů, podle kterých se vybírají jejich aplikační možnosti jsou:

- Hydrofilně-lipofilní rovnováha (Hydrophilic-lipophilic balance HLB)
- Bod zákalu (Cloud point CP)
- Kritická micelární koncentrace (Critical micelle concentration CMC, KMK)
- Agregační (asociační) číslo

2.1.1 Hydrofilně-lipofilní rovnováha (HLB)

Hodnotu HLB definoval v roce 1949 Griffin a později byla rozšířena Daviesem. Tato hodnota charakterizuje rovnovážný poměr vlivu hydrofilní (polární) a lipofilní (nepolární) části molekuly tenzidu na jeho vlastnosti. Zároveň je úměrná poměru rozpustnosti tenzidu ve vodné a olejové fázi. Hodnota HLB je vyjádřena bezrozměrným číslem, kdy HLB pro ionické tenzidy je vyšší než pro neionické, u kterých se pohybuje v rozmezí hodnot 0 až 20 [1][10].

Dělení podle HLB umožňuje předpovídat chování tenzidů a také usnadňuje výběr vhodného emulgátoru, smáčecího činidla či jiného typu činidla, jakou jsou detergenty a solubilizátory.

Tato klasifikace se nejčastěji používá při výběru emulgátorů pro přípravu emulzí typu olej ve vodě (O/V) nebo voda v oleji (V/O). Emulze je dvoufázový koloidní systém skládající se ze dvou nemísitelných kapalin, z nichž jedna je dispergovaná ve druhé ve formě kapiček. Po smíchání obou fází s PAL, tvoří emulgátor třetí fázi jako film na rozhraní mezi dvěma fázemi, které se mísí. Fáze, ve které je emulgátor rozpustnější, se stane kontinuální fází, v níž jsou dispergovány kapičky druhé fáze. Emulgátory určují výsledný typ emulze, zároveň usnadňují její přípravu a také ji stabilizují. Většinou se uvádí následující rozdělení tenzidů: nízké hodnoty HLB (nižší než 9) mají tenzidy lipofilního charakteru (rozpustné v oleji), které jsou vhodné pro přípravu emulzí V/O. Střední hodnoty se vyskytují v rozmezí 9–11. Naopak vysoké hodnoty HLB (vyšší než 11) vykazují hydrofilní tenzidy (rozpustné ve vodě), které se používají pro přípravu emulzí typu O/V. Nejvyšší hodnoty HLB odpovídají tenzidům s nejvyšší polaritou, které mají nejsilnější solubilizační účinek. Hodnota HLB pomáhá orientaci v širokém spektru komerčně dostupných tenzidů a určuje jejich následnou aplikaci [10][11][12].

Tab. 1 Hodnoty HLB pro hlavní aplikační skupiny tenzidů [10][13][14]

Rozsah HLB	Použití	Příklad	Hodnota HLB
4–6	Emulgátory V/O	Span [®] 80 Ceteth-2	4,3 5,3 ± 1
7–9	Smáčedla	Span [®] 20 PEG-40	8,6 9 ± 1
8–18	Emulgátory O/V	Tween [®] 40 TERGITOL [™] 15-S-30	15,6 17,4
13–15	Detergenty	TRITON [™] X-100 Igepal [®] CA-630	13,5 13,4
10–18	Solubilizátory	Brij [®] 58 Poloxamer 407	16 18–23

Podle Griffina lze HLB tenzidu vypočítat součtem hodnot HLB jednotlivých skupin, které tvoří molekulu daného tenzidu [3][4]:

Tab. 2 Hodnoty HLB pro jednotlivé funkční skupiny [3]

Skupina	HLB	Skupina	HLB
-SO ₄ Na	38,7	-CH-	
-COOK	21,1	-CH ₂ -	-0,475
-COONa	19,1	-CH ₃	
terciární amin	9,4	-CH=	
-COOH	2,1	-(CH ₂ -CH ₂ -O)-	-0,33
-OH	1,9	-(CH ₂ CH ₂ CH ₂ O)-	-0,15
-O-	1,3		

Pro směsi tenzidů lze výsledná hodnota HLB vypočítat podle následujícího vztahu [4]:

$$HLB_S = \frac{w_1 \cdot (HLB)_1 + w_2 \cdot (HLB)_2}{w_1 + w_2}$$

Kde w_1 a w_2 určují množství tenzidu ve směsi v hmotnostních procentech.

Kdy například pro směs obsahující 70 % Tween[®] 80 (HLB 15) a 30 % Span[®] 80 (HLB 4,3) výpočet vypadá takto [10]:

$$HLB_S = \frac{0,7 \cdot 15 + 0,3 \cdot 4,3}{0,7 + 0,3}$$

$$HLB_S = 11,8$$

2.1.2 Bod zákalu (Cloud point)

Souvisí s rozpustností neionických tenzidů. Pro srovnání rozpustnost ionických tenzidů ve vodě je při nízkých teplotách obecně malá, ale roste se zvyšující se teplotou. Naopak u neionických tenzidů rozpustnost se zvyšující se teplotou klesá a při určité teplotě dochází k zakalení původně čirého roztoku, tenzid přestává být mísitelný s vodou a tuto skutečnost označujeme jako bod zákalu (CP). Příčinou vzniku zákalu je tepelná dehydratace oxyethylenových skupin tenzidu. Hodnota CP závisí na chemické struktuře a na koncentraci tenzidu ve vodném roztoku. Při zvyšování koncentrace tenzidu v roztoku se CP snižuje. Co se týká struktury tenzidu, při velmi nízkém poměru molekulové hmotnosti oxyethylenových skupin ve srovnání s uhlovodíkovým řetězcem není tenzid rozpustný ve vodě. Se zvyšujícím se počtem polyoxyethylenových skupin se rozpustnost tenzidu ve vodě zvyšuje a tak i jeho CP.

Nicméně pokud tenzid obsahuje velké množství těchto skupin, stane se nerozpustným v organických rozpouštědlech a bude rozpustný pouze ve vodě [4][15].

Znalost CP je důležitá pro určení teploty skladování formulací obsahujících neionické PAL. Skladování při teplotách výrazně vyšších než je CP může mít za následek separaci fází a nestabilitu systému. Má vliv také na použití, kdy neionické tenzidy vykazují optimální pěnicí a čisticí účinky v blízkosti nebo pod CP. Např. u odpěňovačů je pro maximální účinnost vhodné, aby byly používány při teplotě těsně nad CP. Naopak pěnotvorné látky by měly být používány při teplotách v blízkosti pod CP [16].

Nejčastěji je CP stanovován vizuálně, pozorováním vzniku zákalu při zahřívání a ochlazení roztoku PAL. Toto stanovení může být však zatíženo chybou pozorovatele, z tohoto důvodu lze CP přesněji stanovit turbidimetry nebo spektrofotometry [17].

Experimentálně byly v laboratoři provedeny orientační stanovení bodů zákalu pro Triton X-100, Dehydol LT7 a Triton DF-16. U 1% roztoku Triton™ X-100 (ethoxylovaný oktylfenol) byl patrný vznik zákalu při teplotě 66 °C. Dehydol® LT7 patří mezi alkyletery polyethylen glykolu, konkrétně se jedná o mastný alkohol C₁₂–C₁₈ s průměrným počtem 7 molů ethylenoxidu. U 1% roztoku tohoto tenzidu byl vznik zákalu sledován při teplotě 55 °C. Nejnižší teplota bodu zákalu, a to 36 °C byla stanovena pro 1% roztok Triton™ DF-16, lineární alhokohol C₈–C₁₀ obsahující ve své molekule jednotky ethylenoxidu i propylenoxidu [18][19][20].



Obr. 5 Bod zákalu pro Triton™ X-100 (66 °C)



Obr. 6 Bod zákalu pro Dehydol® LT7 (55 °C)



Obr. 7 Bod zákalu pro Triton™ DF-16 (36 °C)

2.1.3 Kritická micelární koncentrace (KMK, CMC)

Ve vodném roztoku se tenzidy při nízké koncentraci samovolně rozpouštějí a adsorbují se na mezifázovém rozhraní, čímž snižují povrchové napětí soustavy. Se zvyšující se koncentrací tenzidu v roztoku dochází k postupnému obsazování fázového rozhraní adsorpcí

dalších molekul tenzidu a tím k dalšímu snižování povrchového napětí. Po překročení určité koncentrace, tzv. kritické micelární koncentrace (KMK nebo CMC), se molekuly tenzidu začnou shlukovat do micel a povrchové napětí systému se již dále nesnižuje, ale zůstává konstantní. Další zvyšování koncentrace tenzidu v roztoku ovlivňuje tvar micely, kdy micely mají nejčastěji tvar kulovitý, ale mohou být také válcovité, tyčinkovité, sférické nebo laminární. Micely se podle prostředí, ve kterém dochází k jejich vzniku, dělí na normální nebo obrácené (inverzní). V polárních rozpouštědlech (ve vodném roztoku) vznikají micely normální, kdy vnější povrch micely je tvořen polárními skupinami, jež jsou ve styku s polárním rozpouštědlem a nepolární části jsou orientovány do jádra micely. V nepolárních rozpouštědlech dochází ke vzniku inverzních micel, u kterých je povrch micely tvořený nepolárními skupinami a polárními skupinami je tvořeno jádro micely. Hodnoty CMC se uvádí v jednotkách $\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$ nebo $\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ a platí, že CMC ionických tenzidů je vyšší než u neionických. Na hodnotu CMC má vliv teplota, struktura a vlastnosti hydrofilní a hydrofobní části tenzidu, přítomnost elektrolytů a dalších tenzidů v roztoku [1][3][4].

U neionických tenzidů dochází se zvyšující se teplotou ke snižování hodnoty CMC. V závislosti na struktuře s délkou uhlovodíkového řetězce hodnota CMC klesá, pokud je uhlovodíkový řetězec rozvětvený nebo obsahuje dvojně vazby, hodnota CMC roste. Přídavkem elektrolytů dochází ke snižování CMC, vliv elektrolytů je však pro micely tvořené neionickými tenzidy méně výrazný než u ionických tenzidů [3].

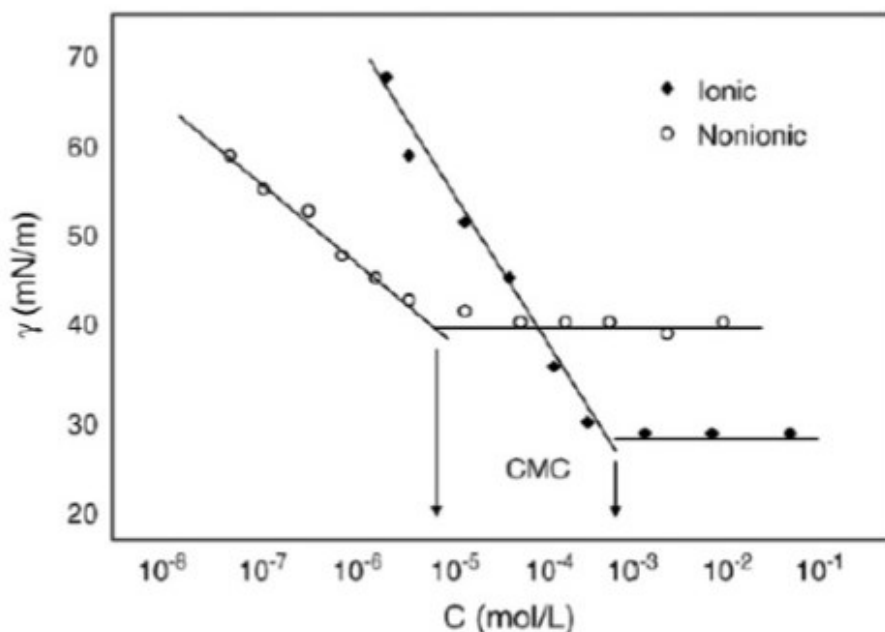
Pro stanovení CMC se nejčastěji využívá měření povrchového napětí nebo elektrické vodivosti. Stanovení CMC měřením elektrické vodivosti (konduktometricky) je omezeno pouze pro ionické tenzidy, které ve své struktuře obsahují nabitě částice (aniony, kationy), kdy je tato metoda založena na měření změny vodivosti roztoku v závislosti na koncentraci PAL. Měřením povrchového napětí lze stanovit CMC pro všechny typy PAL. K tomuto stanovení slouží tenziometry, které jsou založeny na přesném měření síly potřebné k vytažení sondy dotýkající se hladiny měřeného roztoku. Jako sondy se standardně používají Wilhelmyho destička nebo Du Noüyho kroužek, u kterých je důležité, aby jejich povrch byl důkladně vyčištěn a aby bylo dosaženo stavu úplného smáčení. Tyto metody měření povrchového napětí řadíme mezi statické metody, u kterých je při měření dosaženo rovnovážného stavu a získáváme tedy rovnovážné (termodynamicky definované) hodnoty povrchového napětí, jež nejsou závislé na čase [3][21][22][23].

Mezi další statické metody měření povrchového napětí patří např. metoda kapilární elevace a metoda přisedlé a visící kapky. Princip metody kapilární elevace je založen na ponoření

kapiláry do nádoby s kapalinou, kdy působením povrchového napětí dojde k vzestupu kapaliny v kapiláře nad okolní rovinnou hladinu kapaliny v nádobě. Použité kapiláry by měly být z materiálu, který je kapalinou dokonale smáčen (nejčastěji sklo) a při měření je nutno dbát na to, aby kapilára byla umístěna ve vertikální poloze, její povrch byl čistý a aby poloměr kapiláry byl neměnný po celé její délce. Jedná se o jednu z nejstarších metod, která je využívána spíše pro názorné ukázky než pro přesná měření [3][23].

U metody přisedlé a visící kapky se určuje skutečný tvar kapky, jež se nachází na vodorovné podložce nebo visí ze zabroušeného konce vertikálně umístěné trubice. Z pořízené fotografie kapky nebo jejího obrazu v mikroskopu jsou odečítány charakteristické geometrické parametry (např. průměr) a pomocí tabelovaných hodnot je vypočítáno povrchové napětí. Tento postup je však náročný a pracný, z tohoto důvodu jsou dnes využívány počítače. Kapka je přes mikroskop snímána pomocí videokamery, následně je její obraz digitalizován a povrchové napětí je vyhodnoceno vhodným počítačovým programem. Výhodou této metody je, že ke stanovení stačí malé množství měřené kapaliny, lze pomocí ní stanovit i velmi nízké hodnoty povrchového napětí (např. u micelárních systémů), ale také vysoké hodnoty napětí (např. u rtuti). Metoda je přesná i za zvýšených teplot a tlaků [3].

Je potřeba brát v úvahu, že tyto statické metody jsou velmi citlivé na mechanické rušení, proto je pro přesná měření důležité, aby měřicí soustavy byly izolovány od okolí použitím speciálních odpružených stolů s hmotnou základnou [23].



Obr. 8 Stanovení CMC měřením povrchového napětí pro ionický tenzid (sodium lauryl sulfát) a neionický tenzid (TWEEN 80) [24]

2.1.4 Agregáčn  (asociační)  slo

Vyjadruje počet molekul tenzidu tvořic ch micelu. Na hodnotu agregačního  sloa má vliv koncentrace tenzidu a teplota, kdy roste se zvyšující se koncentrací tenzidu v roztoku a zvyšující se teplotou. Dále jeho hodnota roste s délkou uhlovodíkového řetězce a klesá s velikostí plochy polární skupiny na povrchu micely [3][25].

Agregační íslo lze vypo tat pomocí následujícího vzorce:

$$\text{Agregační íslo} = \frac{\text{Micelární molekulov  hmotnost}}{\text{Monomerní molekulov  hmotnost}}$$

Micelární molekulov  hmotnost může být stanovena např. gelovou filtrací, sedimenta n  rovnováhou nebo m řen m rozptylu světla [25].

2.2 Klasifikace – skupiny neionických tenzidů

Dle typu můstku, kter  spojuje hydrofiln   st molekuly s hydrofobní  st , lze neionick  tenzidy rozdělit na:

- Neionick  tenzidy s *etherickým můstkem*:
 - ethoxyláty mastných alkoholů
 - ethoxyláty mastných kyselin
 - ethoxyláty sorbitanových esterů s mastnými kyselinami
 - ethoxyláty alkylfenolů
 - kopolymery ethylenoxidu a propylenoxidu
- Neionick  tenzidy s *esterickým můstkem*:
 - estery glycerolu
 - estery monoacylglycerolu a diacylglycerolu
- Neionick  tenzidy s *amidickým můstkem*:
 - deriváty alkanolamid 
 - aminoxidy
- Neionick  tenzidy na *bázi sacharidů*:
 - glukamidy (*N*-alkyl glukamidy)
 - alkylpolyglykosidy (APG)

2.2.1 Neionické tenzidy s etherickým můstkem

Do této skupiny patří tzv. ethoxyláty, které ve své molekule obsahují jednu nebo více oxyethylenových skupin (tj. $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-$). Označení ethoxylát je v odborné literatuře používán jako technický termín. Podle chemické nomenklatury se tyto sloučeniny nazývají oxyethylenáty [2].

- **Ethoxyláty mastných alkoholů, $\text{RO}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n\text{H}$**

Ethoxylované mastné alkoholy patří k prvním neionickým tenzidům využívaných v průmyslu. Ve směsi s dodecylbenzensulfonátem sodným (SDBS) a sodným mýdlem jsou základem práškových pracích prostředků. V této aplikaci vykazují vynikající kompatibilitu s enzymy, které jsou součástí pracích prášků. Vyrábí se kondenzací ethylenoxidu a bezvodého alkoholu v přítomnosti bazického katalyzátoru (NaOH, KOH) bez přístupu vzduchu, kdy vznikají ethoxymery s různým počtem ethoxylovaných jednotek (EO jednotek). Stupeň ethoxylace udává množství ethoxylovaných jednotek v molekule tenzidu a v obecném vzorci je znázorněn malým písmenem n. Počet EO jednotek ovlivňuje rozpustnost ve vodném prostředí, kdy se zvyšujícím se množstvím EO jednotek je tenzid rozpustnější ve vodě. Oproti anionickým tenzidům jsou ethoxyláty alkoholů odolné vůči prostředí tvrdé vody. Vykazují vyšší stabilitu v horkých alkalických roztocích, jsou rozpustnější ve vodě a mají lepší smáčecí účinky než ethoxyláty mastných kyselin. Ethoxylované mastné alkoholy jsou známé pod obchodními značkami Brij, Laureth a Ceteth [2][5][26].

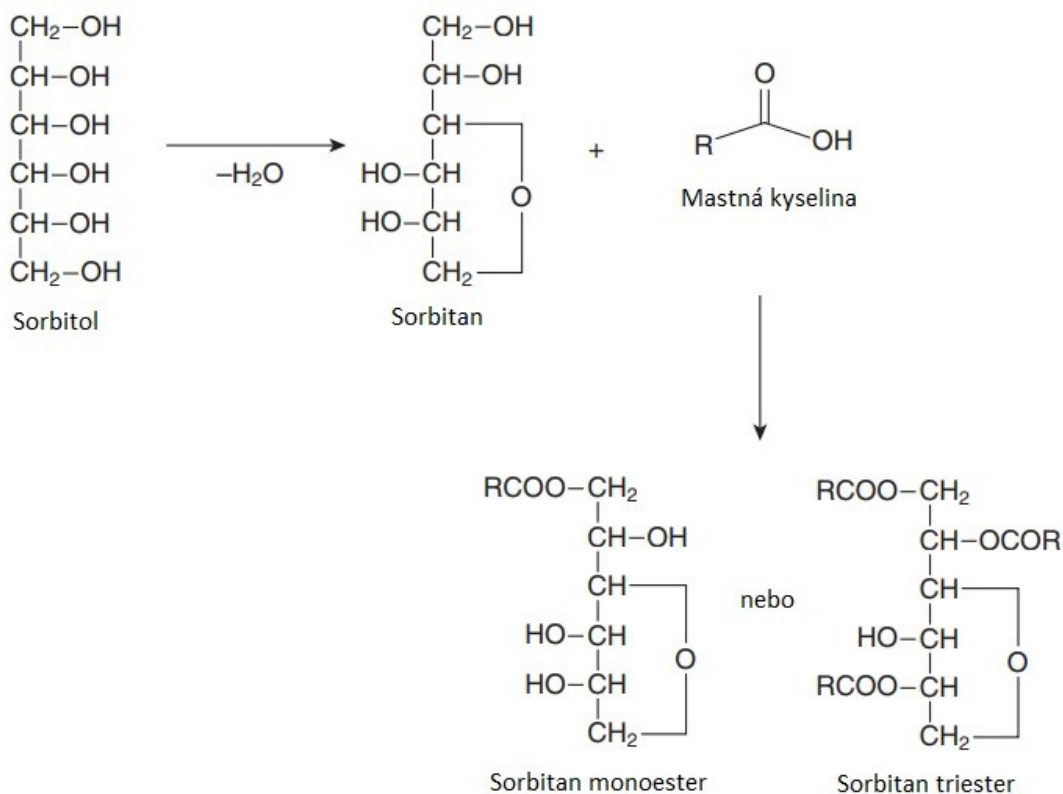
- **Ethoxyláty mastných kyselin, $\text{RCOO}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n\text{H}$**

Jedná se o PAL, jež se vyrábí reakcí ethylenoxidu s mastnou kyselinou (MK) nebo reakcí ethylenoxidu s polyglykolem. Při použití polyglykolu je produktem reakce směs mono- a diesterů, přičemž monoestery jsou ve vodě mnohem rozpustnější než diestery. Ve vodných roztocích s vysokým pH tyto surfaktanty podléhají alkalické hydrolyze [5].

- **Ethoxyláty sorbitanových esterů s mastnými kyselinami**

Estery sorbitanu mastných kyselin (označované jako Span) a jejich ethoxylované deriváty (označované jako Tween) jsou jedny z nejčastěji používaných neionických surfaktantů. Estery sorbitanu se vyrábí reakcí sorbitolu s MK při vysoké teplotě

(vyšší než 200 °C). Při této reakci nejprve dochází k dehydrataci sorbitolu na 1,4-sorbitan a následuje esterifikace, kdy dochází k navázání MK za vzniku mono-, di- nebo triesterů. V závislosti na typu MK vznikají různé produkty. Ethoxyláty sorbitanových esterů (Tween) jsou produkty reakce ethylenoxidu s volnými hydroxylovými skupinami sorbitanu. Při výrobě je také možné nejprve provést ethoxylaci sorbitolu a poté esterifikaci. Navázané oxyethylenové skupiny mají výrazný vliv na změnu rozpustnosti. Estery sorbitanu MK (Span) jsou nerozpustné ve vodě, ale rozpouští se ve většině organických rozpouštědel a jejich hodnoty HLB jsou nízké, zatímco jejich ethoxylované deriváty (Tween) jsou rozpustné ve vodě a mají vysoké hodnoty HLB [6][26].

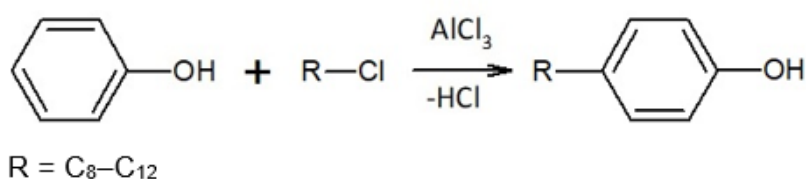


Obr. 9 Reakční schéma výroby esterů sorbitanu [27] (upraveno)

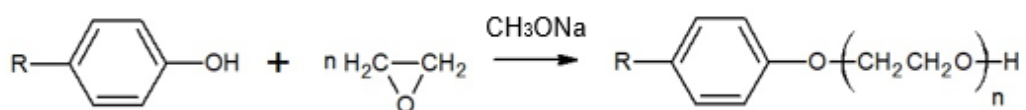
- **Ethoxyláty alkylfenolů, $\text{RC}_6\text{H}_4(\text{OC}_2\text{H}_4)_n\text{OH}$**

Vyrábí se alkyací fenolu podle Friedel-Craftsovy reakce za vzniku alkylfenolu a následnou ethoxylací v přítomnosti bazického katalyzátoru (např. methanolátu sodného) při teplotě 90–200 °C a tlaku 0,2–1 MPa. Běžnými komerčními produkty jsou oktyl, nonyl a dodecylfenoly, jejichž stupeň ethoxylace se pohybuje v rozmezí hodnot 4 až 40. Oktyl a nonyl fenoly se stupněm ethoxylace menším než 5, se využívají

jako odpěňovadla. S počtem EO jednotek 8–12 jsou aplikovány jako detergenty. Obsahují-li 12–20 EO jednotek jsou vhodné jako smáčedla a emulgátory pro emulze typu olej ve vodě. Jejich specifickou vlastností jsou výborné solubilizační účinky. Nevýhodou alkylfenolů je toxicita a špatná biologická rozložitelnost, z tohoto důvodu je jejich použití omezeno pouze na některé průmyslové čisticí prostředky. Dnes jsou stále častěji nahrazovány ethoxyláty s lineárním řetězcem, které jsou lépe biologicky odbouratelné [2][6][26][28].



Obr. 10 Friedel-Craftsova alkylace

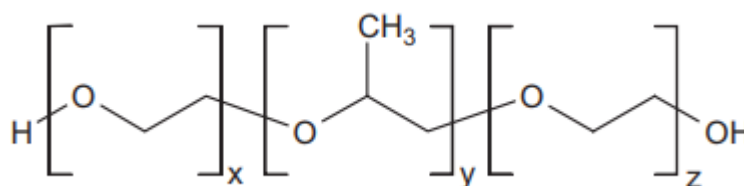


Obr. 11 Reakční schéma ethoxylace alkylfenolu

- **Kopolymery ethylenoxidu a propylenoxidu**

Jsou to polymerní látky často označované jako poloxamery. Jedná se o blokové kopolymery se strukturou –ABA–, ve které je blok A hydrofilní částí tvořenou polyethylenoxidem a blok B hydrofobní část, tvořená polypropylenoxidem. Charakteristickou vlastností je nízká pěnovost, dobré smáčecí, dispergační a emulgační účinky, fungují i jako zahušťovadla a gelotvorná činidla. Podle stupně polymerace se mění hodnota HLB, a proto jsou tyto surfaktanty účinné v širokém spektru aplikací. Využívají se také ve farmaceutickém průmyslu, kdy slouží jako nosiče aktivním látek např. antibiotik a vakcín [5][29][30][31].

V kosmetických přípravcích (KP) je můžeme najít pod názvem Poloxamer plus příslušné číslo, které charakterizuje průměrný počet jednotek polyoxyethylenu a polyoxypropylenu. Jejich skupenství se pohybuje z bezbarvých kapalin přes pastovitou konzistenci až po pevné bílé látky. Jsou součástí např. šamponů, kondicionérů, ústních vod a odličovačů. Pod obchodními názvy jsou známé jako Kolliphor[®] (BASF) a Synperonic[™] (CRODA) [31][32][33].



Obr. 12 Chemická struktura poloxameru
(x , y , z značí stupeň polymerace) [34]

2.2.2 Neionické tenzidy s esterickým můstkem

Vznikají esterifikací MK s hydroxylovou skupinou nacházející se na konci polyethylenoxidového řetězce nebo esterifikací MK s polyalkoholy [6].

V této kategorii zmíním pouze některé zástupce, se kterými se můžeme běžně setkat především v potravinářském průmyslu. Stručně uvedu jejich vlastnosti a použití a dále se již těmito látkami nebudu zabývat.

- **Estery glycerolu**

Do této skupiny spadají parciální estery glycerolu: monoacylglyceroly (MAG) a diacylglyceroly (DAG). Tyto látky mohou být syntetizovány přímou esterifikací glycerolu s MK, ale v průmyslové výrobě se získávají z tuků a olejů alkoholózou, která spočívá v reakci triacylglycerolů (TAG) s přebytkem glycerolu v alkalickém prostředí. Používají se v potravinářském průmyslu jako emulgátory při výrobě pečiva, margarínů, zmrzlin a žvýkaček. Ve farmaceutickém průmyslu se využívají jako emulgátory, dispergátory a solubilizační činidla. MAG jsou využívány jako nosiče aktivních látek, MAG s nenasycenými MK mají preventivní účinek proti kardiovaskulárním chorobám a mají také antibakteriální vlastnosti [6][35][36].

- **Estery monoacylglycerolu a diacylglycerolu**

Volné hydroxylové skupiny MAG a DAG mohou být esterifikovány kyselinami s krátkým řetězcem jako např. kyselinou octovou nebo kyselinou mléčnou. Estery těchto kyselin jsou označovány zkratkami ACETEM (estery MAG a DAG kyseliny octové) a LACTEM (estery MAG a DAG kyseliny mléčné). ACETEM jsou filmotvorné látky, stabilní vůči oxidaci, které se v potravinářství používají jako fixátory šlehaček a také jsou přidávány do plev a žvýkaček. V kosmetickém průmyslu se používají jako emulgátory a mohou být využity jako změkčovadla plastů. LACTEM se

používají v potravinářství především jako emulgátory pro emulze typu V/O při přípravě šlehaček, jemného pečiva a čokolády [35].

2.2.3 Neionické tenzidy s amidickým můstkem

Patří zde tenzidy obsahující ve své molekule atomy dusíku, kdy nejrozšířenějšími zástupci jsou deriváty alkanolaminů a aminosydy [2].

Tuto skupinu taktéž uvedu pouze ve stručnosti.

- **Deriváty alkanolamidů**

Nejznámější jsou monoethanolaminy a diethanolaminy kokosových kyselin. Monoethanolaminy (Cocamide MEA) jsou využívány jako stabilizátory pěn v koupelových pěnách a šamponech. Diethanolaminy (Cocamide DEA) jsou nerozpustné ve vodě, ale rozpustné v organických rozpouštědlech. Mají slabé smáčecí a detergentní účinky, a proto se používají v kombinaci s anionickými PAL, kdy zlepšují jejich vlastnosti. Využívají se jako stabilizátory pěn a zahušťovadla kapalných detergentů a šamponů. V současné době je jejich aplikace omezoována, neboť v kyselém prostředí může z diethanolaminu vznikat nitrosamin, u kterého jsou prokázány karcinogenní účinky [2][26].

- **Aminosydy**

Terciární aminosydy (např. tetradecyldimethylaminosyd) obsahují obvykle ve své molekule jeden dlouhý alkylový řetězec a dva krátké alkylové zbytky. Jako neionické tenzidy vykazují chování v neutrálním a bazickém prostředí. V kyselém prostředí (při hodnotách $\text{pH} < 3$) se chovají jako kationické tenzidy. V šamponech a mycích prostředcích se používají jako stabilizátory pěny. Aminosydy s nasycenými alkylovými zbytky jsou stálé v prostředí silných oxidačních činidel, a proto mohou být použity i v mycích prostředcích, které obsahují např. peroxid vodíku nebo chlornany [2][6][37].

2.2.4 Neionické tenzidy na bázi sacharidů

Součástí molekuly těchto tenzidů je cukerná složka např. glukóza, maltóza, dextróza, která je vázána k řetězci MK nebo mastného alkoholu amidovou, esterovou nebo glykosidickou vazbou. Pro jejich výrobu se využívají obnovitelné rostlinné suroviny a v této souvislosti

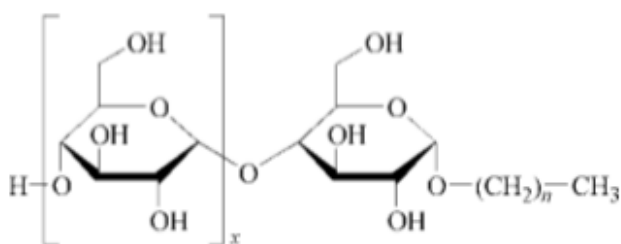
jsou velmi snadno biodegradabilní, nezatěžují životní prostředí a poskytují vhodnou alternativu k již existujícím tenzidům [2].

- **Glukamidy (*N*-alkyl glukamidy)**

Jsou kombinací sacharidů a MK spojených amidovou vazbou, kdy nejběžnějším sacharidem pro výrobu je glukóza. Požívají se především jako pěnotvorná a emulgační činidla a také k zahušťování výrobků. Jsou součástí produktů osobní péče např. šamponů, kondicionérů, mýdel a zubních past. V těchto kompozicích se používají pro tvorbu pěny a ke snížení iritačních účinků na pokožku a sliznice. Jako zahušťovač jsou vhodné glukamidy na bázi MK kokosového oleje. Dále nacházejí uplatnění v prostředcích na mytí nádobí a pracích prostředcích, kdy napomáhají odstraňování mastných nečistot, zlepšují smáčení a pění. Velkou výhodou je jejich nízká toxicita a dobrá biologická rozložitelnost [38].

- **Alkylpolyglykosidy (APG)**

Jedná se o acetal, v jejichž molekule je alkylový řetězec vázán glykosidickou vazbou k cukerné složce. Hydrofobní část tvoří mastné alkoholy, které se získávají z rostlinných tuků a olejů. Hydrofilní část tvoří sacharidy, kdy lze pro výrobu použít škrob (bramborový, kukuřičný, pšeničný), dextrózu nebo čistou glukózu. Nejstarším známým způsobem výroby je Fischerova glykosidace, která je založena na reakci sacharidu s alkoholem v přítomnosti silné kyseliny jako katalyzátoru za vzniku APG a vedlejšího produktu vody. Jsou stabilní v neutrálním a bazickém prostředí, ale v kyselém prostředí podléhají hydrolýze. Jsou rychle a dokonale biologicky rozložitelné až na oxid uhličitý a vodu, kompatibilní se všemi typy PAL a jsou výborně slučitelné s pokožkou. Vzhledem k jejich dobré pěnivosti se používají v čistících prostředcích, práškových detergentech, výrobcích osobní péče jako jsou šampony a sprchové gely, mohou být také obsaženy v lotionech a různých kosmetických emulzích. V průmyslu se využívají jako dispergační činidla, odpěňovače a deemulgátory [2][27][37][39].



Obr. 13 Struktura alkylpolyglykosidu [37]

3 VYUŽITÍ NEIONICKÝCH TENZIDŮ

Neionické tenzidy nacházejí uplatnění v širokém spektru domácího a průmyslového využití především díky tomu, že jsou účinnými smáčecími, emulgačními, dispergačními, solubilizujícími a odpěňovacími činidly. V domácnosti jsou běžnou součástí pracích, mycích a čisticích prostředků a také prostředků osobní péče. V průmyslu jsou používány při zpracování textilií např. jako čisticí prostředky, změkčovače tkanin, prostředky pro konečnou úpravu tkanin a jako smáčedla a emulgátory při barvení. Dále jsou součástí čističů kovů, obráběcích kapalin, dispergačních činidel pro barviva a pigmenty, stabilizátorů v latexových barvách a používají se i jako odpěňovače a odbarvovače [6][40].

- **Kosmetický průmysl**

Produkty osobní péče např. šampony, sprchové gely a koupelové pěny jsou většinou koncentrované vodné roztoky anionických tenzidů s neionickými a amfoterními tenzidy spolu s dalšími přísadami jako jsou soli, konzervační látky, parfémové a barviva. V těchto aplikacích slouží PAL primárně jako smáčedla, pěnící činidla, solubilizátory, změkčovač, dále k úpravě viskozity a k účinné detergenci. Kromě těchto funkcí se také využívají pro přípravu dispergovaných systémů, emulzí a suspenzí, nejčastěji v prostředcích péče o pleť (krémy, tělová mléka, lotiony) a dekorativní kosmetice (make-up, rtěnky, oční stíny, řasenky, laky na nehty) [12][41].

V kosmetických kompozicích se očekává, že PAL budou bezpečné a čisté a že jejich vůně a barva neovlivní sensorické a estetické vlastnosti daného výrobku. Dále se sleduje vliv PAL na reologické vlastnosti, kdy je žádoucí, aby se KP snadno odebíral z nádoby, nanášel na kůži nebo vlasy, byl lehce roztíratelný a ne příliš tekutý. Takovéto žádoucí konzistence je nejčastěji docíleno použitím kombinace polymerů s tenzidy [12].

- **Farmaceutický průmysl**

Ve farmaceutickém průmyslu jsou PAL důležité jako emulgátory pro krémy a masti, ale také se používají jako dispergátory v tabletách, celkově slouží jako pomocné látky pro podávání účinných látek ve formě roztoků, emulzí, disperzí, gelových kapslí nebo tablet. Pomáhají při průchodu látek různými membránami a používají se jako nosiče aktivních látek s postupným uvolňováním. V těchto aplikacích je nejdůležitějším kritériem farmakologická a toxikologická bezpečnost přípravku, kdy vhodnými tenzidy jsou estery MK glycerolu nebo sorbitanu [28][41].

- **Agrochemický průmysl**

Insekticidy, herbicidy a fungicidy jsou na trhu k dostání jako práškové nebo kapalné koncentráty, které jsou pro aplikaci ředěny na tzv. postřikové kapaliny. PAL v těchto kompozicích slouží jako emulgátory a dispergátory pro přípravu dispergovaných postřikových kapalin, dále podporují zvlhčování a penetraci účinných látek do rostlin. Mezi požadavky na tyto PAL patří biodegradabilita, účinnost v přítomnosti elektrolytů a účinnost i při velkém zředění, navíc by neměly být toxické pro životní prostředí i samotnou rostlinu. Žádoucí je také nízká pěnivost použitých tenzidů, protože přítomnost pěny vede ve většině případů ke snížení účinnosti aplikované látky [28][41].

- **Textilní průmysl**

Tenzidy hrají při výrobě textilií a vláken důležitou roli především při jejich barvení. Slouží k rovnoměrnému dispergování, k správnému nanášení a fixování barviva na povrch materiálu. Přírodní vlákna jsou před spřádáním promývány čisticími prostředky. U následného spřádání surového materiálu jsou PAL aplikovány jako zvlhčovače, antistatická činidla a také umožňují vyrábět extrémně dlouhé příze. Pro výrobu syntetických vláken jsou PAL využívány při vytlačování a zvláknování vláken [28][41].

- **Výroba papíru a celulózy**

Tenzidy se používají pro následující účely: odstraňování kalafuny při výrobě buničiny a papíru (primárně se využívají neionické PAL), odpěňování a dispergace pigmentů, emulgace při klížení papíru, čištění strojů a regenerace odpadního papíru, k přípravě emulzních polymerů, které vážou celulózová vlákna a zajišťují pevnost a stálost výsledného produktu. Mají důležitou roli také při recyklaci papíru, kdy hlavním krokem je odbarvování (odstranění inkoustu a pigmentů). Tenzid je přidán do suspenze starého papíru ve vodě a dochází k adsorpci PAL na povrch kapiček inkoustu a pigmentových částic, což způsobuje, že se stanou hydrofobními. Následně se suspenze probublává vzduchem a barevné částice jsou unášeny vzhůru a poté jsou od suspenze odstředěny [28][41].

- **Výroba nátěrových hmot a laků**

Hlavními složkami nátěrových hmot a laků jsou barevné pigmenty, rozpouštědla a pojiva, které spolu vytváří disperzní systémy. PAL slouží k urychlení přípravy disperzí a pomáhají zlepšit stabilitu a stupeň disperzity. Dále se využívají jako emulgátory pro

výrobu emulzí O/V. K výrobě latexových barev se používá latex vyrobený emulzní polymerací a PAL pro dispergaci pigmentů. Při rychlém nanášení barvy může dojít k tvorbě pěny, která při zasychání způsobí, že na natřeném povrchu vzniknou nerovnosti a dokonce i holá místa, což významně snižuje ochranné a estetické vlastnosti nátěrových hmot. Aby se předešlo zpěnění, přidávají se tenzidy, které slouží jako odpěňovače [28][41].

- **Výroba polymerů**

Primární aplikace PAL v plastikářském průmyslu spočívá v přípravě polymerních disperzí procesem emulzní polymerace. Emulzní polymerace je založena na vmíchání zpraavidla ve vodě nerozpustného monomeru do vody, která obsahuje emulgátor, jehož koncentrace je vyšší než CMC. Přítomné micely solubilizují monomer, čímž vzniká stabilní disperze. Používají se k výrobě polyvinylu, polyuretanových pěn, latexu aj. [28][41].

- **Průmysl zpracování kovů**

Obráběcí (řezné) kapaliny jsou prostředky využívané při procesech zpracování kovů, tj. při řezání a tvarování kovů. U těchto operací dochází k uvolňování tepla, které se může hromadit a způsobit tak poškození pracovního zařízení nebo obráběného předmětu (obrobku). Z tohoto důvodu se využívají obráběcí kapaliny, jejichž primární funkcí je chlazení a mazání, čímž zajišťují odvod tepla a snižují třecí odpor. Mezi jejich další funkce patří např. odvod kovových třísek, ochrana proti korozi, čištění strojů a obrobků [42].

Existují dva typy řezných kapalin: řezné oleje (nemísí se s vodou) a řezné emulze (emulze O/V). Řezné emulze jsou nejpoužívanějšími obráběcími kapalinami, protože kombinují mazací vlastnosti oleje s chladicími účinky vody. Pro jejich přípravu se používají minerální oleje, ale i rostlinné oleje, které se mísí s vodou za vzniku neprůhledných mléčných emulzí. Důležitou podmínkou pro vznik stabilní emulze je výběr vhodné PAL jako emulgátoru. Funkci emulgátoru plní nejčastěji neionické tenzidy, u kterých se sleduje hodnota HLB, důležitý je také počet EO jednotek a velikost hydrofilní části. Využívají se ethoxylované alkoholy, sorbitanové estery, polysorbáty a alkylnpolyglykosidy. Dále obsahují různá aditiva jako např. látky zlepšující mazací schopnost, antikorozní prostředky, biocidy a odpěňovače. Emulze musí být schopny odolávat teplotám vyšším než 80 °C a pro zajištění bezpečnosti pracovníků musí splňovat přísné toxikologické, dermatologické a environmentální požadavky [41][42].

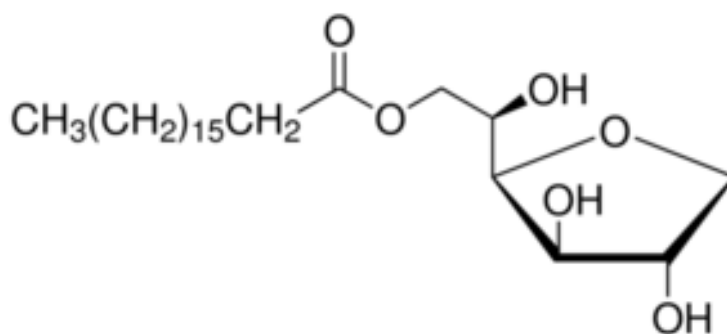
V této kapitole se budu zabývat estery MK, ethoxyláty esterů MK, ethoxyláty alkoholů, alkylfenolů, které jsou velmi často používány v různých aplikacích. Uvedu využití známých neionických tenzidů, konkrétně pro Span, Tween, Triton a Brij.

3.1 Estery sorbitanu mastných kyselin (Span)

Pro jejich výrobu se využívají látky na bázi obnovitelných zdrojů. Konkrétními surovinami jsou sorbitol (cukerný alkohol získávaný hydrogenací glukózy) a MK rostlinných olejů např. palmového, řepkového či slunečnicového oleje. Jejich výhodou je nízká toxicita a dobrá biologická rozložitelnost. HLB sorbitanových esterů závisí na stupni a typu esterifikované MK, kdy platí, že čím kratší je délka řetězce MK, tím vyšší je HLB [27][43].

Tab. 3 Přehled typických vlastností pro Span [14]

Název	Systematický název	CAS	M_m [g·mol ⁻¹]	HLB
Span [®] 20	Sorbitan monolaurát	1338-39-2	346,47	8,6
Span [®] 40	Sorbitan monopalmitát	26266-57-9	402,57	6,7 ± 1,0
Span [®] 60	Sorbitan monostearát	1338-41-6	430,63	4,7
Span [®] 65	Sorbitan tristearát	26658-19-5	963,55	2,1 ± 1,0
Span [®] 80	Sorbitan monoleát	1338-43-8	428,62	4,3
Span [®] 85	Sorbitan trioleát	26266-58-0	957,52	1,8



Obr. 14 Span[®] 60 [44]

Jedná se o hydrofobní látky, které se v kosmetickém průmyslu a dalších odvětvích používají jako emulgátory V/O, dispergátory a smáčedla. Jsou součástí krémů, tuhých antiperspirantů a deodorantů, opalovacích přípravků, kondicionérů a dekorativní kosmetiky (make-up, rtěnky, oční stíny). V dalších průmyslových aplikacích jsou využívány k výrobě syntetických vláken, obráběcích kapalin, pesticidů, zjasňovačů textilií a nátěrových hmot [12][27][45].

3.2 Ethoxyláty sorbitanových esterů (Tween, Polysorbáty)

Mohou být označovány také jako polysorbáty. Získávají se přidáním ethylenoxidu k sorbitanovým esterům, anebo reakcí sorbitolu s ethylenoxidem a následnou esterifikací s MK. V závislosti na délce řetězce MK se mění hodnota HLB, kdy nejvyšší hodnotu HLB má polysorbát kyseliny laurové (Tween[®] 20) a s rostoucí délkou řetězce MK dochází ke snížení HLB a nejnižší HLB mají polysorbáty obsahující ve své molekule tři řetězce MK. Všechny polysorbáty jsou hydrofilní a rozpustné ve vodě [43][46].

Tab. 4 Přehled typických vlastností pro Tween [14]

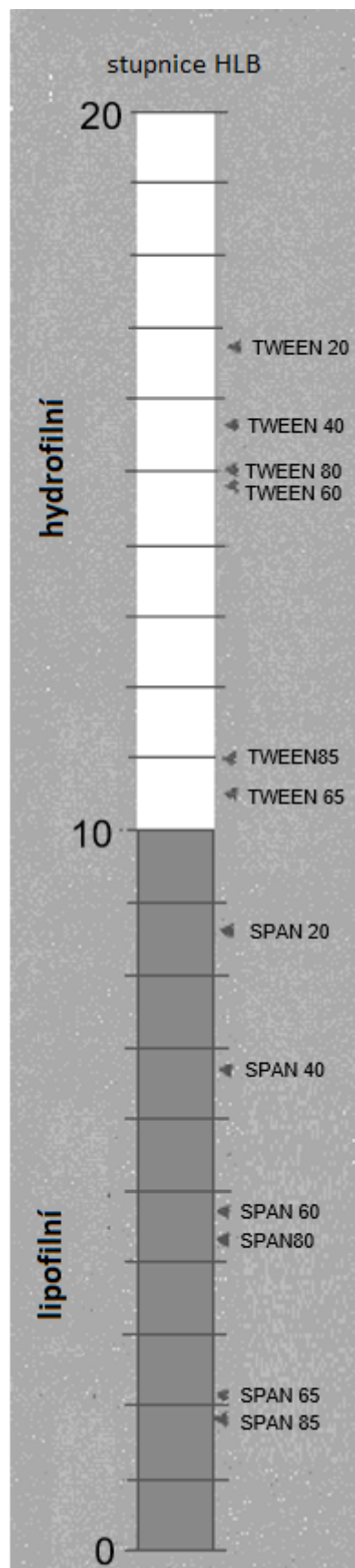
Název	Systematický název	CAS	M _m [g·mol ⁻¹]	HLB	CMC [mmol·l ⁻¹]
Tween [®] 20	Polyoxyethylen sorbitan monolaurát	9005-64-5	Ø 1228	16,7	0,059
Tween [®] 40	Polyoxyethylen sorbitan monopalmitát	9005-66-7	Ø 1284	15,6	0,027
Tween [®] 60	Polyoxyethylen sorbitan monostearát	9005-67-8	1309	14,9	0,0055–0,022
Tween [®] 65	Polyoxyethylen sorbitan tristearát	9005-71-4	1845	10,5	
Tween [®] 80	Polyoxyethylen sorbitan monoleát	9005-65-6	Ø 1310	15	0,012
Tween [®] 85	Polyoxyethylen sorbitan trioletát	9005-70-3		11	

*Bod zákalu: Tween[®] 20: 76 °C, Tween[®] 80: 65 °C.

Jsou to optimální PAL pro systémy obsahující vosky, silikony a oleje, kdy slouží jako emulgátory pro emulze typu O/V ve vlasových prostředcích, prostředcích péče o pleť, dekorativní kosmetice a opalovacích přípravcích. Dále jsou využívány jako solubilizátory, smáčedla a dispergační činidla v kosmetickém, farmaceutickém a potravinářském průmyslu [46].

V praxi se prokázalo, že kombinace dvou emulgátorů je nejvýhodnější pro stabilizaci emulzí. Při společné aplikaci polysorbátu a esteru sorbitanu dochází k hustějšímu obsazení fázového rozhraní, což vede k tvorbě filmu s větší mechanickou pevností, a tím ke vzniku stabilnějších emulzí. Polysorbáty v disperzních systémech zajišťují silnou stericou stabilizaci, při které dochází ke vzniku lyofobních micel. Jádrem lyofobní micely je tvořeno pevnou látkou nerozpustnou v disperzním prostředí, okolo jádra se nachází obalová vrstva, která může být tvořena molekulami PAL a zabraňuje shlukování tuhých částic. Hydratované polyoxyethylenové řetězce se navzájem odpuzují a zabraňují agregaci dispergovaných částic ve vodném disperzním prostředí, kdy pro účinnou stabilizaci je potřeba minimálně 20 molů EO jednotek v jedné molekule polysorbátu [3][43].

Obr. 15 znázorňuje hodnoty HLB pro sorbitanové estery (Span) a jejich ethoxylované deriváty (Tween). Je patrné, že zavedení ethylenoxidu do molekuly má výrazný vliv na změnu rozpustnosti. Hodnota HLB se také mění v závislosti na počtu a délce navázaných MK.



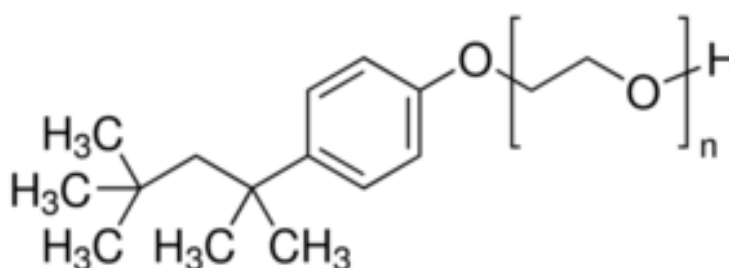
Obr. 15 Přehled HLB pro Span a Tween [10] (upraveno)

3.3 Ethoxyláty alkylfenolů (Triton)

Z chemického hlediska se jedná o oktylfenol ethoxyláty s téměř totožnou strukturou, lišící se však počtem molů EO jednotek. Jsou to látky odvozené od oktylfenolu, jehož uhlovodíkový řetězec může být lineární nebo rozvětvený a může být navázán na fenol v poloze 2, 3 nebo 4. Z těchto izomerů je nejvýznamnější 4-oktylfenol, na jehož hydroxylové skupině dochází k navázání ethylenoxidu a tím ke vzniku ethoxylátů, které mají krystalickou, pastovitou nebo kapalnou konzistenci a jsou rozpustné ve vodě i v organických rozpouštědlech. Využívají se především pro své výborné detergentní účinky, jsou také účinnými smáčedly, emulgátory a dispergátory [18][47][48].

Tab. 5 Přehled typických vlastností pro Triton [18][49][50][51]

Název	Počet molů EO	CAS	M_m [g·mol ⁻¹]	HLB	CMC [mmol·l ⁻¹]	Bod zákalu [°C]
TRITON™ X-45	4,5	9002-93-1	Ø 350	9,8	1,36	dispergovatelný
TRITON™ X-100	9,5	9002-93-1	Ø 647	13,5	0,23	66
TRITON™ X-102	12	9002-93-1	757	14,4	0,33	88
TRITON™ X-114	7,5	90036-19-5	Ø 536	12,4	0,2	25



Obr. 16 Triton™ x-100 [44]

Tyto tenzidy jsou účinnou látkou v čistících, mycích, odmašťovacích a dezinfekčních prostředcích, kdy je jejich použití omezeno pouze pro průmyslové aplikace. Dále jsou obsaženy v agrochemikáliích (fungicidech, herbicidech), obráběcích kapalinách, nátěrových hmotách a používají se také při výrobě papírů, plastů a textilií (v textilním průmyslu se častěji setkáváme s nonylfenol ethoxyláty). Jejich největší nevýhodou je velmi špatná biologická rozložitelnost. Ethoxylované alkylfenoly poměrně rychle podléhají biodegradaci. Nejprve dochází k rozkladu ethoxylovaných skupin, přičemž vznikají degradační meziprodukty alkylfenoly, které biodegradují podstatně pomaleji a jsou minimálně rozpustné ve vodě. V podzemních,

povrchových a odpadních vodách se silně adsorbují v sedimentech, organické hmotě a nerozpuštěných látkách. Postupně jsou uvolňovány do vody a představují tak riziko pro vodní organismy, pro které vykazují akutní i chronickou toxicitu. Patří mezi endokrinní disruptory, což jsou látky schopné ovlivňovat činnost hormonálního systému organismů, konkrétně mají schopnost vázat se na receptory estrogenu. Důsledkem je změna fyziologické činnosti, snížení reprodukce a zpomalení vývoje u ryb a dalších vodních živočichů [18][47][48].

3.4 Alkylethery polyethylen glykolu (Brij)

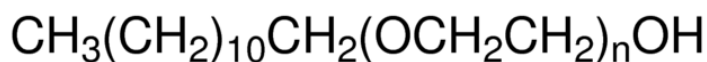
Jsou součástí široké skupiny alkylovaných polyethylen glykol (PEG) etherů, kdy nejběžnějším způsobem výroby je alkalická katalýza, která spočívá v reakci ethylenoxidu s mastným alkoholem (např. stearyl alkoholem při syntéze polyoxyethylen stearyl etherů) v přítomnosti bazického katalyzátoru např. KOH. Reakce pokračuje tak dlouho, dokud není dostupný ethylenoxid spotřebován, anebo reakce není ukončena přidáním kyseliny např. HCl. Jako vedlejší produkt vzniká 1,4-dioxan, potenciální lidská karcinogenní látka, která se při výrobě může dostat do konečného produktu[52][53].

Produkty, které mohou obsahovat 1,4-dioxan, mají v seznamu ingrediencí tyto názvy: PEG, polyethylene, polyethylene glycol, polyoxyethylene nebo příponu –eth či –oxynol. 1,4-dioxan je čirá kapalina, příjemné vůně, dobře mísitelná s vodou. Studie na zvířatech prokázaly, že při dlouhodobé expozici vdechováním či pitím kontaminované vody, byl u laboratorních krys a potkanů sledován vznik rakoviny uvnitř dutiny nosní, v dutině břišní a také vznik rakoviny jater. Koncentrace, v jakých se vyskytuje v KP, jsou obecně výrazně nižší (stopová množství v jednotkách ppm) než koncentrace, jimž byly ve studiích vystaveny experimentální zvířata. Podle rozhodnutí výboru SCCS (Scientific Committee on Consumer Safety – vědecký výbor pro ochranu spotřebitele) je v KP považováno za bezpečné pro spotřebitele množství 1,4-dioxanu při stopových hodnotách ≤ 10 ppm. Po nanesení přípravku existuje riziko průniku do kůže, ale většina 1,4-dioxanu se odpaří dřív, než se stihne absorbovat a v oplachových kompozicích je absorpce prakticky nemožná[53][54].

Federální agentura Ministerstva zdravotnictví a sociálních služeb Spojených států amerických FDA (Food and Drugs Administration) od konce 70. let pravidelně monitoruje specifické hladiny 1,4-dioxanu v hotových KP. Od roku 1981 do roku 1997 byl zaznamenán výrazný pokles koncentrace této látky. V roce 1981 byl zjištěn průměr 50 ppm v KP s rozsahem 2–279 ppm a v roce 1997 došlo k poklesu na 19 ppm s rozsahem 6–34 ppm 1,4-dioxanu. V roce 2018 proběhla kontrola 82 náhodně vybraných KP pro děti, kdy pouze

u dvou z testovaných výrobků byla koncentrace dioxanu vyšší než 10 ppm. Srovnání s dřívějšími výsledky jsou však nespolehlivé, protože výzkum se zabýval pouze dětskou kosmetikou a používal novější a citlivější metody[53].

Obecně platí, že alkylethery PEG s kratším řetězcem se používají jako emulgátory a s rostoucí délkou řetězce jako solubilizační a detergentní činidla. Využívají se jako přísady do sprchových gelů, mýdel, vlasové kosmetiky (šampony, kondicionéry, vlasová barviva), tuhých antiperspirantů a deodorantů. V dalších průmyslových odvětvích jsou vhodné jako rozpouštědla pro laky, barvy, inkousty a pryskyřice. Jsou obsaženy v lepidlech, mazivech, detergentech a mohou být součástí brzdových kapalin[52][55].



Obr. 17 Brij[®] L23 [44]

Tab. 6 Přehled typických vlastností pro Brij [14][55]

Název	Systematický Název	CAS	M _m [g·mol ⁻¹]	HLB	Bod tání [°C]
Brij[®] L23 (Brij[®] 35)*	Polyethylene glycol dodecyl ether Polyoxyethylene (23) lauryl ether	9002-92-0	Ø 1 198	16,9	41–45
Brij[®] 58	Polyethylene glycol hexadecyl ether Polyethyleneglycol (20) cetylether	9004-95-9	Ø 1 124	16	Ø 38
Brij[®] C10 (Brij[®] 56)*	Polyethylene glycol hexadecyl ether Polyoxyethylene (10) cetyl ether	9004-95-9	Ø 683	12	32–34
Brij[®] S2	Polyethylene glycol octadecyl ether Polyoxyethylene (2) stearyl ether	9005-00-9	358,6	4,9	
Brij[®] S10	Polyethylene glycol octadecyl ether Polyoxyethylene (10) stearyl ether	9005-00-9	Ø 711	12	37–39
Brij[®] S20	Polyethylene glycol octadecyl ether Polyoxyethylene (20) stearyl ether	9005-00-9		15	44–46
Brij[®] S100	Polyethylene glycol octadecyl ether Polyoxyethylene (100) stearyl ether	9005-00-9	Ø 4670	18	51–54
Brij[®] 93	Polyethylene glycol oleyl ether Polyoxyethylene (2) oleyl ether	9004-98-2	Ø 357	4	
Brij[®] 010 (Brij[®] 97)*	Polyethylene glycol oleyl ether Polyoxyethylene (10) oleyl ether	9004-98-2	709	12; 12,4	
Brij[®] 020 (Brij[®] 98)*	Polyethylene glycol oleyl ether Polyoxyethylene (20) oleyl ether	9004-98-2	1150	15	25–30

*starší název

** CMC: Brij[®] L23: 91 µmol·l⁻¹, Brij[®] 58: 80 µmol·l⁻¹*** Bod zákalu: Brij[®] L23: >100 °C, Brij[®] 58: >100 °C

pozn.: Důvodem shodných identifikačních čísel CAS pro různé typy Brij je velmi podobná chemická struktura těchto tenzidů.

4 SLOŽENÍ VYBRANÝCH KOSMETICKÝCH PŘÍPRAVKŮ

V této kapitole uvedu složení KP, konkrétně tělového mléka, krému proti vráskám, tekutého mýdla a vody po holení. Zaměřím se na obsažené neionické tenzidy a uvedu jejich vlastnosti a význam.

Eucerin® Tělové mléko AtopiControl

Výrobce a distributor: Beiersdorf AG, Hamburg Německo, Beiersdorf spol. s.r.o., Praha, Česká republika

Ingredience: Aqua, Glycerin, Paraffinum Liquidum, Vitis Vinifera Seed Oil, Oenothera Biennis Oil, Octyldodecanol, **PEG-7 Hydrogenated Castor Oil**, Dimethicone, Glycyrrhiza Inflata Root Extract, Ceramide NP, Tocopherol, Ozokerite, **Sorbitan Isostearate**, **Methoxy PEG-22/Dodecyl Glycol Copolymer**, **PEG-45/Dodecyl Glycol Copolymer**, **PEG-2 Hydrogenated Castor Oil**, Hydrogenated Castor Oil, Ascorbyl Palmitate, Citric Acid, Sodium Citrate, Magnesium Sulfate, BHT, 1-2-Hexanediol, Phenoxyethanol, Potassium Sorbate



Obr. 18 Tělové mléko [56]

PEG-7 Hydrogenated Castor Oil – ethoxylovaný hydrogenovaný ricinový olej s průměrným počtem 7 molů ethylenoxidu. V kosmetice a produktech osobní péče je používán pro úpravu pokožky jako emolient a dále jako emulgační a solubilizační činidlo. Je součástí produktů péče o tělo a obličej, opalovacích přípravků a dekorativní kosmetiky např. rtěnek [55][57].

Sorbitan Isostearate – monoester kyseliny isostearové a sorbitolu. Používá se jako emulgátor v produktech péče o pleť, v hydratačních prostředcích, čisticích prostředcích a v dekorativní kosmetice (make-up, oční make-up) [31].

Methoxy PEG-22/Dodecyl Glycol Copolymer – polymer, který slouží ke stabilizaci emulzí a jako látka zvyšující viskozitu výsledného produktu [57].

PEG-45/Dodecyl Glycol Copolymer – blokový polymer využívaný jako stabilizátor emulzí a emolient [57].

PEG-2 Hydrogenated Castor Oil – ethoxylovaný hydrogenovaný ricinový olej s průměrným počtem 2 moly ethylenoxidu. Plní funkci emulgátoru a emolientu [57].

Anew Clinical Vyplňující péče o oční okolí

Výrobce: Avon Operations Polska, Garwolin, Polsko

Ingrediencie: Aqua, Glycerin, Butylene Glycol, Ethylhexyl Isononanoate, Dimethicone, Polymethyl Methacrylate, Trisiloxane, Hydroxyethyl Acrylate/Sodium Acryloyldimethyl Taurate Copolymer, Butyrospermum Parkii (Shea) Butter, Isohexadecane, Diazolidinyl Urea, **PEG-100 Stearate**, **Laureth-4**, **Polysorbate 60**, Disodium EDTA, BHT, Acetyl Tyrosinamide, Sodium Hydroxide



Obr. 19 Krém proti vráskám [58]

PEG-100 Stearate – ester polyethylen glykolu a kyseliny stearové. Jedná se o voskovitou látku, která je součástí krémů, kondicionérů, šamponů, mýdel a čisticích prostředků, především díky tomu, že pomáhá mísit vodu s nečistotami a látkami tukové povahy a tím usnaňuje jejich smáčení a odtraňování [31].

Laureth-4 – ethoxylovaný lauryl alkohol s průměrným počtem 4 moly ethylenoxidu. Je to čirá bezbarvá kapalina používaná v kosmetice jako emulgační činidlo a látka, která změkčuje pokožku. Je obsažen v mycích prostředcích na obličej, tělo a vlasy, v krémech a deodorantech [31]

Polysorbate 60 – hydrofilní neionický tenzid. Olejovitá kapalina, jež zajišťuje rozpustnost ostatním látkám v rozpouštědle, ve kterém by se za normálních podmínek nerozpouštěly. Plní především funkci emulgátoru a je obsažen v produktech péče o pleť (osvěžující a čisticích prostředky), šamponech a tvoří základ pro make-upy [31].

Tekuté mýdlo Silk & Bamboo bílé 5 l

Výrobce: SOLIRA Company s.r.o., Praha, Česká republika

Ingredience: Aqua, Sodium Laureth Sulfate, Sodium Chloride, Sodium Laureth Sulfate(and) Glycol Distearate(and)Cocamide MEA(and) Laureth-10, Cocamide DEA, Cocamidopropyl Betaine, Parfum, Citric acid, Methylisothiazolinone, Methylchlorisothiazolinone



Obr. 20 Tekuté mýdlo [59]

Cocamide MEA – látka odvozená z MK kokosového oleje a monoethanolaminu. Dodává se ve formě žluté viskózní kapaliny nebo pevných vloček. Je součástí hlavně oplachových mycích prostředků (mýdel, šamponů, sprchových gelů), kdy podporuje tvorbu pěny a zároveň vzniklou pěnu stabilizuje [31].

Laureth-10 – ethoxylovaný lauryl alkohol s průměrným počtem 10 molů ethylenoxidu. Jeho hlavní funkcí je tvorba emulzí v koupelových a čisticích prostředcích a v prostředcích pro ochranu před slunečním zářením. Používá se také jako změkčovadlo na kůžičku v okolí nehtů a je obsažen i v deodorantech a hydratačních produktech [31].

Cocamide DEA – látka odvozená z MK kokosového oleje a diethanolaminu. Jedná se o viskózní kapalinu, která se využívá jako pěnotvorné činidlo, pro stabilizaci pěny nebo k zahuštění šamponů, mýdel, koupelových pěn a vlasových barviv [31].

Adidas Ice Dive voda po holení

Výrobce a distributor: Fabriqué sous licence from d'adidas AG, Španělsko, COTY Česká republika s.r.o., Praha

Ingredience: Alcohol Denat., Aqua/Water/Eau, **PEG-40 Hydrogenated Castor Oil**, Parfum/Fragrance, Limonene, Ethylhexyl Methoxycinnamate, Linalool, Butylphenyl Methylpropional, Allantoin, Benzophenone-3, Ethylhexyl Salicylate, Linoleamidopropyl PG-Dimonium Chloride Phosphate, Citronellol, Tocopheryl Acetate, Propylene Glycol, Butyl Methoxydibenzoylmethane, **Polysorbate 20**, Citral, Hexyl Cinnamal, Geraniol, Coumarin, Linoleic Acid, Potassium Gluconate, Disodium EDTA, Oleic Acid, BHT, Palmitic Acid, Stearic Acid, Linolenic Acid, Ext. D&C Violet No. 2 (CI 60730), FD&C Blue No. 1 (CI 42090), FD&C Yellow No. 5 (CI 19140)



Obr. 21 Voda po holení [60]

PEG-40 Hydrogenated Castor Oil – ethoxylovaný hydrogenovaný ricinový olej s průměrným počtem 40 molů ethylenoxidu. Jantarově zbarvená lehce viskózní kapalina, která se využívá jako emulgační činidlo a vonná složka v široké škále kosmetických produktů a produktů osobní péče [31].

Polysorbate 20 – hydrofilní tenzid. Je součástí produktů péče o pleť (osvěžující a čistících prostředky), šamponů a vlasové kosmetiky, ve kterých plní funkci emulgačního a solubilizačního činidla a vonné složky [31][57].

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo popsat základní fyzikální a chemické vlastnosti neionických tenzidů a v této souvislosti uvést jejich využití v průmyslových odvětvích např. v kosmetickém, farmaceutickém, agrochemickém, textilním průmyslu atd.

V první kapitole je uvedena obecná struktura povrchově aktivních látek a jejich rozdělení podle charakteru hydrofilní části. Druhá část je zaměřena na klasifikaci neionických tenzidů a na typické parametry a vlastnosti, které předurčují jejich chování a na které je důležité brát ohled při výběru tenzidů pro použití v rozmanitých formulacích. Další kapitola je věnována významu PAL v různých aplikacích. Blíže jsou popsány estery sorbitanu mastných kyselin (Span), ethoxyláty sorbitanových esterů (Tween), ethoxyláty alkylfenolu (Triton) a alkylethery polyethylen glykolu (Brij). V poslední části je uvedeno složení konkrétních kosmetických přípravků se zaměřením na obsažené neionické tenzidy.

Z této práce lze vyvodit, že používání neionických tenzidů v průmyslových aplikacích je nezbytné, protože mají značný vliv na finální vzhled a funkci výsledných produktů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BLAŽEJ, A., a kol. *Tenzidy*. Bratislava: Alfa, 1977, 481 s. ISBN 63-173-77
- [2] ŠMIDRKAL, J. *Tenzidy a detergenty dnes*. [online]. [cit. 2018-11-30]. Dostupné z: <http://www.w.chemicke-listy.cz>
- [3] BARTOVSKÁ, L., ŠIŠKOVÁ, M. *Co je co v povrchové a koloidní chemii: Výkladový slovník* [online]. [cit. 2018-11-30]. Dostupné z: e-learning.vscht.cz
- [4] BAREŠ, M., ZAJÍC, J. *Chemie a technologie tensidů a detergentů*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1982, 270 s.
- [5] TADROS, T. F. *Applied Surfactants: Principles and Applications*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, 2005, 634 s. ISBN: 9783527306299
- [6] SALAGER, J. L. *Surfactants Types and Uses*. 2. vyd., Mérida, Venezuela: Universidad de Los Andes, 2002.
- [7] *Sodium Lauryl Sulfate*. [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: <https://advchemyellow1.blogspot.com/search?q=sodium+lauryl+sulfate+>
- [8] *Benzalkonium chloride*. [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: <https://www.lobachemie.com/surfactants-01790/BENZALKONIUM-CHLORIDE-CASNO-63449-41-2.aspx>
- [9] *Cocamidopropyl Betaine*. [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: <https://www.trc-canada.com/product-detail/?C633513>
- [10] *The HLB System*. ICI Americas Inc., 1976. [online]. [cit. 2019-05-13]. Dostupné z: http://www.firp.ula.ve/archivos/historicos/76_Book_HLB_ICI.pdf
- [11] GRIFFIN, W. C. *Classification of Surface-Active Agents by "HLB"*. The Journal of the Society of Cosmetic Chemists, 1949, vol. 1, 311-326 p.
- [12] RHEIN, L. D., et al. *Surfactants in Personal Care Products and Decorative Cosmetics*. CRC Press, 2006, 504 s. ISBN: 9781574445312
- [13] *Emulsions and the HLB System*. [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: http://www.scientificspectator.com/documents/personal%20care%20spectator/HLB_Basics.pdf
- [14] BHAIRI, S. M., et al. *Detergents, A guide to the properties and uses of detergents in biological systems*. MilliporeSigma, 2017 [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: <https://www.sigmaaldrich.com/content/dam/sigma-aldrich/1/content/commerce/pdfs/detergents/detergents-guide-mk.pdf>
- [15] FARN, R. J. *Chemistry and Technology of Surfactants*. Blackwell Publishing Ltd, 2006. ISBN 978-14051-2696-0
- [16] *What is cloud point? Why is it important?*. [online]. [cit. 2019-04-04]. Dostupné z: https://dowac.custhelp.com/app/answers/detail/a_id/3281
- [17] BATIGÖÇ, C., AKBAŞ, H. *Spectrophotometric determination of cloud point of Brij 35 nonionic surfactant*. Edirne, Turkey: Trakya University, 2011. DOI: 10.1016/j.fluid.2011.01.004

- [18] Triton™ X-100 – Technical Data Sheet. [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: https://www.dow.com/assets/attachments/business/pcm/triton/triton_x-100/tds/triton_x-100.pdf
- [19] Dehydol® LT 7. [online]. [cit. 2019-05-13]. Dostupné z: https://bio-khim.com/data2/Dehydol_LT_7_PDS.pdf
- [20] Triton™ DF-16. [online]. [cit. 2019-05-13]. Dostupné z: <http://doc.ccc-group.com/msds/english/940309.pdf>
- [21] MÜLLEROVÁ, M., ŠVÁB, M., DOS SANTOS M. M. Měření kritických micelárních koncentrací tenzidů ve vodných roztocích. Chem. Listy, 2006, vol. 101, p. 509-514
- [22] Force tensiometer-K100. [online]. [cit. 2019-04-04]. Dostupné z: <https://www.kruss-scientific.com/products/tensiometers/k100/force-tensiometer-k100/>
- [23] KVÍTEK, L. *Metody studia koloidních soustav*. 2006. [online]. [cit. 2019-05-13]. Dostupné z: <http://chemikalie.upol.cz/skripta/msk/msk.pdf>
- [24] JIAO, J. *Polyoxyethylated Nonionic Surfactants and Their Applications in Topical Ocular Drug Delivery*. Adv. Drug Delivery Rev., 2008, vol. 60, p. 1663–1673. DOI: 10.1016/j.addr.2008.09.002.
- [25] G-BIOSCIENCES. *Detergents*. [online]. [cit. 2019-04-04]. Dostupné z: https://www.gbiosciences.com/image/pdfs/handbook/Detergent_Handbook.pdf
- [26] ROSEN, M. J. *Surfactants and Interfacial Phenomena*. 3. vyd., Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2004. ISBN: 0-471-47818-0
- [27] SIVARAMAKRISHNAN, C. N. *The use of surfactants in the finishing of technical textiles*. Wooded Publishing Serires in Textiles, 2013, p. 199–235. DOI: 10.1533/9780857097613.2.199
- [28] FALBE, J. *Surfactants in Consumer Products: Theory, Technology and Application*. Heidelberg, Springer-Verlag, 1987. ISBN: 978-3-642-71547-1
- [29] CLARIANT INTERNATIONAL LTD. *Process Aids and Intermediates for the Chemical Industry, Surfactants*. Muttenez: Clariant International AG, 2013.
- [30] NEWMAN, M. J., ACTOR, J. K., et. al. *Use of Nonionic Block Copolymers in Vaccines and Therapeutics*. Critical Reviews in Therapeutic Drug Carrier Systems, 1998, vol. 15, p. 89-142.
- [31] *Cosmetics info*. [online]. [cit. 2019-05-13]. Dostupné z: <http://www.cosmeticsinfo.org>
- [32] BASF. [online]. [cit. 2019-05-13]. Dostupné z: https://worldaccount.basf.com/en_GB/search-results.html?query=kolliphor&offset=0¤tPage=WELCOME_PAGE&searchRanking=6
- [33] CRODA Health Care. [online]. [cit. 2019-05-13]. Dostupné z: <https://www.crodahealthcare.com/en-gb/products-and-applications/product-finder#freetext=synperonic>
- [34] SHIBAYAMA, M. *Soft Condensed Matter*. 2017, vol. 49. p. 496-546. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805324-9.00008-X>
- [35] NORN, V. *Emulsifiers in Food Technology*. Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons Ltd, 2014. ISBN: 9781118921265

- [36] JANIŠ R., KREJČÍ J., KLÁSEK A. *Preparation of 1-monoacylglycerols from glycidol and fatty acid catalyzed by the chromium (III) fatty acid system*. Weinheim, Wiley–VCH, 2000, p. 351-354. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1438-9312\(200005\)102:5<351::AID-EJLT351>3.0.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/(SICI)1438-9312(200005)102:5<351::AID-EJLT351>3.0.CO;2-J)
- [37] SMULDERS, E., et al. *Laundry detergents*. Weinheim, Wiley–VCH, 2002. ISBN: 35-273-0520-3
- [38] VAN OS, N. M. *Nonionic surfactants: Organic chemistry*. New York: Marcel Dekker, Inc., 1998. ISBN: 0-8247-9997-6
- [39] BALZER, D., LÜDERS, H. *Nonionic surfactants: Alkyl Polyglucosides*. New York: Marcel Dekker, Inc., 2000. ISBN: 0-8247-9390-0
- [40] McKENZIE, D. A. *Nonionic Surfactants*. J. Am. Oil Chemists Soc., 1978, vol. 55. ISSN: 1558-9331
- [41] MYERS, D. *Surfactant science and technology*. 3. vyd., Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2006. ISBN: 978-0-471-68024-6
- [42] ZHAO, F. *Development of Sustainable Metalworking Fluid Systems*. 2008. [online]. [cit. 2019-05-13]. Dostupné z: http://ecs.syr.edu/centers/SustainableEngineering/modules/08-4_Fu_Zhao.pdf
- [43] COTTRELL, T., VAN PEIJ, J. *Sorbitan esters and polysorbate*. Blackweell Publishing Ltd, 2004. DOI: 10.1002/9780470995747.ch7
- [44] SIGMA-ALDRICH. [online]. [cit. 2019-05-13]. Dostupné z: <https://www.sigmaaldrich.com/life-science.html>
- [45] *Sorbitan fatty acid esters (general use)*. [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: <https://chemical.kao.com/sg/products/class/c020804.html>
- [46] *What Is Polysorbate? – Polysorbate 20 vs. 60 vs. 80 Uses*. [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: <https://www.oxiteno.us/what-is-polysorbate-20-vs-60-vs-80-uses/>
- [47] *Ministerstvo životního prostředí, IRZ: Oktylfenoly a Oktylfenol ethoxyláty*. [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: https://www.irz.cz/irz/repository/latky/oktylfenoly_a_oktylfenol_ethoxylaty.pdf
- [48] *Oktylfenol (OP) a Oktylfenol ethoxyláty (OPE)*. [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: <https://arnika.org/oktylfenol-op-a-oktylfenol-ethoxylaty-ope>
- [49] *Product Triton™ X-45 – Technical Data Sheet*. [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: https://www.dow.com/assets/attachments/business/pcm/triton/triton_x-45/tds/triton_x-45.pdf
- [50] *Triton™ X-102 – Technical Data Sheet*. [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: https://www.dow.com/assets/attachments/business/pcm/triton/triton_x-102/tds/triton_x-102.pdf
- [51] *Triton™ X-114 – Technical Data Sheet*. [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: https://www.dow.com/assets/attachments/business/pcm/triton/triton_x-114/tds/triton_x-114.pdf
- [52] FIUME, M. M., HELDRETH B., et al. *Safety Assessment of Alkyl PEG Ethers as Used in Cosmetics*. 2012. DOI: 10.1177/1091581812444141

- [53] *1,4-Dioxan in Cosmetics: A Manufacturing Byproduct*. [online]. [cit. 2019-05-13]. Dostupné z: <https://www.fda.gov/cosmetics/potential-contaminants-cosmetics/14-dioxane-cosmetics-manufacturing-byproduct>
- [54] *ATSDR, Public Health Statement 1,4-Dioxan*. [online]. [cit. 2019-05-13]. Dostupné z: <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp187-c1-b.pdf>
- [55] *CRODA Personal Care*. [online]. [cit. 2019-05-13]. Dostupné z: <https://www.crodapersonalcare.com/en-gb>
- [56] *Eucerin®*. [online]. [cit. 2019-05-13]. Dostupné z: <https://www.eucerin.cz/vyrobky/atopicontrol/telove-mleko>
- [57] *EWG's Skin Deep®*. [online]. [cit. 2019-05-13]. Dostupné z: <https://www.ewg.org/skindeep/>
- [58] *AVON Anew Clinical*. [online]. [cit. 2019-05-13]. Dostupné z: https://fado.vn/us/avon-anew-clinical-anti-wrinkle-crows-feet-corrector-with-a-f33-B07DDKZ88L.html?m=AJVK5E8NGY2HO&utm_source=masoffer&traffic_id=5cd491e2ebb9c800417aed00
- [59] *Mýdlo tekuté Silk & Bamboo bíle 5 l*. [online]. [cit. 2019-05-13]. Dostupné z: <https://www.eva.cz/zbozi/DRO42492/mydlo-tekute-silk-bamboo-bile-5l/>
- [60] *Adidas Ice Dive*. [online]. [cit. 2019-05-13]. Dostupné z: https://www.kosmetika-zdravi.cz/voda-po-holeni-adidas-ice-dive_z2882/#6575

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ACETEM	Estery kyseliny octové
APG	Alkylpolyglykosid
C	Koncentrace
CP	Bod zákalu
γ	Povrchové napětí
DAG	Diacylglycerol
DEA	Diethanolamin
EO	Ethoxylovaný
FDA	Food and Drug Administration, USA
HLB	Hydrofilně-lipofilní rovnováha
HLBs	Hydrofilně-lipofilní rovnováha směsi
KMK, CMC	Kritická micelární koncentrace
KP	Kosmetický přípravek
LACTEM	Estery kyseliny mléčné
M_m	Molekulová hmotnost
MAG	Monoacylglycerol
MEA	Monoethanolamin
MK	Mastná kyselina
O/V	Olej ve vodě
PAL	Povrchově aktivní látka
PEG	Polyethylen glykol
®	Registrovaná ochranná známka
SCCS	Scientific Committee on Consumer Safety
SDBS	Dodecylbenzensulfonát sodný

SDS	Dodecylsulfát sodný
SLES	Laureth sulfát sodný
s.r.o.	Společnost s ručením omezením
TAG	Triacylglycerol
™	Ochranná známka
V/O	Voda v oleji
w	Hmotnostní zlomek (hmotnostní procento)

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Amfifilní struktura tenzidu</i>	10
<i>Obr. 2 Sodium dodecyl sulfát (SDS) [7]</i>	12
<i>Obr. 3 Benzalkonium chlorid [8]</i>	12
<i>Obr. 4 Cocamidopropyl betain [9]</i>	13
<i>Obr. 5 Bod zákalu pro Triton™ X-100 (66 °C)</i>	17
<i>Obr. 6 Bod zákalu pro Dehydol® LT7 (55 °C)</i>	18
<i>Obr. 7 Bod zákalu pro Triton™ DF-16 (36 °C)</i>	18
<i>Obr. 8 Stanovení CMC měřením povrchového napětí pro ionický tenzid (sodium lauryl sulfát) a neionický tenzid (TWEEN 80) [24]</i>	20
<i>Obr. 9 Reakční schéma výroby esterů sorbitanu [27] (upraveno)</i>	23
<i>Obr. 10 Friedel-Craftsova alkylace</i>	24
<i>Obr. 11 Reakční schéma ethoxylace alkylfenolu</i>	24
<i>Obr. 12 Chemická struktura poloxameru (x, y, z značí stupeň polymerace) [34]</i>	25
<i>Obr. 13 Struktura alkylpolyglykosidu [37]</i>	27
<i>Obr. 14 Span® 60 [44]</i>	31
<i>Obr. 15 Přehled HLB pro Span a Tween [10] (upraveno)</i>	33
<i>Obr. 16 Triton™ x-100 [44]</i>	34
<i>Obr. 17 Brij® L23 [44]</i>	36
<i>Obr. 18 Tělové mléko [56]</i>	38
<i>Obr. 19 Krém proti vráskám [58]</i>	39
<i>Obr. 20 Tekuté mýdlo [59]</i>	40
<i>Obr. 21 Voda po holení [60]</i>	41

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Hodnoty HLB pro hlavní aplikační skupiny tenzidů [10][13][14].....</i>	<i>15</i>
<i>Tab. 2 Hodnoty HLB pro jednotlivé funkční skupiny [3].....</i>	<i>16</i>
<i>Tab. 3 Přehled typických vlastností pro Span [14].....</i>	<i>31</i>
<i>Tab. 4 Přehled typických vlastností pro Tween [14]</i>	<i>32</i>
<i>Tab. 5 Přehled typických vlastností pro Triton [18][49][50][51].....</i>	<i>34</i>
<i>Tab. 6 Přehled typických vlastností pro Brij [14][55].....</i>	<i>37</i>