

Pěnicí vlastnosti aminokyselinových surfaktantů

Jaromír Šebela

Bakalářská práce
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky
akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jaromír Šebela**
Osobní číslo: **T15211**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie výroby tuků, kosmetiky a detergentů**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Pěnicí vlastnosti aminokyselinových surfaktantů**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Surfaktanty obecně
2. Aminokyselinové surfaktanty
3. Proteinové surfaktanty

II. Praktická část

1. Metoda obracení válců
2. Metoda Henkel/Unilever
3. Metoda Ross-Miles

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Literatura

1. PUGH R. J. Bubble and Foam Chemistry, Cambridge University Press, 2016, ISBN 978-110-7090-576, DOI: 10.1017/CBO9781316106938.
2. NNANNA A., XIA J. Protein-based Surfactants: Synthesis, Physicochemical Properties, and Applications. New York, Dekker, 2001, ISBN 0-8247-0004-X.
3. MYERS, D. Surfactant Science and Technology. Hoboken, J. Wiley, 2006, ISBN 978-0-471-68024-6.
4. ROSEN M. J. Surfactants and Interfacial Phenomena. Hoboken, Wiley-Interscience, 2004, ISBN 04-714-7818-0.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ondřej Rudolf, Ph.D.

Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Datum zadání bakalářské práce:

5. února 2018

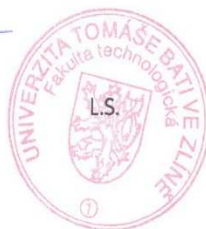
Termín odevzdání bakalářské práce:

18. května 2018

Ve Zlíně dne 5. února 2018



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



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

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním bakalářské/diplomové 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 bakalářská/diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou/diplomovou 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⁾;
- 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;
- podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou/diplomovou práci - nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské/diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské/diplomové práce využít ke komerčním účelům.

Ve Zlíně

13.5.2016

Jaromír Šebeka 

Jméno, příjmení, podpis

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, § 47b Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělěčně 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 nahlázení 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, užíje-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 přihlídnou k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Historie tenzidů na bázi aminokyselin, popis několika vybraných tenzidů a standardních metod měření pěnovosti. Vlastní měření pěnovosti řečených tenzidů vč. hodnot, popis metod, měření pH a povrchového napětí vodných roztoků tenzidů, zhodnocení výsledků.

Klíčová slova: Aminokyseliny, Surfaktanty, Pěnovost, pH, Povrchové napětí

ABSTRACT

History of Aminoacid-based surfactants, description of several chosen surfactants and standard methods of foaming measurement. Measurement of foaming properties itself (data included), description of methods, measurement of pH and surface tension of said surfactants in water solution, discussion of results.

Keywords: Amino acids, Surfactants, Foaming properties, pH, Surface Tension

Děkuji především panu Ing. Ondřeji Rudolfovi za dohled a rady k této bakalářské práci, dále pak všem vyučujícím fakulty technologické UTB ve Zlíně za poskytnutí znalostí nutných k této práci i dalšímu životu.

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

OBSAH

ÚVOD	9
TEORETICKÁ ČÁST	10
1 SURFAKTANTY NA BÁZI AMINO KYSELIN	11
1.1 STRUČNÁ HISTORIE	11
1.2 OBECNÉ VLASTNOSTI A PŘEHLED SURFAKTANTŮ NA BÁZI AMINOKYSELIN.....	13
1.3 VLASTNOSTI VYBRANÝCH TENZIDŮ NA BÁZI AMINOKYSELIN.....	14
1.3.1 Cocoylglutamát sodný.....	15
1.3.2 Cocoylglutamát disodný.....	15
1.3.3 Lauroylglutamát sodný	16
1.3.4 Lauroylglutamát disodný	16
1.3.5 Stearoylglutamát sodný	17
1.3.6 Stearoylglutamát disodný.....	17
1.3.7 TEA cocoylglutamát	18
1.3.8 Cocoylsarkosinát sodný	18
1.3.9 Myristoylsarkosinát sodný	18
1.3.10 Lauroylsarkosinát amonný	19
1.3.11 Lauroylsarkosinát sodný	19
2 PĚNA A METODY STANOVENÍ PĚNIVOSTI	20
2.1 PĚNA	20
2.1.1 Struktura pěny	20
2.1.2 Rozdělení dle obsahu plynné fáze.....	20
2.1.3 Rozdělení dle stability.....	20
2.1.4 Hlediska hodnocení surfaktantů v šamponech z pohledu zákazníků	21
Čistící schopnost tenzidů	21
Vůně.....	21
Viskozita	21
Pěnivost.....	21
2.2 LABORATORNÍ METODY STANOVENÍ PĚNIVOSTI	21
2.2.1 Ross-Milesova metoda	21
2.2.2 Metoda obracení válců (cylinder shake)	22
2.2.3 Metoda děrovaného kolečka	22
2.2.4 Moldovanyi-Hungerbubler.....	23
2.2.5 Hart-deGeorge mixérová metoda	23
2.2.6 Henkel metoda	23
2.2.7 Unilever metoda	24
2.2.8 Souhrn a výhled do budoucna	24
PRAKTICKÁ ČÁST	25
3 VLASTNOSTI ZKOUMANÝCH LÁTEK	26
3.1 POVRCHOVÉ NAPĚTÍ	28
Pomůcky přístroje:	28
Popis metody:	28
3.2 MĚŘENÍ PH.....	30
Pomůcky přístroje:	30
Popis metody:	30

4	MĚŘENÍ PĚNIVOSTI TENZIDŮ NA BÁZI AMINOKYSELIN.....	31
4.1	METODA OBRACENÍ VÁLCŮ.....	31
	Pomůcky:.....	31
	Popis metody:.....	31
4.2	ROSS-MILESOVA METODA.....	34
	Pomůcky a přístroje:.....	34
	Popis metody:.....	34
4.3	STROJOVÁ METODA PĚNĚNÍ Č. 1 – ULTRA-TURRAX IKA T25	37
	Pomůcky a přístroje:.....	37
	Popis metody:.....	37
4.4	STROJOVÁ METODA PĚNĚNÍ Č. 2 – MÍCHADLO HEIDOLPH RZR 2020	40
	Pomůcky a přístroje:.....	40
	Popis metody:.....	40
5	DISKUZE VÝSLEDKŮ	43
6	ZÁVĚR.....	45
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	46
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	48
	SEZNAM OBRÁZKŮ	49
	SEZNAM TABULEK.....	50
	SEZNAM PŘÍLOH.....	51

ÚVOD

Surfaktanty neboli tenzidy, jsou povrchově aktivní látky schopné snižovat povrchové napětí kapalin. Umožňují tak snadné odstraňování nečistot a usnadňují tvorbu více, či méně stabilních směsí (např. pěn, emulzí).

Pěnivost tenzidů je důležitým ukazatelem při posuzování jejich kvality a možného využití. Cílem této práce je prozkoumat míru pěnivosti u pěti vybraných tenzidů na bázi aminokyselín, také několik jejich dalších vlastností a srovnat je s běžně využívanými tenzidy.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SĚRFAKTANTY NA BÁZI AMINO KYSĚLIN

Surfaktanty jsou povrchově aktivní látky snižující povrchové napětí na fázových rozhraních již za nízké koncentrace a skládající se z polární skupiny tvořené nejčastěji kombinací atomů H, O, N, P, S a nepolární části skládající se z řetězců atomů C a H nejčastěji o délce 10 až 18 atomů uhlíku.[4, s. 25][5, s. 6]

Surfaktanty nachází mnoho využití v životě dnešního člověka potravinářstvím počínaje, kosmetickou výrobou a farmacií pokračující a těžkým průmyslem konče.

Surfaktanty na bázi α -aminokyselin (dále AMK) jsou stále častěji využívanou kategorií povrchově aktivních látek (PAL). AMK jako takové jsou látky lidskému tělu vlastní a jsou základní stavební složkou proteinů (bílkovin). Na AMK tvořící polární hlavičku těchto surfaktantů jsou navázány nepolární acyly mastných kyselin. Tuto kombinaci sloučenin lze také označit jako Lipoaminokyseliny (LAMK) a funkčně je lze většinou zařadit mezi zwitterionické (amfoterní) PAL.

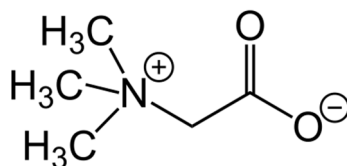
1.1 Stručná historie

LAMK existují přirozeně u mnoha rostlin, zvířat a mikroorganismů. Jejich přesná struktura a původ dosud nejsou zcela známy, ačkoli jejich obecné struktury již popsány byly.

Různé LAMK byly synteticky připraveny a studovány jako ukázkové příklady.

Jako první byla v roce 1806 objevena AMK Asparagin Louisem-Nicolasem Vauquelinem a Jean-Pierrem Robiquetem. V následujících letech byly objeveny další AMK.

Prvním rozpoznávaným surfaktantem na bázi aminokyseliny byl Betain (trimethylglycin, 2-trimethylammonioacetate), později zařazený mezi zwitterionické surfaktanty.[1, s. 76]



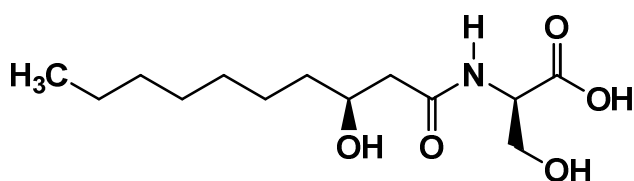
Obr. 1– Betain[16]

V roce 1909 byly provedeny S. Bondim první pokusy zabývající se LAMK. Bondi připravil LAMK z Glycinu a Alaninu ve formě laurové AMK. Ve svém výzkumu spekuloval, že nekróza tuku v buňce by měla být způsobena rozkladem LMAK na AMK a mastné kyseliny (MK). Ve snaze potvrdit tuto teorii se dále zabýval biodegradací LAMK.

Další výzkumníci po něm zaměřovali svůj výzkum hlavně na dvě témata:

1. Zjištění přirozeného výskytu LAMK
2. Poznání funkcí a interakcí LAMK

V roce 1955 izoloval N. J. Cartwright izoloval z kmene bakterií *Serratia* sloučeninu (D-3-hydroxydekanoyl)-L-Serin jež byla pojmenována jako Serratamová kyselina. Její strukturu samostatně popsal o dva roky později. Jedná se o první doložený přirozený výskyt LAMK.[2][3]



Obr. 2 – Serratamová kyselina

Kameda a Touya (1952) a Utino a kol. (1957) prováděli studium přirozeného výskytu acylaminokyselin a zjišťovali jejich degradaci působením mikroorganismů.

V létech 1961–1963 probíhaly studie týmů Nagai a Hazama a kol., které se zabývaly biodegradací acylaminokyselin enzymy získanými z mikroorganismů a ledvin zvířat.

Výzkumy Fukuiho a Axelroda v r. 1961 poukázaly na možný přirozený výskyt acylaminokyselin vzniklých přeměnou fenylalaninu a olejové, či palmitové kyseliny za pomoci enzymu izolovaného z krysích jater.

Během let 1964–1980 bylo nalezeno mnoho LAMK a lipopeptidů v různých druzích mikroorganismů, rostlin, zaživacích šťávách bezobratlých, vejcovodech kura domácího a lidské kůži (1964, 1967). LAMK v mikroorganismech často obsahují 3-hydroxy mastnou kyselinu. Takové LAMK jsou deriváty lysinu a ornitinu s acylaminicko-esterovou strukturou. Tyto LAMK se dvěma postranními nepolárními řetězci podobnými fosfolipidům, se často nacházejí v buněčných membránách, což poukazuje na jejich roli při regulaci funkcí membrány.

LAMK nalezené v zaživacím traktu bezobratlých obsahují Taurin nebo Cystein – aminokyseliny s obsahem atomu síry, jež jsou aktivní při nižších pH (4–5). Mohou tak být považovány za analogy k trávicím šťávám obratlovců, které emulgují a rozptylují tuky, které tak mohou být absorbovány a stráveny jako živiny. Studie zabývající se rolí a strukturou LAMK u obratlovců se teprve musí uskutečnit, avšak spekuluje se, že LAMK nalezené v lidské kůži, mají roli v regulaci bariérové funkce kůže.

Jak už bylo naznačeno, dosavadní výzkum přirozeně se vyskytujících LAMK se příliš nezabýval jejich vlastnostmi coby povrchově aktivních látek či jejich aplikací.

Na druhou stranu mnoho acylaminokyselin bylo připraveno a jejich vlastnosti zkoumány. V roce 1930 Henrich a kol. započali sérii pokusů a jako první patentovali využití acylsarkosinátů a acylaspartátů jako surfaktantů pro detergenci a užití v kosmetice.

Od té doby Staudinger a Becer (1937) a mnoho dalších výzkumníků studovalo přípravu a fyzikálněchemické vlastnosti acylaminokyselin. Tyto pokusy potvrdily, že acylaminokyseliny jsou účinnými surfaktanty s žádanou povrchovou aktivitou a výhodami bezpečnosti a jemnosti (vůči lidské kůži).

Takehara a kol. ustavili proces pro průmyslovou syntézu acylglutamátů z glutamátu sodného a chloridu mastné kyseliny jež není problém získávat ve velkých množstvích. Stejný tým se též zabýval fyzikálněchemickými vlastnostmi acylaminokyselin a zjistil, že mají vynikající povrchovou aktivitu při slabě kyselém pH (5–6) při zachování anionických vlastností. Dále pak vyvinuli konkrétní přípravky na bázi acylglutamátu (např. šampony, krémové či pastovité přípravky k čištění obličeje), což v roce 1972 vedlo k uvedení komerčně dostupných produktů. Jednalo se tak o první případ acylaminokyseliny s významným dopadem na kosmetický průmysl. O desetiletí později již měly deriváty acylaminokyselin jako acylsarkosinát či acylmethyllaurát vydobito postavení mezi jemnými čistícími prostředky. Využití acylglutamátů se rozšířilo téměř do všech typů produktů osobní péče, díky své jemnosti k lidské pokožce, již si trh žádal.[1, s. 76–77]

1.2 Obecné vlastnosti a přehled surfaktantů na bázi aminokyselin

Lipoaminokyseliny mají ve své struktuře několik druhů funkčních skupin, tudíž je lze dělit do mnoha kategorií.

U neutrálních laurylaminokyselin byl pozorován nárůst smáčivosti a detergence s růstem hydrofobních vlastností řetězce aminokyseliny, zatímco vztah mezi pěnivostí a hydrofóbností AMK nelze přímo určit.[1, s. 91]

Do kategorie surfaktantů na bázi aminokyselin lze zařadit i některé fosfolipidy jako např. fosfatidylserin. Dle karboxylové funkční skupiny spadají tyto látky do skupiny karboxylových mýdel a detergentů. Ta nezahrnuje pouze estery a amidy mastných kyselin, nýbrž i ty z aminokyselin [11, s. 64].

Protože obsahují více opačně nabitých polárních skupin a mají schopnost měnit svůj náboj v závislosti na pH, se LAMK většinou řadí mezi amforterní tenzidy, ačkoli existují výjimky (sarkosináty jsou považovány za anionické tenzidy [4, s. 128]).

Obvykle také mají velké polární „hlavičky“ které vykazují velkou afinitu pro polární rozpouštědla. Tato vlastnost je také činí žádanými kosurfaktanty, protože mají schopnost měnit tvar micel. Amfoterní tenzidy jsou obvykle využívány zároveň s anionickými či neionickými tenzidy k úpravě rozpustnosti, velikosti micel, stability pěny, detergentce a viskozity různých čistících systémů a emulzí.[4, s. 128]

Díky neutralitě jejich celkového náboje mají minimální dopad na biocidní aktivitu kvartérních amoniových solí. Z tohoto důvodu, stejně jako neionické tenzidy, nacházejí uplatnění v dezinfekčních přípravcích na bázi kationických tenzidů.

Lipoaminokyseliny se dají poměrně snadno a levně připravovat kondenzací aminokyseliny s mastnou kyselinou či její solí za vyššího pH (11–12).

Jsou netoxické, hypoalergenní a jemné vůči pokožce, mnoho z nich vykazuje emolienční vlastnosti. Také jsou rovněž velmi snadno biologicky odbouratelné a mají tak minimální dopad na životní prostředí.

Jejich velmi mírné působení na lidskou pokožku bez většího podráždění je předurčuje k využití v produktech jako jsou pleťové vody, dámská intimní hygiena, bezoplachové čistící produkty jako dětské utěrky a další. [6, s. 474][14, s. 28]

1.3 Vlastnosti vybraných tenzidů na bázi aminokyselin

Mnohé komerčně dostupné LAMK jsou vlastně směsí, tenzidů s různě dlouhými acyly mastných kyselin, což je způsobeno jejich výrobou z přírodních surovin. Jednou z těchto surovin je kokosový olej (označení „cocoyl“ v anglickém názvu sloučeniny), u kterého najdeme následující typické zastoupení mastných kyselin:

Tab. 1 – Typické kyselinové složení oleje z kokosové palmy [7]

Kyselina	Obsah [% hm.]	Kyselina	Obsah [% hm.]
C 6:0	< 1	C 16:0	5–10
C 8:0	5–10	C 18:0	1–3
C 10:0	5–10	C 18:1	5–11
C 12:0	40–55	C 18:2	1–2
C 14:0	15–25	C 18:3	0

Složení mastných kyselin v kokosovém oleji se posléze promítá i do zastoupení jednotlivých surfaktantů v běžně prodávaných směsích.

Následuje několik vybraných zástupců tenzidů na bázi aminokyselin nabízených dodavatelem chemických látek. Názvy IUPAC jsou uváděny v původním anglickém znění.[13]

1.3.1 Cocoylglutamát sodný

IUPAC: Sodium (2*S*)-2-(cocoylamino)-5-hydroxy-5-oxopentanoate

CAS: 68187-32-6

Vzhled: nažloutlý roztok

Popis: Směs surfaktantů na bázi glutamové kyseliny a kokosového oleje.

Použití: Čistící prostředky, emolienty, koncentrace 1–30 %

Komerční produkty: Osobní hygiena (šampony, sprchové gely), péče o pleť, dětská kosmetika (šampony, mýdla).[12]

1.3.2 Cocoylglutamát disodný

IUPAC: Disodium (2*S*)-2-(cocoylamino)-5-hydroxy-5-oxopentanoate

CAS: 68187-30-4

Vzhled: čirá, bezbarvá až nažloutlá tekutina, charakteristická vůně

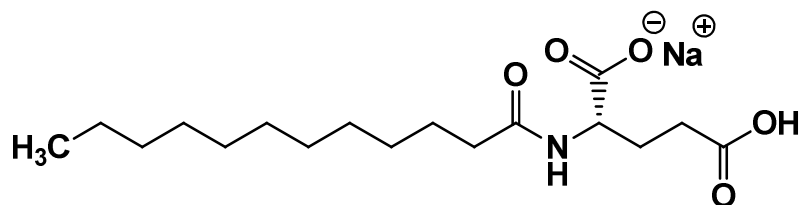
Popis: Směs tenzidů. Základem je AMK L-Glutamová s navázanými acyly mastných kyselin obsažených v kokosovém oleji, chová se jako kosurfaktant. Je hypoalergenní, nepodporuje tvorbu komedonů a je velmi snadno biologicky odbouratelný. Má vynikající čisticí schopnosti i ve tvrdé vodě. Chová se jemný čisticí prostředek a zanechává pocit jemnosti a hydratace. Dodává se jako 30–50% roztok, dle výrobce dodáván pod komerčním názvem Plantapon ACG LC

Použití: Čistící prostředky, pěnidla, emolienty, antistatické prostředky

Komerční produkty: Osobní hygiena (sprchové gely, pěny do koupele), vlasové přípravky, péče o pokožku, oční odličovače, dětská kosmetika (šampony, mýdla)

1.3.3 Lauroylglutamát sodný (MSLG)

IUPAC: Sodium (2*S*)-2-(dodecanoylamino)-5-hydroxy-5-oxopentanoate



CAS: 29923-31-7, M = 351.419

Vzhled: bílá, pevná látka

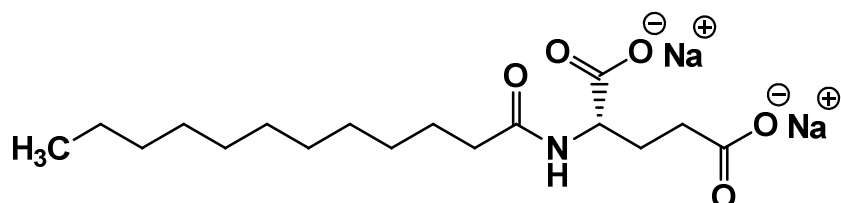
Popis: Derivát kys. L-Glutamové, velmi jemný anionický tenzid a emolient, je hypoalergenní, velmi snadno biologicky odbouratelný.

Použití: čisticí přípravky, vyhlazovače vrásek, emolienty

Komerční produkty: Tělová, vlasová a dětská kosmetika, péče o pleť

1.3.4 Lauroylglutamát disodný (DSLГ)

IUPAC: Disodium (2*S*)-2-(dodecanoylamino)pentanedioate



CAS: 50622-20-3, M = 373,401 g/mol

Vzhled: Lehce nažloutlý roztok

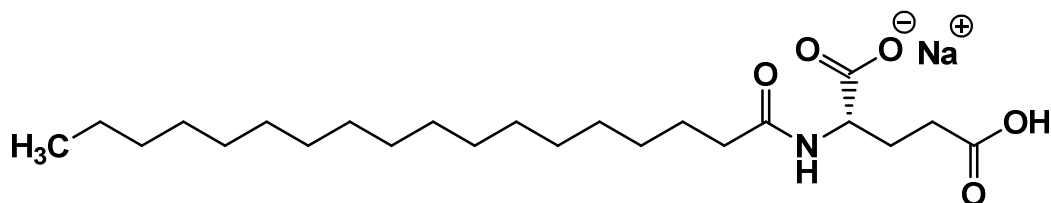
Popis: Dodáván jako vodný roztok 25% (z toho

Použití: čisticí přípravky, emolient

Komerční produkty: Tělová, vlasová a dětská kosmetika, péče o pleť

1.3.5 Stearoylglutamát sodný (MSSG)

IUPAC: Sodium (4*S*)-4-amino-5-octadecanoyloxy-5-oxopentanoate



CAS: 79811-24-8/38517-23-6, M = 435,581 g/mol

Vzhled: Bílý, jemný prášek

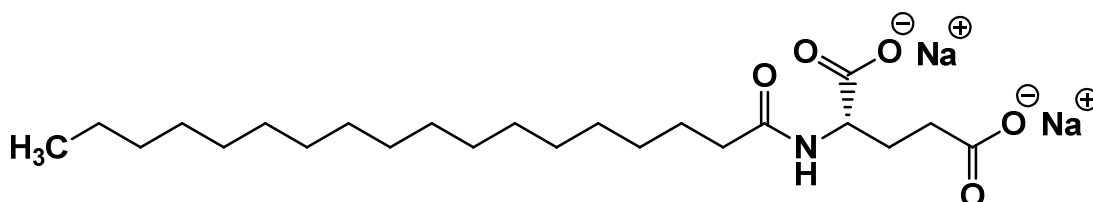
Popis: Anionický surfaktant, hypoalergenní, zanechává na kůži svlažující pocit. Velmi jemný, velmi snadno biologicky odbouratelný. Velmi jemný čistící prostředek na vlasy, nevysušuje a nezanechává pocit hrubosti. V roztocích má slabě kyselé pH. Vhodný pro kombinaci v emulzích s elektrolyty (kys. askorbová

Použití: emulgátory O/V, čistící prostředky, emolienty

Komerční produkty: Osobní hygiena, péče o vlasy a pleť (krémy, lotiony, šampony)

1.3.6 Stearoylglutamát disodný

IUPAC: Disodium (2*S*)-2-(octadecanoylamino)pentanedioate



CAS: 38079-62-8, M = 457,563 g/mol

Popis: velmi jemný, v roztocích lehce kyselý, biodegradabilní, vykazuje však oční dráždivost.

Použití: péče o pleť, osobní hygiena

Komerční produkty: šampony, pevná mýdla, micelární vody, tekutá mýdla

1.3.7 TEA cocoylglutamát

IUPAC: L-Glutamic acid, *N*-coco acyl derivates, compds. with triethanolamine (1:1)

68187-29-1 směs s triethanol aminem v poměru 1:1, M = 296,32 g/mol

Popis: netoxický, hypoalergenní, omezení (ES 1223/2009, III/62): u neoplachových přípravků max. koncentrace 2,5 %.

Využití: čistící přípravek, surfaktant, emulgátor, slabá kyselina.

Komerční produkty: micelární vody, pleťová tonika

Suroviny k výrobě: fermentovaný cukr, kokosový olej

1.3.8 Cocoylsarkosinát sodný

IUPAC: Sodium 2-[methyl(cocoyl)amino]acetate

CAS 61791-59-1, směs

Vzhled: čirá, lehce nažloutlá tekutina

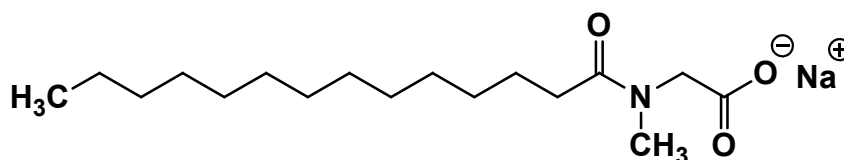
Popis: anionický/amfoterní tenzid, dodáván zpravidla jako 30 hm. % roztok, hypoalergenní, využitelný v biokosmetice, snižuje Kraftův bod, má nízkou iritaci a vysokou pěnivost

Využití: pěnidla, emolienty, smáčedla

Komerční produkty: osobní, vlasová a ústní hygiena, péče o pleť. [4, s. 128]

1.3.9 Myristoylsarkosinát sodný

IUPAC: Sodium 2-[methyl(tetradecanoyl)amino]acetate



CAS 30364-51-3, M = 321,437 g/mol

Vzhled: čirá až lehce zakalená tekutina žluté barvy

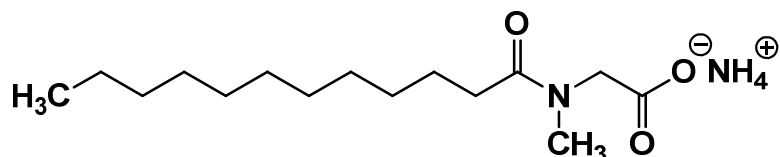
Popis: zvětšuje objem pěny, jemný tenzid vůči pokožce, hypoalergenní, netoxický. Možná kontaminace nitrosaminy, zvyšuje kožní absorpci.

Využití: pěnidla, čistící prostředky, smáčedla, lubrikanty

Komerční produkty: osobní hygiena (sprchové gely, ústní a vlasové přípravky, holící pěny), péče o pokožku

1.3.10 Lauroylsarkosinát amonný

IUPAC: Ammonium 2-[dodecanoyl(methyl)amino]acetic acid



CAS: 68003-46-3, M = 288,4322 g/mol

Vzhled: čirá, lehce nažloutlá tekutina

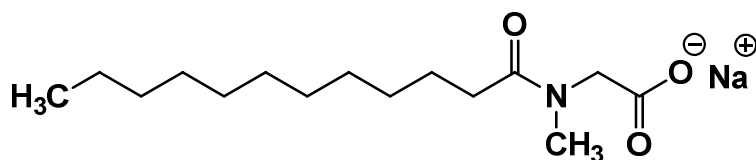
Popis: Chová se jako anionický surfaktant, s antistatickými, pěnotvornými a emulgačními účinky.

Použití: čisticí přípravky, smáčedla, pěnidla, péče o pokožku s atopickým exémem (patent)

Komerční produkty: osobní hygiena (tělová, obličejová a ruční mýdla, usní přípravky, ho-
lící pěny)

1.3.11 Lauroylsarkosinát sodný

IUPAC: Sodium 2-[dodecanoyl(methyl)amino]acetate



CAS: 137-16-6, M = 293,38 g/mol

Vzhled: Bílý prášek / čirá kapalina

Popis: Základem je neproteinogenní AMK Sarkosin, dodáván jako prášek, či 30 nebo 95%
roztok, pH 10% roztoku 7,5-8,5, bakteriocidní

Použití: konzervanty, čisticí prostředky, pěnidla, smáčedla a rozpouštědla

Komerční produkty: osobní a ústní hygiena, vlasové přípravky, péče o pleť

2 PĚNA A METODY STANOVENÍ PĚNIVOSTI

Tvorba pěny je důležitou vlastností surfaktantů, protože její množství a kvalita ovlivňuje jeho následné využití v praxi, což se ukazuje např. u kosmetických přípravků, kdy u šampónů či sprchových gelů je pěna žádoucí a naopak u krémů či micelárních vod je tvorba pěny zcela nežádoucí.

2.1 Pěna

Pěna je disperzní soustava tvořená plynem rozptýleným v kapalině, jejíž vznik je podmíněn přítomností povrchově aktivní látky, která celý systém stabilizuje. Pravděpodobnost vzniku pěny roste s klesajícím povrchovým napětím v systému. Jednou z dalších podmínek vzniku pěny i elasticita kapalného filmu, jenž tvoří opěrnou kostru pěny a zajišťuje ochranu před vnějšími vlivy jakým je např. tlak.[5, s. 58]

2.1.1 Struktura pěny

Struktura je podobná houbám či nepravidelné včelí plástvi, kde přepážky (lamely) tvoří vrstvička (film) roztoku se surfaktantem a obsah dispergovaný plyn. V místech kde se potkávají tři a více lamel dochází k tvorbě tzv. Gibbs-Plateova kanálku jenž má konkávní tvar a ve kterém působí kapilární jevy.

„Pod zakřiveným povrchem kanálku je tlak v kapalině p nižší než tlak ve stěnách buněk p_0 , a důsledkem je odsávání kapaliny z plochých oblastí do vydutých. Tento proces je doprovázen ztenčováním přepážek mezi vzduchovými bublinami a může vést až k destrukci pěny.“ [5, s. 58]

2.1.2 Rozdělení dle obsahu plynné fáze

- Málo koncentrované pěny
- Vlhké pěny
- Suché pěny

2.1.3 Rozdělení dle stability

- Nestabilní
- Metastabilní
- Pevné

2.1.4 Hlediska hodnocení surfaktantů v šamponech z pohledu zákazníků

Spotřebitelé mají tendenci posuzovat tenzidy v kosmetických výrobcích podle následujících čtyř parametrů:

Čistící schopnost tenzidů

Zákazníci ji považují za samozřejmou. Většina výrobků obsahuje více povrchově aktivních látek než je nutné. Přesto je nutné počítat s vlivy, které mohou mycí schopnost surfaktantu snižovat.

Vůně

Pro zákazníka velmi důležitá, musí být příjemná a nesmí příliš zvyšovat náklady na výrobek nebo vyvolávat podráždění pokožky.

Viskozita

Zákazníci upřednostňují spíše hustší, pomaleji tekoucí produkty. Ty však stále musí být dostatečně kapalné na to, aby je bylo možno snadno dostat ven z obalu.

Pěnivost

Zákazník očekává u šamponů bohatou, hutnou pěnu. Její množství a tvorba je však ovlivněna mnoha faktory. Z těch nejdůležitějších jsou to teplota a tvrdost vody, míra zamaštění vlasů a pokožky hlavy a koncentrace tenzidu.

2.2 Laboratorní metody stanovení pěnivosti

Při stanovení pěnivosti je zpravidla pracováno buďto s čistou látkou nebo častěji s hotovým výrobkem. Ten je potřeba hodnotit z pohledu koncového spotřebitele. Nesplní-li produkt očekávání spotřebitele, výrobky obsahující surfaktant by šly hůře na odbyt. Kategorie přípravků péče o vlasy (šampóny) je jednou z oblastí, kde je vysoká pěnivost surfaktantů nejvíce ceněna.[8]

2.2.1 Ross-Milesova metoda

Je nestarší standardizovaná metoda měření pěnivosti. Vznikla roku 1941 a je pojmenována po svých tvůrcích J. Rossovi a G. D. Milesovi. Metoda stanoví výšku pěny na základě platného (2015) amerického standardu ASTM (D1173 – 07). [9]

Principem metody je, že roztok tenzidu temperovaný na 49 °C je vypuštěn z pipety z pevné výšky do nádržky obsahující stejný roztok tenzidu o stejné teplotě. Výška takto vytvořené pěny se měří v průběhu času. Zpravidla se měří perioda 5 minut.

Tento test vytváří vzdušnou pěnu, jež nijak nepřipomíná pěnu vytvořenou při běžném užití šamponu. Metoda neposkytuje dostatečně přesná vyjádření objemu pěny, její hustoty nebo trvanlivosti. Metoda je též hodně náchylná na chyby při zpracování. V otázce míry využití této metody v dnešním průmyslu a výzkumu se zdroje rozcházejí.

2.2.2 Metoda obracení válců (cylinder shake)

Vyvinuta v r. 1941 Stiepelem, jedná se nejvíce používanou metodu k hodnocení pěny. Princip spočívá v přelití přesného objemu a koncentrace šamponu do odměrného válce. Na jeho konec je umístěna zátk a válec je protřepán stejným počtem kmitů. Výhodou metody je velmi nenáročná a rychlá provedení, nicméně data z ní získaná, neposkytují souvislé výsledky a jsou velmi náchylná na chyby při provedení. I stejný člověk má problém zopakovat měření natolik přesně, aby získal stejná data.

Princip: Do 50 ml odměrného válce je nalito 25 ml roztoku tenzidu o koncentracích 0,1, 0,5 a 1 g/l, válec je uzavřen a 20× otočen dnem vzhůru během 20 s. a je sledována výdrž (výška) pěny v časech 1, 5, 15, 30 a 60 minut.

Objevilo se několik úprav metody, jejichž smyslem bylo snížit závislost metody na lidském faktoru. Jedna z těchto modifikací (Beh-Jamesova) využívá 300 ml roztoku šamponu v 1000 ml odměrném válci. Válec je podroben rotaci ve své svislé ose uhlovou rychlostí 36 otáček za minutu po dobu dvou minut. Výška pěny je odečtena 30 sekund po ukončení rotace.[8]

2.2.3 Metoda děrovaného kolečka

Tato hodnotící metoda byla vyvinuta v r. 1958 Barnettem a Powersem. Vzorek 200 g. roztoku šamponu byl umístěn do skleněného válce o průměru 6,3 a výšce 30 cm. Děrovaným kolečkem o průměru 6 cm je pohybováno nahoru a dolů po dráze o délce 26,5 cm, rychlostí 30 tahů za minutu. Výška pěny je změřena po 30 tazích.

Tato metoda poskytuje vcelku dobré a souvislé výsledky, ale produkovaná pěna je řídká a velmi vzdušná.

2.2.4 Moldovanyi-Hungerbubler

Princip: 500 ml roztoku šamponu je připraveno a nalito lahvičky, v níž je zaveden přívod plynného dusíku tak, aby probublával ze spodní části celým roztokem rychlostí 17 litrů za minutu. Měří se čas nutný k vytvoření objemu 2 litrů pěny. Poté je roztok odveden a je zvážena lahvička včetně pěny. Je tak získána hustota pěny. Vyčká-li se pevně určenou dobu a poté se odvede dodatečná kapalina, je získán údaj o stabilitě pěny.

Metoda je trochu těžkopádná a náročnější na provedení a stejně jako předchozí metody produkuje řídkou vzdušnou pěnu.[8]

2.2.5 Hart-deGeorge mixérová metoda

Tato metoda byla první, u níž byl využit mixér jako nástroj k vytvoření pěny. Takto vytvořená pěna je hustá a krémová a velmi podobná té, se kterou přijde spotřebitel do styku.

Princip: 200 ml roztoku šamponu je mícháno v mixéru o objemu 1 litr po dobu 1 minuty. Pěna je poté nalita do nálevky (rozměry: průměr 182 mm při horním okraji, 23 mm při spodním okraji) na sítko s otvory o velikosti 0,5 mm. Měřicí drátek je umístěn ve výšce 80 mm od spodní části nálevky. Je zaznamenáván čas potřebný k tomu, aby úroveň pěny klesla na úroveň drátku. Čím vyšší hodnota, tím lepší pěna. Jedná se o vynikající metodu k hodnocení pěny. [8]

2.2.6 Henkel metoda

Je metodou založená na vytváření objemu pěny mixérem a sledování její stability v čase. Byla vyvinuta r. 1981 společností Henkel.

Princip: Je připraven 10 hm. % roztok šamponu. Z něj jsou odebrány 4 g, které jsou následně zředěny 146 g vody (tvrdost 50 mg/l) při teplotě 29°C. Roztok je šlehán na mixéru při střední rychlosti, po dobu 10 sekund. Po skončení je pěna nalita do litrového odměrného válce a je změřen její objem. Po 3,5 minutách je zaznamenán pokles výšky pěny. Pro simulaci podmínek (mazu) na pokožce hlavy je možné přidat 0,5 g syntetického seba nebo ricinového oleje. Při zkrácení doby šlehání na 5 sekund lze tuto metodu využít ke stanovení okamžité pěny.[8][10]

2.2.7 Unilever metoda

Metoda, jež se zabývá hustotou a stabilitou pěny, vyvinutá v r. 1967 společností Unilever.

Princip: Připraví se 10 hm. % roztok šamponu. Z něj se odpipetují 4 g, které se zředí 146 g vody o tvrdosti 50 mg/l za teploty 29 °C. Roztok je šlehan na mixéru po dobu 10 sekund. Poté je nalit do 100 ml odměrného válce až po okraj. Na špičku pěny je ihned jemně umístěna gumová zátka o průměru jen o málo menším, než je vnitřní průměr odměrného válce. Měří se čas průchodu horního okraje zátky mezi ryskami 80 a 40 ml. Delší čas průchodu indikuje hustší a stabilnější pěnu. Rychlost poklesu zátky závisí na vzestupném tlaku. Vzestupný tlak je nepřímo úměrný velikosti bublin. Tudíž hustší pěna, způsobí pomalejší pád zátky.

Tato metoda velmi dobře simuluje vnímání pěny koncovými zákazníky.[8]

2.2.8 Souhrn a výhled do budoucna

Všechny uvedené metody hodnocení pěnovosti mají své přednosti i zápory. Poslední dvě uvedené však nejlépe simulují vnímání pěnovosti zákazníky. Metoda převrácení válců a Ross-Milesova metoda jsou stále používány výrobci surfaktantů a jsou vhodné ke stanovení náhodné tvorby pěny u roztoků obsahujících surfaktanty. Pro praktickou část tedy doporučuji provést srovnání metodami Obracení válců, Ross-Miles a Henkel.

V současnosti se stále častěji objevují přístroje určené k objektivnímu a přesnému měření pěnovosti. V současnosti se vyskytují jak univerzální (např. Krüss DFA 100), tak přístroje specializované na určité metody (např. Krüss Ross-Miles Foam Analyzer). Přístroji je možno měřit jak míru pěnovosti a stabilitu pěny, tak i míru velikosti, rozdělení a hustotu bublin. V případě univerzálního přístroje je též i možnost výběru metody tvorby bublin (mícháním či probubláváním).



Obr. 3 – Krüss DFA 100 [17]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 VLASTNOSTI ZKOUMANÝCH LÁTEK

Pro měření vlastností a pěnovosti tenzidů na bázi aminokyselin bylo vybráno osm komerčních produktů – pět na bázi aminokyselin (z toho dvě směsi), tři jako referenční standardy.

Vybrané látky a jejich zkratky:

Tab. 2 – Povrchově aktivní látky/směsi látek vybrané k hodnocení

Povrchově aktivní látky/směsi látek vybrané k hodnocení					
Zkratka	CAS	Anglický název	třída	čistota (%)	Molární hm. (g/mol)
SLSA	137-16-6	Sodium Lauroyl Sarcosinate	amfoterní	97,0	293,383
MSSG	79811-24-8	Mono Sodium Stearoyl Glutamate	amfoterní	96,5	435,581
MSLG	29923-31-7	Mono Sodium Lauroyl Glutamate	amfoterní	95,0	351,419
DSLGL	50622-20-3	Disodium Lauroyl Glutamate*	amfoterní	25,0	373,401
Plant	68187-30-4	Platanpon ACG LC**	amfoterní	30,6	-
Standardy					
SDS	151-21-3	Sodium Dodecyl Sulfate	anionický	98,5	288,378
SPAN 60	1338-41-6	Sorbitane Monostearate	neionický	100	430,626
Brij 98	9004-98-2	Polyoxyethylene (20) oleyl ether	neionický	100	312,538

* dodáván jako 25% roztok tenzidů ve směsi se zastoupením 20 % DSLGL a 5 % MSLG

** dodáván jako 30,6% roztok tenzidů vzniklých z kokosového oleje (Disodium Cocoyl Glutamate)

Pro zpřehlednění budou tyto látky/směsi dále uváděny pouze pod výše uvedenými zkratkami.

Z výše zmíněných látek byly pro všechna měření zhotoveny vodné roztoky (demineralizovaná voda) o hmotnostních koncentracích 0,1; 0,5 a 1,0 g/l. Přepočítání na molární koncentraci je uvedeno v následující tabulce 3.

Všechny navážky byly provedeny na analytických vahách s přesností na 0,0001 g

Tab. 3 – Tabulka přepočtů hmotnostních koncentrací na molární koncentraci

Tabulka přepočtů hmotnostních koncentrací na molární				
	Molární hm.	c = 1 g/l	c = 0,5 g/l	c = 0,1 g/l
	[g/mol]	[mmol/l]	[mmol/l]	[mmol/l]
SLSA	293,383	3,409	1,704	0,341
MSSG	435,581	2,296	1,148	0,230
MSLG	351,419	2,846	1,423	0,285
DSLGL	373,401	2,678	1,339	0,268
Plant	-	-	-	-
SDS	288,378	3,468	1,734	0,347
Span 60	430,626	2,322	1,161	0,232
Brij 98	312,538	3,200	1,600	0,320

Získané hodnoty byly dále statisticky zpracovány [22] – byl spočítán aritmetický průměr a metodou dle Dean-Dixona byla spočtena směrodatná odchylka dle následujícího vzorce a hodnoty Dean-Dixonova koeficientu pro 2 a 3 měření:

$$S = K_n \cdot R$$

$$K_{n=2} = 0,886$$

$$K_{n=3} = 0,591$$

Kde:

S – směrodatná odchylka

K_n – Dean-Dixonův koeficient

R – rozpětí (rozdíl nejvyšší a nejnižší hodnoty)

Test odlehlých hodnot nebyl prováděn z důvodu pouze dvou proběhlých měření.

Pro všechny následující tabulky platí tyto zkratky:

Měř. – číslo měření

t – čas, v němž bylo měření odečteno

S – směrodatná odchylka dle Dean-Dixona

x – aritmetický průměr

Z důvodu přehlednosti, uvádí tabulky u metod měření pěnivosti pouze aritmetické průměry a směrodatné odchylky. Tabulky se všemi změřenými a spočtenými hodnotami jsou uvedeny v přílohách č. 1-4

U vybraných tenzidů bylo dále zkoumáno, jak ve měřených koncentracích ovlivňují povrchové napětí (a s tím spojenou schopnost detergence nečistot) a jaké pH mají jejich roztoky.

3.1 Povrchové napětí

Pomůcky přístroje:

Krüß K20 Easydyne s Wilhemyho destičkou



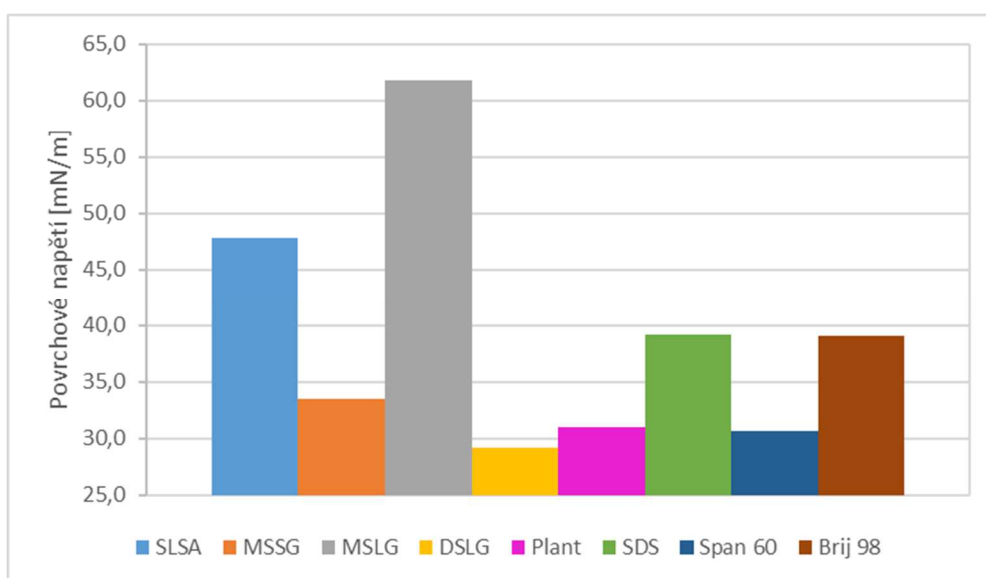
Obr. 4 – Krüss K20 Easydyne [18]

Popis metody:

Měření probíhalo metodou Wilhemyho destičky s nastavenými parametry: průměr 5 měření v intervalu 1 s., v 50 ml objemu roztoků tensidů, za laboratorní teploty 25–27 °C

Tab. 4 – Měření a výpočty hodnot povrchového napětí vodných roztoků tensidů

Povrchové napětí roztoků tensidů při koncentraci 1,0 g/l					
	měř. 1 [mN/m]	měř. 2 [mN/m]	měř. 3 [mN/m]	x [mN/m]	S [mN/m]
SLSA	47,9	47,8	47,9	47,9	0,06
MSSG	33,6	33,4	33,4	33,5	0,12
MSLG	62,2	61,7	61,5	61,8	0,41
DSLГ	29,3	29,2	29,0	29,2	0,18
Plant	31,0	30,6	31,3	31,0	0,41
SDS	39,2	39,2	39,1	39,2	0,06
Span 60	31,3	30,6	30,1	30,7	0,71
Brij 98	39,1	39,1	39,1	39,1	0,00



Obr. 5 – povrchové napětí roztoků při koncentraci 1,0 g/l

Tab. 5 – Měření a výpočty hodnot povrchového napětí vodných roztoků tenzidů

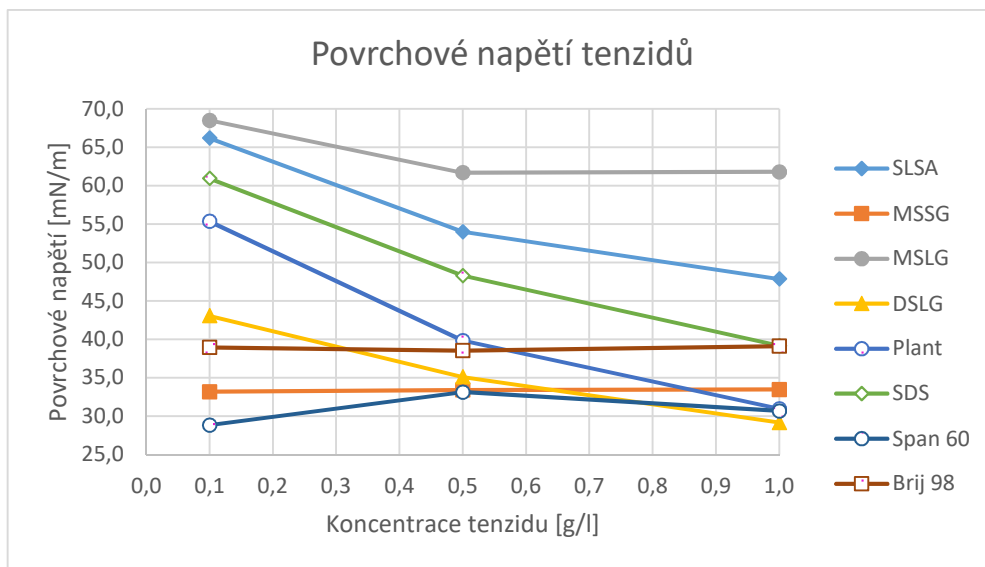
Povrchové napětí roztoků tenzidů při koncentraci 0,5 g/l					
	měř. 1 [mN/m]	měř. 2 [mN/m]	měř. 3 [mN/m]	x [mN/m]	S [mN/m]
SLSA	54,2	53,9	53,9	54,0	0,18
MSSG	33,5	33,4	33,3	33,4	0,12
MSLG	61,8	61,7	61,6	61,7	0,12
DSLГ	35,1	35,1	35,1	35,1	0,00
Plant	39,9	39,9	39,7	39,8	0,12
SDS	48,4	48,3	48,2	48,3	0,12
Span 60	33,4	33,4	32,6	33,1	0,47
Brij 98	38,6	38,5	38,5	38,5	0,06

Tab. 6 – Měření a výpočty hodnot povrchového napětí vodných roztoků tenzidů

Povrchové napětí roztoků tenzidů při koncentraci 0,1 g/l					
	měř. 1 [mN/m]	měř. 2 [mN/m]	měř. 3 [mN/m]	x [mN/m]	S [mN/m]
SLSA	66,2	66,2	66,2	66,2	0,00
MSSG	33,3	33,2	33,0	33,2	0,18
MSLG	68,6	68,5	68,4	68,5	0,12
DSLГ	43,2	43,0	43,0	43,1	0,12
Plant	55,7	55,3	55,1	55,4	0,35
SDS	61,1	60,9	60,8	60,9	0,18
Span 60	29,0	28,8	28,7	28,8	0,18
Brij 98	39,0	38,9	38,9	38,9	0,06

Tab. 7 – Průměry hodnot povrchového napětí vodných roztoků tenzidů dle koncentrace

Průměry povrchového napětí dle koncentrace tenzidů			
	1,0 g/l	0,5 g/l	0,1 g/l
SLSA	47,9	54,0	66,2
MSSG	33,5	33,4	33,2
MSLG	61,8	61,7	68,5
DSLГ	29,2	35,1	43,1
Plant	31,0	39,8	55,4
SDS	39,2	48,3	60,9
Span 60	30,7	33,1	28,8
Brij 98	39,1	38,5	38,9



Obr. 6 – povrchové napětí vodných roztoků tenzidů dle koncentrace

3.2 Měření pH

Pomůcky přístroje:

Přenosný pH/mV metr ELTECA CPH51 s kombinovanou skleněnou elektrodou



Obr. 7 – pH metr ELTECA [19]

Popis metody:

Každý ze 100 ml roztoků tenzidů byl měřen na pH metru, za stálého magnetického míchání po dobu pěti minut, aby bylo možné získat ustálenou hodnotu pH

Tab. 8 – změřené hodnoty pH roztoků tenzidů při koncentraci 1,0 g/l

Měření pH roztoků tenzidů o koncentraci 1,0 g/l			
	pH v t = 1 min	pH v t = 3 min.	pH v t = 5 min.
SLSA	6,4	6,14	5,88
MSSG	8,93	8,9	8,87
MSLG	8,89	8,93	8,93
DSLГ	5,59	5,57	5,57
Plant	9,28	9,28	9,27
SDS	5,58	5,53	5,53
Span 60	5,65	5,7	5,77
Brij 98	4,24	4,39	4,42

4 MĚŘENÍ PĚNIVOSTI TENZIDŮ NA BÁZI AMINOKYSELIN

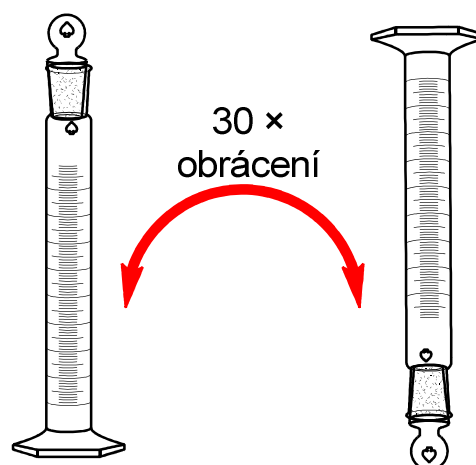
4.1 Metoda obracení válců

Pomůcky:

Odměrné baňky 25 ml, odměrné válce o objemu 50 ml, analytické váhy, pravítko s přesností 1 mm, digitální stopky (aplikace Hodiny od Google LLC).

Popis metody:

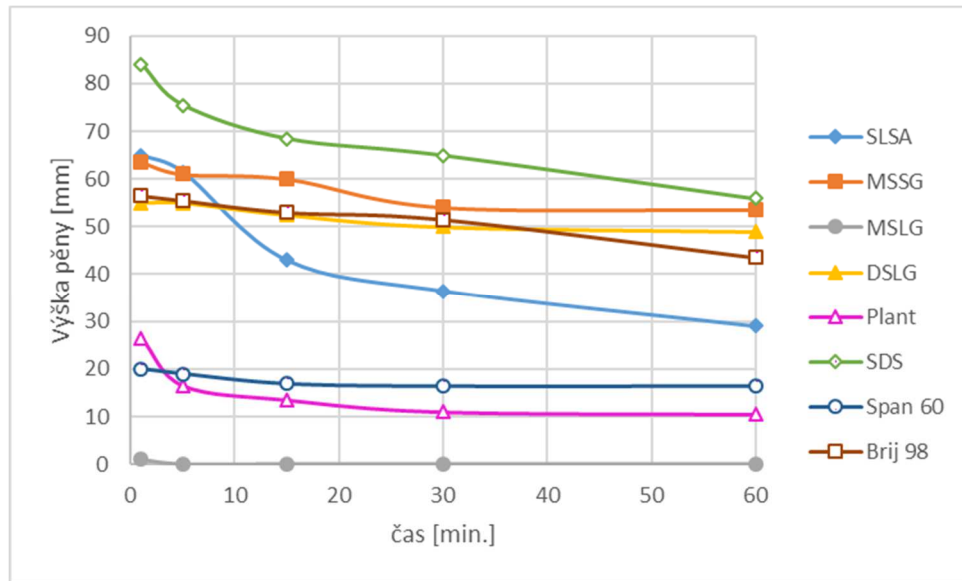
Do odměrných baněk o objemu 25 ml byly připraveny vodné roztoky vybraných tenzidů. Jimi byly následně naplněny odměrné válce. U každého roztoku bylo provedeno 30 obrácení během 30 sekund a byla sledována výška vytvořeného pěnového sloupce v průběhu 60 minut.



Obr. 8 – obracení odměrných válců

Tab. 9 – Průměry a odchylky hodnot výšky pěny metodou obracení válců

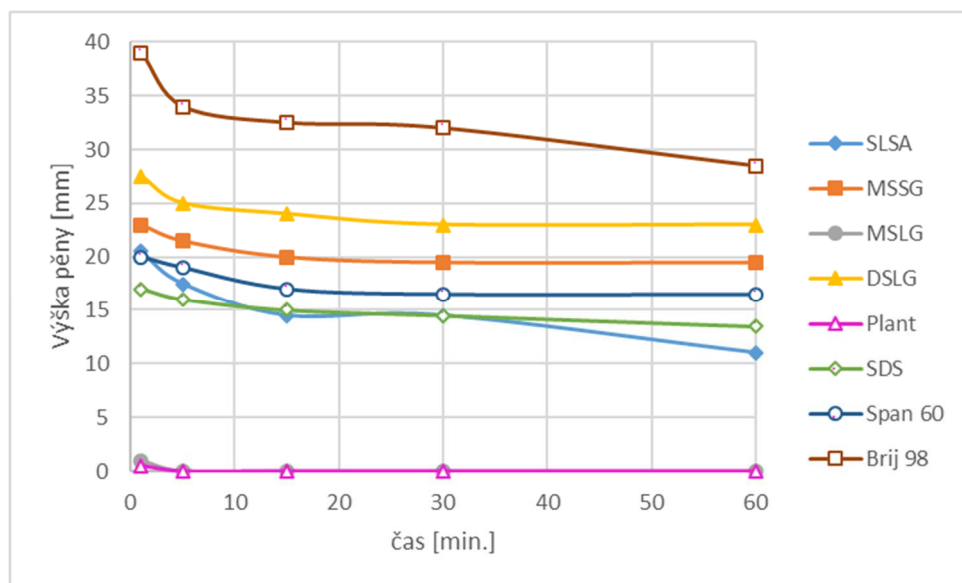
Pěnivost tenzidů metodou obracení válců při koncentraci 1,0 g/l										
	t = 1 minuta		t = 5 minut		t = 15 minut		t = 30 minut		t = 60 minut	
	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]
SLSA	65,0	0,0	61,5	2,7	43,0	5,3	36,5	2,7	29,0	1,8
MSSG	63,5	6,2	61,0	7,1	60,0	7,1	54,0	7,1	53,5	8,0
MSLG	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DSLГ	55,0	0,0	55,0	0,0	52,5	0,9	50,0	3,5	49,0	1,8
Plant	26,5	15,1	16,5	15,1	13,5	11,5	11,0	7,1	10,5	8,0
SDS	84,0	1,8	75,5	2,7	68,5	2,7	65,0	5,3	56,0	5,3
Span 60	20,0	3,5	19,0	1,8	17,0	0,0	16,5	0,9	16,5	0,9
Brij 98	56,5	2,7	55,5	2,7	53,0	5,3	51,5	8,0	43,5	6,2



Obr. 9 – pěnivost tenzidů metodou obracení válců při c = 1 g/l

Tab. 10 – Průměry a odchylky hodnot výšky pěny metodou obracení válců

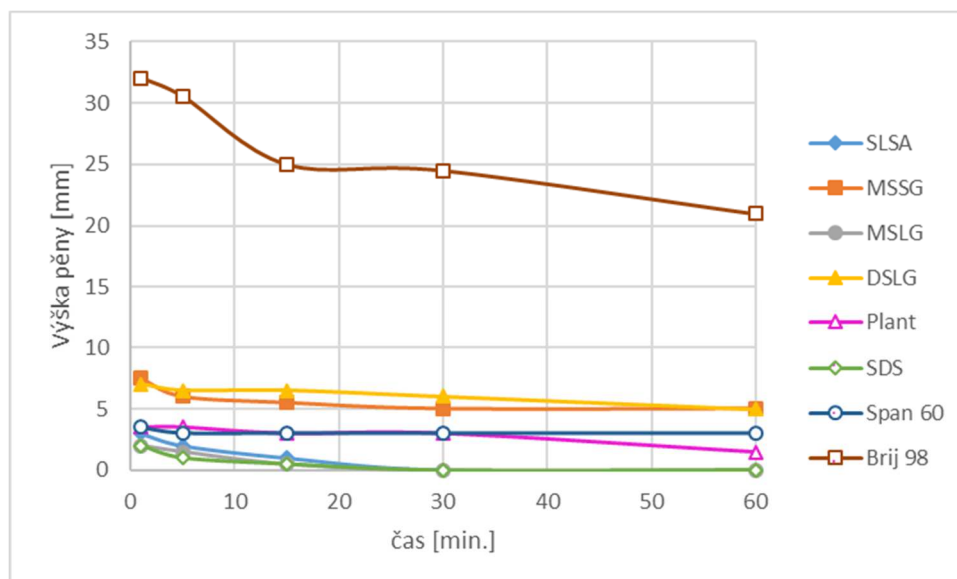
Pěnivost tenzidů metodou obracení válců při koncentraci 0,5 g/l											
	t = 1 minuta		t = 5 minut		t = 15 minut		t = 30 minut		t = 60 minut		
	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	
SLSA	20,5	0,9	17,5	0,9	14,5	4,4	14,5	4,4	11,0	0,0	
MSSG	23,0	1,8	21,5	2,7	20,0	3,5	19,5	2,7	19,5	2,7	
MSLG	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
DSLG	27,5	0,9	25,0	1,8	24,0	1,8	23,0	0,0	23,0	0,0	
Plant	0,5	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
SDS	17,0	0,0	16,0	0,0	15,0	0,0	14,5	0,9	13,5	0,9	
Span 60	10,0	0,0	10,0	0,0	9,5	0,9	9,0	0,0	9,0	0,0	
Brij 98	39,0	1,8	34,0	1,8	32,5	4,4	32,0	3,5	28,5	6,2	



Obr. 10 – pěnivost tenzidů metodou obracení válců při c = 0,5 g/l

Tab. 11 – Průměry a odchyly hodnot výšky pěny metodou obracení válců

Pěnivost tenzidů metodou obracení válců při koncentraci 0,1 g/l										
	t = 1 minuta		t = 5 minut		t = 15 minut		t = 30 minut		t = 60 minut	
	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]
SLSA	3,0	0,0	2,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MSSG	7,5	0,9	6,0	0,0	5,5	0,9	5,0	0,0	5,0	0,0
MSLG	2,0	0,0	1,5	0,9	0,5	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0
DSLГ	7,0	0,0	6,5	0,9	6,5	0,9	6,0	0,0	5,0	0,0
Plant	3,5	2,7	3,5	2,7	3,0	1,8	3,0	1,8	1,5	0,9
SDS	2,0	0,0	1,0	0,0	0,5	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Span 60	3,5	0,9	3,0	0,0	3,0	0,0	3,0	0,0	3,0	0,0
Brij 98	32,0	3,5	30,5	4,4	25,0	8,9	24,5	9,7	21,0	7,1

Obr. 11 – pěnivost tenzidů metodou obracení válců při $c = 0,1$ g/l

Pěna vytvořená touto metodou byla velmi vzdušná, s velkými bublinami. Největší bubliny a nejmenší stabilita pěny byla pozorována u SDS

Celková data k této metodě jsou uvedena v příloze č. 1.

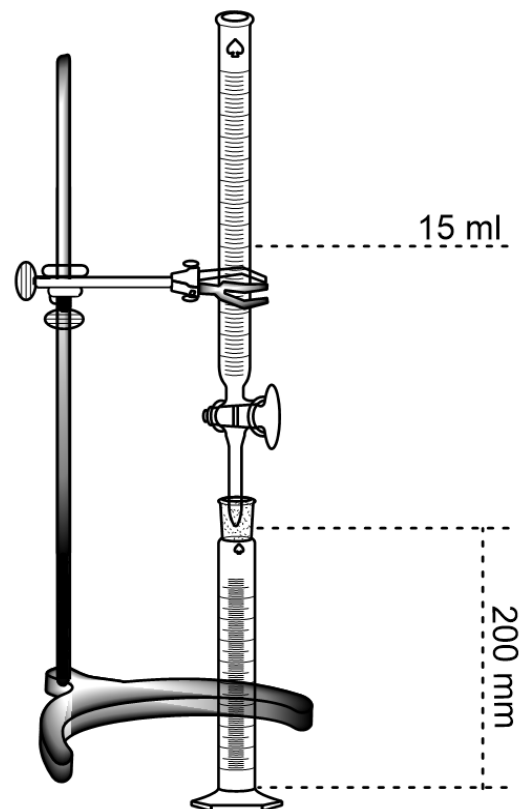
4.2 Ross-Milesova metoda

Pomůcky a přístroje:

Byreta, nebo pipeta o objemu 15 ml, odměrné válce o objemu 50 ml a průměru 20 mm, stojan, pravítko s přesností 1 mm, digitální stopky (aplikace Hodiny od Google LLC)

Popis metody:

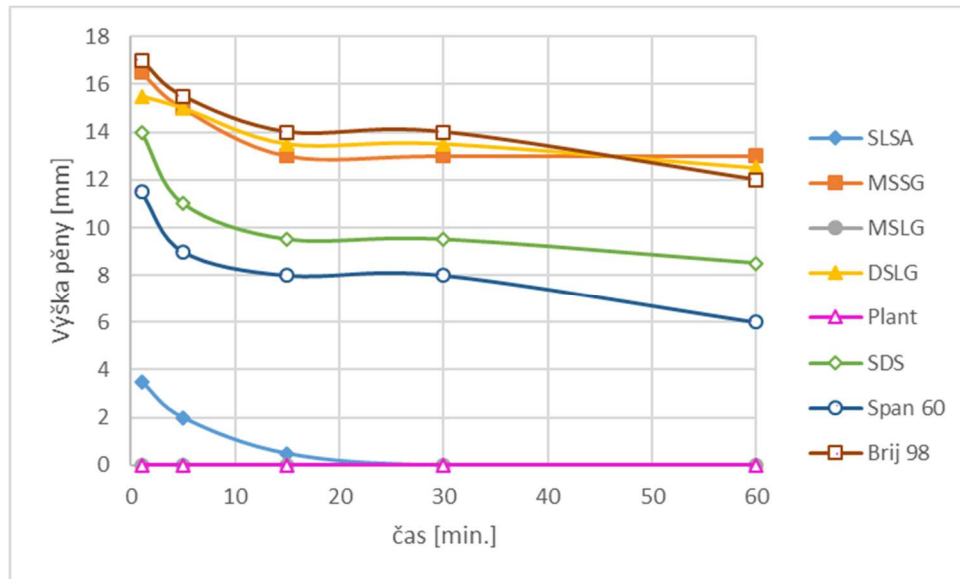
Ústí pipety je na stojanu umístěno ve výšce 20 cm od povrchu pracovního stolu. Pipeta i odměrný válec byly naplněny 15 ml roztoku zkoumaného tenzidu. Poté byl obsah pipety samospádem vypuštěn do odměrného válce a byla sledována výška vytvořeného pěnového sloupce v průběhu 60 minut.



Obr. 12 – Ross-Milesova metoda

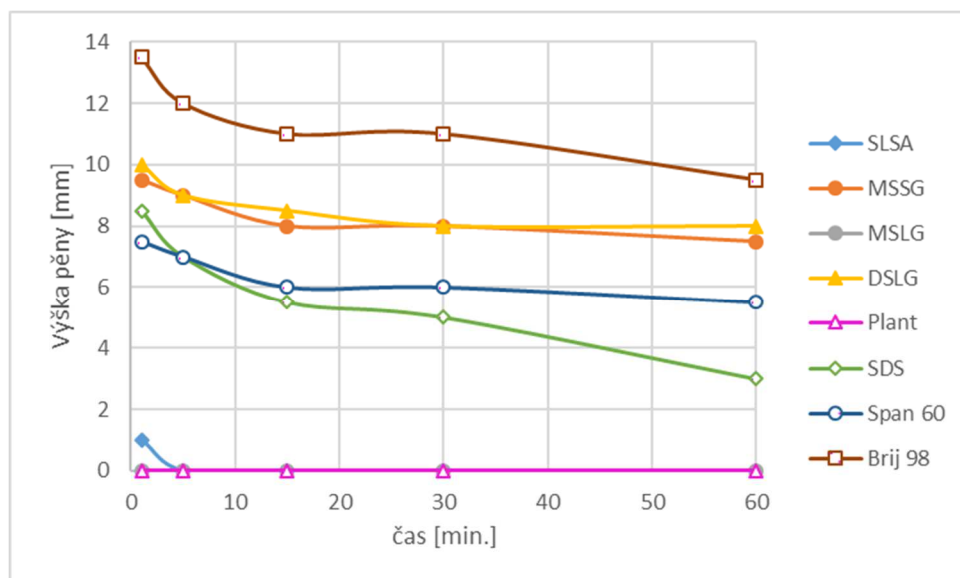
Tab. 12 – Průměry a odchylky hodnot výšky pěny Ross-Miles metodou

Pěnivost tenzidů metodou Ross-Miles při koncentraci 1,0 g/l										
	t = 1 minuta		t = 5 minut		t = 15 minut		t = 30 minut		t = 60 minut	
	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]
SLSA	3,5	0,9	2,0	0,0	0,5	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0
MSSG	16,5	0,9	15,0	1,8	13,0	1,8	13,0	1,8	13,0	1,8
MSLG	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DSLГ	15,5	0,9	15,0	1,8	13,5	2,7	13,5	0,9	12,5	0,9
Plant	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SDS	14,0	3,5	11,0	3,5	9,5	2,7	9,5	2,7	8,5	2,7
Span 60	11,5	2,7	9,0	1,8	8,0	1,8	8,0	1,8	6,0	1,8
Brij 98	17,0	0,0	15,5	0,9	14,0	1,8	14,0	1,8	12,0	1,8


 Obr. 13 – pěnivost tenzidů metodou Ross-Miles při $c = 1 \text{ g/l}$

Tab. 13 – Průměry a odchylky hodnot výšky pěny Ross-Miles metodou

Pěnivost tenzidů metodou Ross-Miles při koncentraci 0,5 g/l											
	t = 1 minuta		t = 5 minut		t = 15 minut		t = 30 minut		t = 60 minut		
	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	
SLSA	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
MSSG	9,5	0,9	9,0	0,0	8,0	0,0	8,0	0,0	7,5	0,9	
MSLG	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
DSLГ	10,0	1,8	9,0	0,0	8,5	0,9	8,0	1,8	8,0	1,8	
Plant	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
SDS	8,5	0,9	7,0	0,0	5,5	0,9	5,0	0,0	3,0	0,0	
Span 60	7,5	0,9	7,0	1,8	6,0	1,8	6,0	1,8	5,5	0,9	
Brij 98	13,5	4,4	12,0	5,3	11,0	5,3	11,0	5,3	9,5	6,2	


 Obr. 14 – pěnivost tenzidů metodou Ross-Miles při $c = 0,5 \text{ g/l}$

Tab. 14 – Průměry a odchylky hodnot výšky pěny Ross-Miles metodou

Pěnivost tenzidů metodou Ross-Miles při koncentraci 0,1 g/l										
	t = 1 minuta		t = 5 minut		t = 15 minut		t = 30 minut		t = 60 minut	
	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]
SLSA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MSSG	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MSLG	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DSLГ	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Plant	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SDS	0,5	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Span 60	4,5	-0,9	4,0	0,0	3,5	-0,9	3,5	-0,9	3,0	0,0
Brij 98	13,0	1,8	11,5	0,9	10,5	0,9	10,5	0,9	10,0	0,0

Při koncentraci 0,1 g/l již většina látek vůbec nepění. Výjimku tvořily pouze neionické tenzidy Span 60 a Brij 98, přičemž Brij dosáhl nejvyšší stabilní výšky pěny 10 mm.

Pěna vytvořená touto metodou byla opět velmi vzdušná, s velkými oky. Ve srovnání s metodou Obracení válců však vytvořila podstatně méně pěny.

Všechna data k této metodě jsou uvedena v příloze č. 2.

4.3 Strojová metoda pění č. 1 – Ultra-Turrax IKA T25

Pomůcky a přístroje:

Stojánek a plastové zkumavky o vnitřním průměru 27 mm a objemu 50 ml, pravítko s přesností 1 mm, digitální stopky (aplikace Hodiny od Google LLC), přístroj Ultra-Turrax IKA T25 s nástavcem S25N-18G



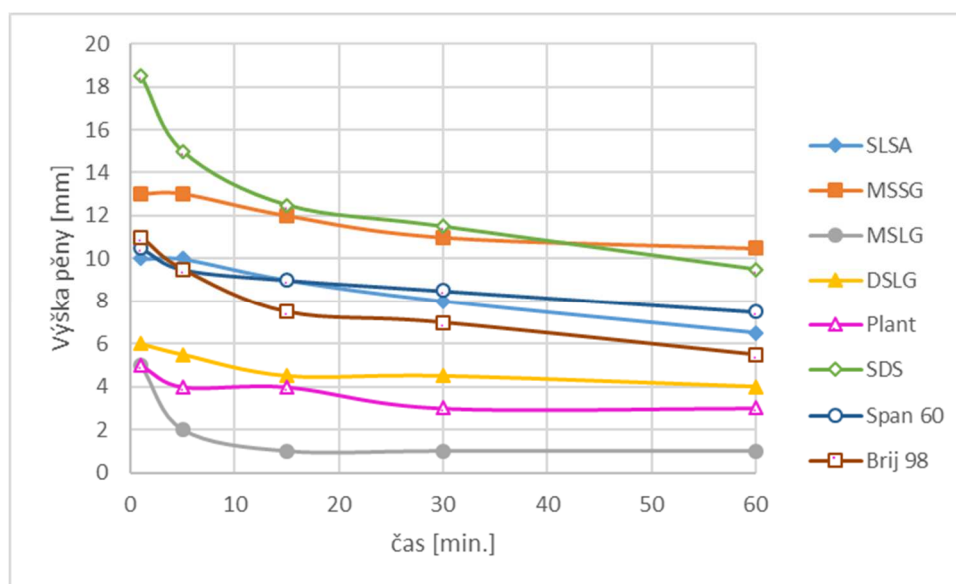
Obr. 15 – IKA T25 [20]

Popis metody:

Plastové zkumavky byly naplněny 17,5 ml roztoku tenzidů, přístroj byl nastaven na 8000 ot./min. a ponechán 1 minutu v chodu. Poté byla sledována výška vytvořeného pěnového sloupce v průběhu 60 minut.

Tab. 15 – Průměry a odchyly hodnot výšky pěny strojovou metodou č. 1

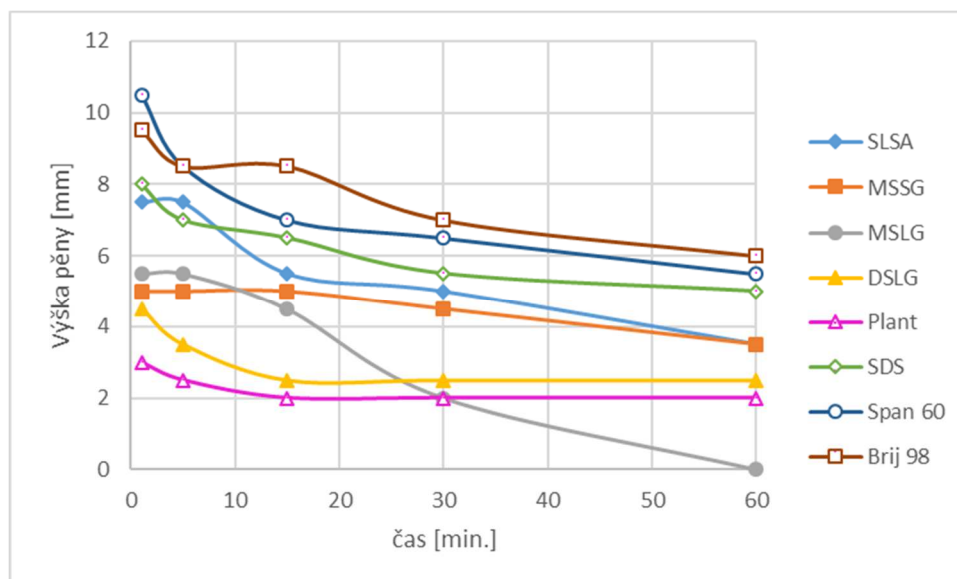
Pěnovost tenzidů strojovou metodou při koncentraci 1,0 g/l, 8000 ot./min. a 60 s. šlehání										
	t = 1 minuta		t = 5 minut		t = 15 minut		t = 30 minut		t = 60 minut	
	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]
SLSA	10,0	1,8	10,0	1,8	9,0	1,8	8,0	1,8	6,5	0,9
MSSG	13,0	1,8	13,0	1,8	12,0	1,8	11,0	1,8	10,5	0,9
MSLG	5,0	0,0	2,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0
DSLГ	6,0	1,8	5,5	0,9	4,5	0,9	4,5	0,9	4,0	1,8
Plant	5,0	1,8	4,0	1,8	4,0	1,8	3,0	1,8	3,0	1,8
SDS	18,5	0,9	15,0	1,8	12,5	2,7	11,5	2,7	9,5	2,7
Span 60	10,5	2,7	9,5	2,7	9,0	3,5	8,5	2,7	7,5	2,7
Brij 98	11,0	0,0	9,5	0,9	7,5	0,9	7,0	0,0	5,5	0,9



Obr. 16 – pěnovost tenzidů strojovou metodou č. 1 při c = 1,0 g/l

Tab. 16 – Průměry a odchytky hodnot výšky pěny strojovou metodou č. 1

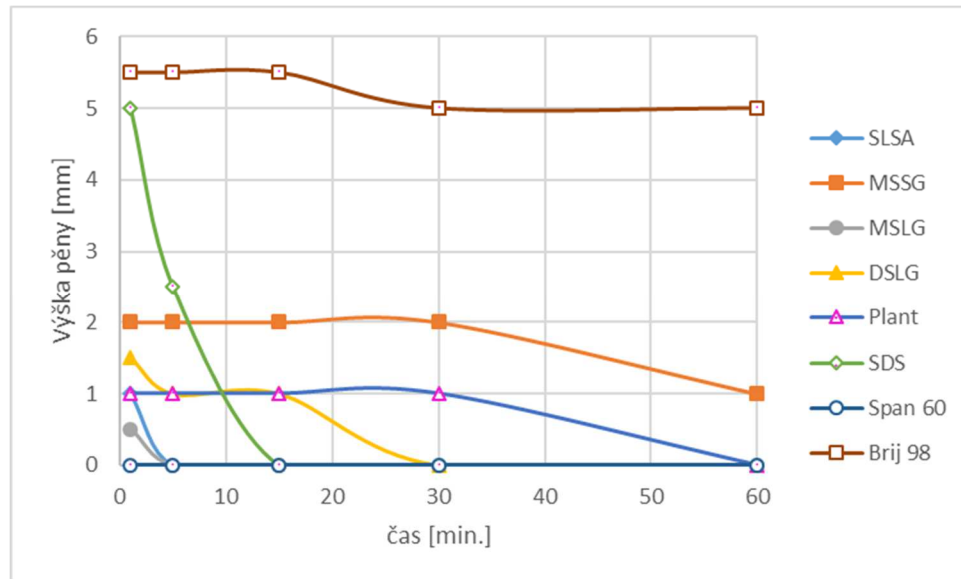
Pěnovost tenzidů strojovou metodou při koncentraci 0,5 g/l, 8000 ot./min. a 60 s. šlehání										
	t = 1 minuta		t = 5 minut		t = 15 minut		t = 30 minut		t = 60 minut	
	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]
SLSA	7,5	0,9	7,5	0,9	5,5	0,9	5,0	0,0	3,5	0,9
MSSG	5,0	0,0	5,0	0,0	5,0	0,0	4,5	0,9	3,5	0,9
MSLG	5,5	0,9	5,5	0,9	4,5	0,9	2,0	0,0	0,0	0,0
DSLГ	4,5	0,9	3,5	0,9	2,5	0,9	2,5	0,9	2,5	0,9
Plant	3,0	0,0	2,5	0,9	2,0	0,0	2,0	0,0	2,0	0,0
SDS	8,0	0,0	7,0	0,0	6,5	0,9	5,5	0,9	5,0	0,0
Span 60	10,5	2,7	8,5	2,7	7,0	1,8	6,5	0,9	5,5	0,9
Brij 98	9,5	0,9	8,5	0,9	8,5	0,9	7,0	1,8	6,0	1,8



Obr. 17 – pěnovost tenzidů strojovou metodou č. 1 při c = 0,5 g/l

Tab. 17 – Průměry a odchytky hodnot výšky pěny strojovou metodou č. 1

Pěnovost tenzidů strojovou metodou při koncentraci 0,1 g/l, 8000 ot./min. a 60 s. šlehání										
	t = 1 minuta		t = 5 minut		t = 15 minut		t = 30 minut		t = 60 minut	
	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]
SLSA	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MSSG	2,0	0,0	2,0	0,0	2,0	0,0	2,0	0,0	1,0	0,0
MSLG	0,5	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DSLГ	1,5	0,9	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Plant	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
SDS	5,0	0,0	2,5	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Span 60	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Brij 98	5,5	0,9	5,5	0,9	5,5	0,9	5,0	0,0	5,0	0,0



Obr. 18 – pěnovost tenzidů strojovou metodou č. 1 při $c = 0,1$ g/l

Pěna vytvořená touto metodou byla velmi vzdušná, s velkými oky. Největší oka a nejmenší stabilita pěny byla pozorována u SDS.

4.4 Strojová metoda pění č. 2 – Míchadlo Heidolph RZR 2020

Pomůcky a přístroje:

Kádinky o objemu 150 ml, průměru dna 47 mm, průměru hrdla 50 mm; míchadlo Heidolph RZR 2020 s nástavcem na výrobu emulgovaných tuků TR20, pravítko s přesností 1 mm, digitální stopky (aplikace Hodiny od Google LLC)



Obr. 19 – Heidolph RZR 2020 + TR20 [21]

Popis metody:

Kádinky byly naplněny 50 ml roztoků tenzidů. Míchadlo s kotvou TR 20 bylo nastaveno na 2000 ot./min. a ponecháno v činnosti 1 minutu. Poté byla sledována výška vytvořeného pěnového sloupce v průběhu 60 minut.



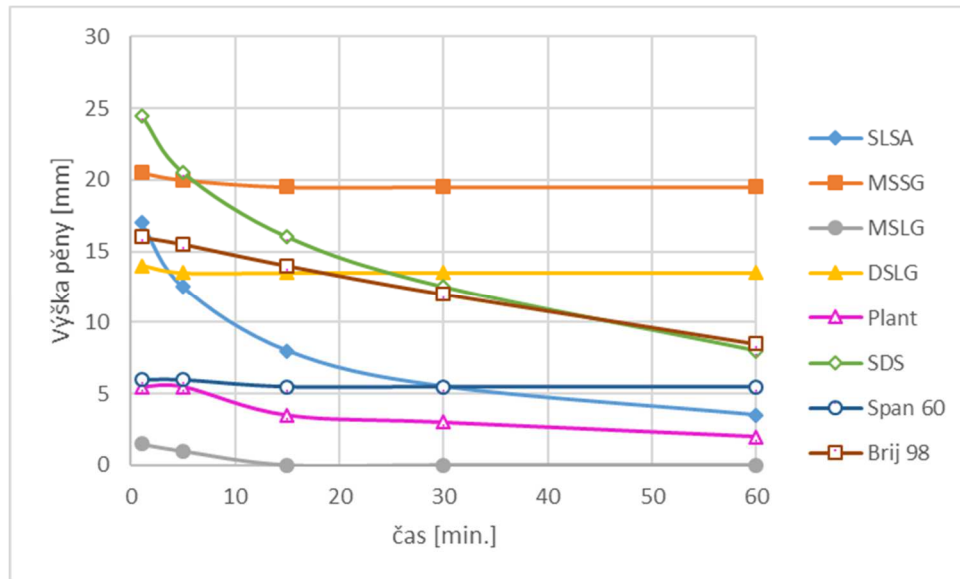
Obr. 20 – proudění kolem nástavce TR 20



Obr. 21 – Nástavec PR 30 [21]

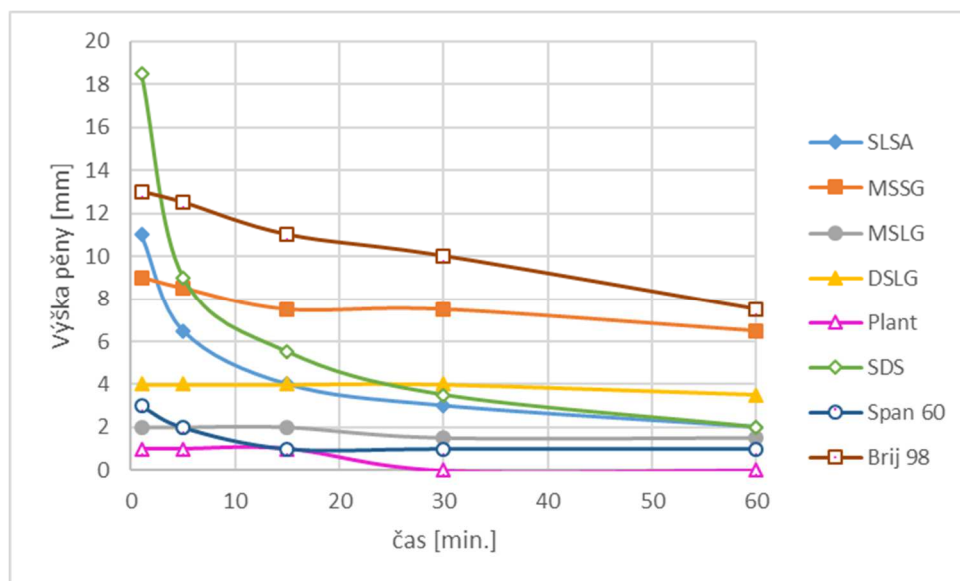
Tab. 18 – Průměry a odchyly hodnot výšky pěny strojovou metodou č. 2

Pěnivost tenzidů strojovou metodou 2 při koncentraci 1,0 g/l, 2000 ot./min. a 60 s. šlehání											
	t = 1 minuta		t = 5 minut		t = 15 minut		t = 30 minut		t = 60 minut		
	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	
SLSA	17,0	3,5	12,5	0,9	8,0	1,8	5,5	0,9	3,5	0,9	
MSSG	20,5	2,7	20,0	3,5	19,5	2,7	19,5	2,7	19,5	2,7	
MSLG	1,5	0,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
DSLГ	14,0	3,5	13,5	2,7	13,5	2,7	13,5	2,7	13,5	2,7	
Plant	5,5	0,9	5,5	0,9	3,5	0,9	3,0	0,0	2,0	0,0	
SDS	24,5	4,4	20,5	6,2	16,0	7,1	12,5	4,4	8,0	1,8	
Span 60	6,0	1,8	6,0	1,8	5,5	0,9	5,5	0,9	5,5	0,9	
Brij 98	16,0	0,0	15,5	0,9	14,0	0,0	12,0	0,0	8,5	0,9	


 Obr. 22 – pěnovost tenzidů strojovou metodou č. 2 při $c = 1,0$ g/l

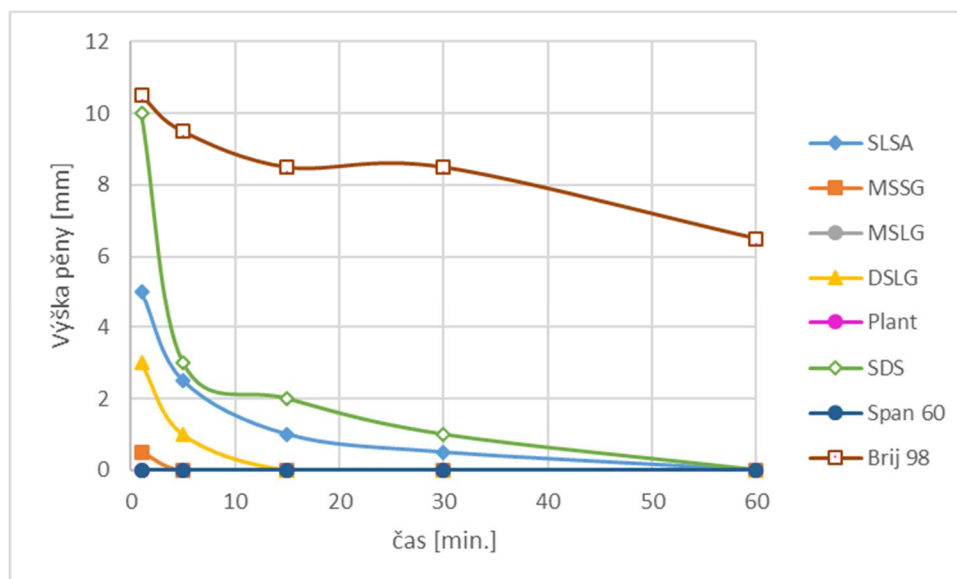
Tab. 19 – Průměry a odchylky hodnot výšky pěny strojovou metodou č. 2

Pěnovost tenzidů strojovou metodou 2 při koncentraci 0,5 g/l, 2000 ot./min. a 60 s. šlehání											
	t = 1 minuta		t = 5 minut		t = 15 minut		t = 30 minut		t = 60 minut		
	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	
SLSA	11,0	0,0	6,5	0,9	4,0	0,0	3,0	0,0	2,0	0,0	
MSSG	9,0	1,8	8,5	0,9	7,5	0,9	7,5	0,9	6,5	0,9	
MSLG	2,0	0,0	2,0	0,0	2,0	0,0	1,5	0,9	1,5	0,9	
DSLG	4,0	0,0	4,0	1,8	4,0	1,8	4,0	1,8	3,5	0,9	
Plant	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
SDS	18,5	6,2	9,0	1,8	5,5	0,9	3,5	0,9	2,0	0,0	
Span 60	3,0	0,0	2,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	
Brij 98	13,0	1,8	12,5	0,9	11,0	1,8	10,0	1,8	7,5	2,7	


 Obr. 23 – pěnovost tenzidů strojovou metodou č. 2 při $c = 0,5$ g/l

Tab. 20 – Průměry a odchyly hodnot výšky pěny strojovou metodou č. 2

Pěnivost tenzidů strojovou metodou 2 při koncentraci 0,1 g/l, 2000 ot./min. a 60 s. šlehání										
	t = 1 minuta		t = 5 minut		t = 15 minut		t = 30 minut		t = 60 minut	
	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]	x [mm]	S [mm]
SLSA	5,0	0,0	2,5	0,9	1,0	0,0	0,5	0,9	0,0	0,0
MSSG	0,5	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MSLG	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DSLГ	3,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Plant	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SDS	10,0	0,0	3,0	0,0	2,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
Span 60	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Brij 98	10,5	0,9	9,5	0,9	8,5	0,9	8,5	0,9	6,5	0,9



Obr. 24 – pěnivost tenzidů strojovou metodou č. 2 při c = 0,1 g/l

Tato metoda byla zkoušena též i s nástavcem PR 30, avšak kvůli problémům s přípravou pěny (na 1050 otáčkách se pěna netvořila, při 1350 ot./min. již roztok vystříkával), bylo od sledování pěny vytvořené tímto nástavcem upuštěno.

5 DISKUZE VÝSLEDKŮ

Lauroylsarkosinát sodný (SLSA) – anionický tenzid. Vykazuje relativně vysokou pěnovost. Nejvíce napěnil u metody obracení válců a u RZR 2020. Jeho pěna je vzdušná s velkými bublinami. Má krátkou stabilitu a zároveň s rostoucí koncentrací poměrně efektivně snižuje PN (47,9 mN/m při 1 g/l) a má kyselé pH v oblasti hodnot 5–6. Jako nejvhodnější použití pro tuto látku se jeví mýdla a tělové šampony kde je vhodným kosurfaktantem synergickým k ostatním anionickým tenzidům u nichž má schopnost snížit jejich dráždivé účinky.

Stearoylglutamát sodný (MSSG) – je nejvíce pěnivý tenzid ze skupiny vybraných tenzidů na bázi aminokyselin. Jeho pěna je jemná s malými bublinami a vysoce stabilní (v laboratoři vydržela i týden) a zároveň již ve velmi malých koncentracích (0,1 g/l) velmi účinně snižuje PN vodného roztoku (33 mN/m). Avšak s rostoucí koncentrací PN zůstává téměř stejné. Má mírně zásadité pH v hodnotách 8,5–9,0. Může být účinný v odstraňování nečinnosti a vhodný do kosmetických přípravků k osobní hygieně (obzvláště pěn do koupele) a také i do prostředků k ručnímu mytí. Jeho vyšší pH však může vést k podráždění pokožky. Bylo by vhodné posoudit do budoucna jeho dráždivost k pokožce a chování v mírně kyselém prostředí kolem pH 5–6.

Lauroylglutamát sodný (MSLG) – je nejméně pěnivým ze všech zkoumaných tenzidů (u všech metod) s nejmenší stabilitou pěny a zároveň také nejméně (ve zkoumaných hmotnostních koncentracích) snižuje povrchové napětí (na pouhých 62 mN/m). Zda povrchové napětí snižuje více ve vyšších koncentracích a jak je ovlivněn tvrdostí vody, by mohlo být tématem dalšího výzkumu. Avšak jeho použití coby detergentu se jeví jako ekonomicky nevýhodné. Má zásadité pH v oblasti kolem hodnoty 9. Jako nejvhodnější použití pro tuto látku připadají prací prostředky, kde není vhodná velká pěnovost.

Lauroylglutamát disodný (DSLGS) – Je druhým nejvíce pěnivým tenzidem ze skupiny na bázi AMK (u některých metod pěnovosti plně srovnatelným s MSSG) a jeho pěna je drobná, jemná a velmi stabilní. Zároveň také účinně s rostoucí koncentrací snižuje povrchové napětí (až na 29 mN/m při koncentraci 1,0 g/l). Má kyselé pH v oblasti kolem 5,5, neměl by tedy příliš dráždit lidskou pokožku. Jako ideální využití se jeví tělové a vlasové šampony a dětská oplachová kosmetika, kde je u některých výrobků již využíván.

Cocoylglutamát disodný (Plant, Plantapon ACG-LC) – Je málo pěnivá směs tenzidů vyrobená z kokosového oleje. Pěna vytvořená vodným roztokem směsi, má velmi krátkou stabilitu a rychle se rozpadá. U směsi bylo rovněž pozorováno účinné snížení povrchového napětí s rostoucí koncentrací směsi ve vodném roztoku (až na 31 mN/m při 1,0 g/l). Směs má nejvíce zásadité pH ze všech zkoumaných látek (pohybuje se kolem 9,3). Ve srovnání s čistší látkou (DSL_G) je zarážející rozdíl v pH látky a směsi. Jako vhodné použití této směsi se jeví tekutá mýdla a prací prostředky, kde může tvořit vhodný doplněk k dalším tenzidům.

Dodecylsulfát sodný (SDS) – Je známý svou kožní dráždivostí, proto jeho využití ustupuje ethoxylované formě této molekuly. Samotné SDS se dále používá jako srovnávací standard a stejně je tomu i v této práci. U všech metod vytvářel velké množství vzdušné pěny, s velkými bublinami, která se však rychle rozpadala (pokles výšky pěny byl nejrychlejší ze všech měřených tenzidů). Jeho schopnost snižovat povrchové napětí rostla s rostoucí koncentrací, avšak byla nižší než u většiny zkoumaných tenzidů na bázi AMK (39 mN/m při 1,0 g/l).

Sorbitan Monostearát (SPAN 60) – je neionický tenzid na cukerné bázi s acylem kyseliny stearové. Ve zkoumaných hmotnostních koncentracích (0,1–1,0 g/l) bylo ze zákalu roztoku patrné, že se velmi špatně rozpouští a tudíž je v nadbytku. Jedná se o mírně pěnivý tenzid, s jemnou pozvolna se rozpadající pěnou a již při nízké koncentraci (0,1 g/l) velmi účinně snižuje povrchové napětí (kolem 30 mN/m). S dále rostoucí koncentrací v roztoku se však jeho účinnost na snížení povrchového napětí výrazně nemění. Vytváří kyselé roztoky s pH mezi 5,5–6,0. Jako vhodné použití se nabízí tekutá mýdla, dále pak mycí a prací prostředky, kde jeho velmi malá spotřeba ekonomicky výhodná.

Polyoxyethylen (20) oleyl ether (BRIJ 98) – je neionický tenzid s velmi vysokou a stabilní pěnivostí a dobrou schopností snižovat povrchové napětí (39 mN/m při 1,0 g/l). Pěnil výborně při použití jakékoli metody a vytvářel jemnou velmi hustou pěnu. Je nejkyselejším ze všech zkoumaných tenzidů s pH kolem hodnoty 4,4. Jako jeho vhodné využití se opět nabízí oplachová kosmetika, kde je plusem i jeho teoreticky nízká dráždivost.

6 ZÁVĚR

Ke změření pěnivosti byla vybrána skupina pěti k lidské pokožce jemných tenzidů a čtyři metody měření pěnivosti. Jako nejučinnější (nejvíce vytvořené pěny) metoda ke tvorbě pěny a srovnávání její stability se projevila metoda obracení válců, následována přístrojovou metodou č. 2 na míchadle Heidolph RZR 2020 s kotvou TR20. Naopak u metody Ross-Miles většina vybraných tenzidů pěnila velmi málo, anebo vůbec.

Lauroylsarkosinát sodný (SLSA) – vykazuje relativně vysokou pěnivost. Jeho pěna má krátkou životnost a zároveň poměrně efektivně snižuje PN a má slabě kyselé pH.

Stearoylglutamát sodný (MSSG) – je nejvíce pěnivý tenzid ze skupiny vybraných tenzidů na bázi AMK. Pěna má velmi dlouhou stabilitu a již při koncentraci 0,1 g/l velmi účinně snižuje PN (33 mN/m) vodného roztoku. Má zásadité pH v hodnotách 8,5–9,0.

Lauroylglutamát sodný (MSLG) – nejméně pěnivý s nejrychlejším rozpadem pěny ze všech zkoumaných tenzidů (u všech metod) a zároveň také nejméně snižuje povrchové napětí (změřené min. 62mN/m). Má zásadité pH v oblasti kolem hodnoty 9.

Lauroylglutamát disodný (DSLJG) – je výrazně pěnivým tenzidem ze skupiny na bázi aminokyselin a jeho pěna je velmi stabilní. Zároveň také nejučinněji s rostoucí koncentrací snižuje povrchové napětí (až na 29 mN/m). Má kyselé pH v oblasti kolem 5,5.

Cocoylglutamát disodný (Plantapon ACG-LC) – Málo pěnivá směs tenzidů. Pěna se rychle rozpadá. Směs účinně snižuje povrchového napětí s rostoucí koncentrací v roztoku a má nejzásaditější pH ze všech zkoumaných látek (cca 9,3).

Dodecylsulfát sodný (SDS) – Srovnávací standard. Vytvářel velké množství pěny, s velkými bublinami, která se však rychle rozpadala. Snižuje povrchové napětí s rostoucí koncentrací avšak méně než u většiny zkoumaných tenzidů na bázi AMK.

Sorbitan Monostearát (SPAN 60) – je neionický standard, špatně rozpustný. Mírně pěnivý tenzid, s pozvolna se rozpadající pěnou a již při nízké koncentraci (0,1 g/l) velmi účinně snižuje PN na hodnotu cca. 30 mN/m. S rostoucí koncentrací v roztoku se jeho účinnost na snížení povrchového napětí výrazně nemění. Vytváří kyselé roztoky s pH mezi 5,5–6,0.

Polyoxyethylen (20) oleyl ether (BRIJ 98) – Neionický tenzid s velmi vysokou a stabilní pěnivostí a dobrou schopností snižovat povrchové napětí (39 mN/m při 1,0 g/l). Je nejkyselějším ze všech zkoumaných tenzidů s pH kolem hodnoty 4,4.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] NNANNA, Ifendu A. a Xia JIDING, *Protein-Based Surfactants: Synthesis, Physicochemical Properties, and Applications*, Marcel Decker Inc. 2001, New York, USA ISBN: 0-8247-0004-X
- [2] CARTWRIGHT, N. J., *Serratamic acid, a derivative of L-serine produced by organisms of the Serratia group*, *Biochemical Journal* Jun 1955, 60 (2) 238-242; DOI: 10.1042/bj0600238
- [3] CARTWRIGHT, N. J. “*The Structure of Serratamic Acid.*” *Biochemical Journal* 67.4 (1957): 663–669. Print.
- [4] FARN, Richard J., *Chemistry and Technology of Surfactants*, Blackwell Publishing Ltd, 2006, Oxford, UK. ISBN: 978-14051-2696-0
- [5] SEDLAŘÍKOVÁ, Jana, Ing. Ph. D. – *Chemie a technologie tenzidů II* (výukový text) Projekt operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost – registrační číslo: CZ.1.07./2.2.00/28.0132 [online] [cit. 15.5.2018] Dostupné z: <http://kosmetika.ft.utb.cz/EntityDisplayTab.aspx?id=5>
- [6] SHOWELL, Michael S., *Handbook of detergents*. Boca Raton, FL: Taylor & Francis, 2006. ISBN 0824703502
- [7] *Tuky a oleje pro potravinářské využití – distanční text*, Projekt OP RLZ Opatření 3.2-0309, UTB 2008, Zlín
- [8] KLEIN, Ken, *Evaluating Shampoo Foam*. *Cosmetics & Toiletries magazine* vol. 119, č. 10/2004, str. 32 – 35
- [9] ASTM D1173 – 07 (Reapproved 2015): *Standard Test Method for Foaming Properties of Surface-Active Agents*. J. Ross, G. D. Miles: An Apparatus for Comparison of Foaming Properties of Soaps and Detergents, *Oil & Soap*, May 1941, P. 99-102
- [10] KREJČÍ, Jiří, Ing. CSc., *Kosmetické přísady a prostředky – Laboratorní návody – metody Henkel*, Ross-Miles Projekt operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost – registrační číslo: CZ.1.07./2.2.00/28.0132 [online] Dostupné z: <http://kosmetika.ft.utb.cz/EntityDisplayTab.aspx?id=24>
- [11] MEYERS, Drew – *Surfactant Science and Technology*, 3rd edition, 2005, John Wiley & Sons, Inc., ISBN: 978-0-4716-8024-6, DOI: 10.1002/047174607X

- [12] Home - SpecialChem. *Home - SpecialChem* [online]. Copyright © SpecialChem 2017, [cit. 15.12.2017]. Dostupné z: <https://www.specialchem.com/text>
- [13] *The PubChem Project* [online]. [cit. 15.12.2017] Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>
- [14] ROSEN M. J. *Surfactants and Interfacial Phenomena*. Hoboken, Wiley-Interscience, 2004, ISBN 04-714-7818-0
- [15] PUGH R. J. *Bubble and Foam Chemistry*, Cambridge University Press, 2016, ISBN 978-110-7090-576, DOI: 10.1017/CBO9781316106938
- [16] WIKIMEDIA COMMONS – File:Betaine Formula V.1.svg [online]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Betaine_Formula_V.1.svg
- [17] Dynamic Foam Analyzer – DFA100: Scientific analysis of liquid foams. In: *Krüß Scientific* [online]. Hamburg, Germany: KRÜSS, 2018 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://www.kruss-scientific.com/products/foam-analysis/dfa100/dynamic-foam-analyzer-dfa100/>
- [18] Force Tensiometer – K20: The flexible tensiometer for basic quality assurance. In: *Krüß Scientific* [online]. Hamburg, Germany: KRÜSS, 2018 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://www.kruss-scientific.com/products/tensiometers/force-tensiometer-k20/>
- [19] ELTECA CPH51, CPH52 pH/mV metr. In: *ELTECA® - přístroje se zlatou medailí* [online]. Turnov, Czech Republic: ELTECA® Ing. Zdeněk Jursík, 2015 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://www.elteca.webpark.cz/pHmetry/E51.HTM>
- [20] IKA® Ultra-Turrax® T25 Digital Homogenizer. In: Total Pharmacy Supplies [online]. Staufen, Germany: IKA®-Werke GmbH & Co., 2012 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://www.totalpharmacysupply.com/ika-reg-ultra-turrax-reg-t25-digital-homogenizer.html>
- [21] Hei-TORQUE-Overhead-Stirrers-Catalog In: *Heidolph-instruments.com* [online]. Schwabach, Germany: Heidolph Instruments GmbH, 2018 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://heidolph-instruments.com/Documents/Catalogs/EN/Hei-TORQUE-Overhead-Stirrers-Catalog.pdf>
- [22] RUDOLF, ONDŘEJ, Ing., *Chemie a technologie tuků I. – Úloha 2: Fyzikální konstanty tuků* (laboratorní návod), UTB, 2017. Zlín

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AMK	α -aminokyseliny
BRIJ 98	Polyoxyethylen (20) oleyether
DSLГ	Lauroylglutamát disodný
K_n	Dean-Dixonův koeficient směrodatné odchylky
KP	Kosmetický produkt (výrobek)
LAMK	Lipoaminokyseliny
M	Molární hmotnost
min.	minuta
MK	Mastné kyseliny
MSLG	Lauroylglutamát sodný
MSSG	Stearoylglutamát sodný
ot.	otáčka
PAL	Povrchově aktivní látky
PLANT	Plantapon AGC-LC – Cocoyl glutamát disodný
PN	Povrchové napětí
S	Směrodatná odchylka dle Dean-Dixona
s.	sekunda
SDS	Dodecylsíran sodný
SLSA	Lauroylsarkosinát sodný
SPAN 60	Sorbitan monostearát
x	Aritmetický průměr

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 – Betain</i>	11
<i>Obr. 2 – Serratamová kyselina</i>	12
<i>Obr. 3 – Krüss DFA 100</i>	24
<i>Obr. 4 – Krüss K20 Easydyne</i>	28
<i>Obr. 5 – povrchové napětí roztoků při koncentraci 1,0 g/l</i>	28
<i>Obr. 6 – povrchové napětí vodných roztoků tenzidů dle koncentrace</i>	30
<i>Obr. 7 – pH metr ELTECA</i>	30
<i>Obr. 8 – obracení odměrných válců</i>	31
<i>Obr. 9 – pěnivost tenzidů metodou obracení válců při $c = 1$ g/l</i>	32
<i>Obr. 10 – pěnivost tenzidů metodou obracení válců při $c = 0,5$ g/l</i>	32
<i>Obr. 11 – pěnivost tenzidů metodou obracení válců při $c = 0,1$ g/l</i>	33
<i>Obr. 12 – Ross-Milesova metoda</i>	34
<i>Obr. 13 – pěnivost tenzidů metodou Ross-Miles při $c = 1$ g/l</i>	35
<i>Obr. 14 – pěnivost tenzidů metodou Ross-Miles při $c = 0,5$ g/l</i>	35
<i>Obr. 15 – IKA T25</i>	37
<i>Obr. 16 – pěnivost tenzidů strojovou metodou č. 1 při $c = 1,0$ g/l</i>	37
<i>Obr. 17 – pěnivost tenzidů strojovou metodou č. 1 při $c = 0,5$ g/l</i>	38
<i>Obr. 18 – pěnivost tenzidů strojovou metodou č. 1 při $c = 0,1$ g/l</i>	39
<i>Obr. 19 – Heidolph RZR 2020 + TR20</i>	40
<i>Obr. 20 – proudění kolem nástavce TR 20</i>	40
<i>Obr. 21 – Nástavec PR 30</i>	40
<i>Obr. 22 – pěnivost tenzidů strojovou metodou č. 2 při $c = 1,0$ g/l</i>	41
<i>Obr. 23 – pěnivost tenzidů strojovou metodou č. 2 při $c = 0,5$ g/l</i>	41
<i>Obr. 24 – pěnivost tenzidů strojovou metodou č. 2 při $c = 0,1$ g/l</i>	42

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 – Typické kyselinové složení oleje z kokosové palmy [7]</i>	<i>14</i>
<i>Tab. 2 – Povrchově aktivní látky/směsi látek vybrané k hodnocení</i>	<i>26</i>
<i>Tab. 3 – Tabulka přepočtů hmotnostních koncentrací na molární koncentraci</i>	<i>26</i>
<i>Tab. 4 – Měření a výpočty hodnot povrchového napětí vodných roztoků tenzidů</i>	<i>28</i>
<i>Tab. 5 – Měření a výpočty hodnot povrchového napětí vodných roztoků tenzidů</i>	<i>29</i>
<i>Tab. 6 – Měření a výpočty hodnot povrchového napětí vodných roztoků tenzidů</i>	<i>29</i>
<i>Tab. 7 – Průměry hodnot povrchového napětí vodných roztoků tenzidů dle koncentrace</i>	<i>29</i>
<i>Tab. 8 – změřené hodnoty pH roztoků tenzidů při koncentraci 1,0 g/l</i>	<i>30</i>
<i>Tab. 9 – Průměry a odchylky hodnot výšky pěny metodou obracení válců</i>	<i>31</i>
<i>Tab. 10 – Průměry a odchylky hodnot výšky pěny metodou obracení válců</i>	<i>32</i>
<i>Tab. 11 – Průměry a odchylky hodnot výšky pěny metodou obracení válců</i>	<i>33</i>
<i>Tab. 12 – Průměry a odchylky hodnot výšky pěny Ross-Miles metodou</i>	<i>34</i>
<i>Tab. 13 – Průměry a odchylky hodnot výšky pěny Ross-Miles metodou</i>	<i>35</i>
<i>Tab. 14 – Průměry a odchylky hodnot výšky pěny Ross-Miles metodou</i>	<i>36</i>
<i>Tab. 15 – Průměry a odchylky hodnot výšky pěny strojovou metodou č. 1</i>	<i>37</i>
<i>Tab. 16 – Průměry a odchylky hodnot výšky pěny strojovou metodou č. 1</i>	<i>38</i>
<i>Tab. 17 – Průměry a odchylky hodnot výšky pěny strojovou metodou č. 1</i>	<i>38</i>
<i>Tab. 18 – Průměry a odchylky hodnot výšky pěny strojovou metodou č. 2</i>	<i>40</i>
<i>Tab. 19 – Průměry a odchylky hodnot výšky pěny strojovou metodou č. 2</i>	<i>41</i>
<i>Tab. 20 – Průměry a odchylky hodnot výšky pěny strojovou metodou č. 2</i>	<i>42</i>

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA 1: METODA OBRACENÍ VÁLCŮ.....	52
PŘÍLOHA 2: PĚNIVOST METODOU DLE ROSS-MILESE	54
PŘÍLOHA 3: PĚNIVOST PŘÍSTROJEM Č. 1 – ULTRA-TURRAX IKA T25	56
PŘÍLOHA 4: PĚNIVOST PŘÍSTROJEM Č. 2 – HEIDOLPH RZR 2020 + TR	
20	58

PŘÍLOHA 1: METODA OBACENÍ VÁLCŮ

Pěnivost tenzidů metodou obracení válců při koncentraci 1 g/l																				
	t = 1 minuta				t = 5 minut				t = 15 minut				t = 30 minut				t = 60 minut			
	měř. 1 [mm]	měř. 2 [mm]	x [mm]	S [mm]	měř. 1 [mm]	měř. 2 [mm]	x [mm]	S [mm]	měř. 1 [mm]	měř. 2 [mm]	x [mm]	S [mm]	měř. 1 [mm]	měř. 2 [mm]	x [mm]	S [mm]	měř. 1 [mm]	měř. 2 [mm]	x [mm]	S [mm]
SLSA	65	65	65,0	0,0	60	63	61,5	-2,7	40	46	43,0	-5,3	38	35	36,5	2,7	28	30	29,0	-1,8
MSSG	60	67	63,5	-6,2	57	65	61,0	-7,1	56	64	60,0	-7,1	50	58	54,0	-7,1	49	58	53,5	-8,0
MSLG	1	1	1,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0
DSLGL	55	55	55,0	0,0	55	55	55,0	0,0	52	53	52,5	-0,9	48	52	50,0	-3,5	48	50	49,0	-1,8
Plant	35	18	26,5	15,1	25	8	16,5	15,1	20	7	13,5	11,5	15	7	11,0	7,1	15	6	10,5	8,0
SDS	85	83	84,0	1,8	77	74	75,5	2,7	70	67	68,5	2,7	68	62	65,0	5,3	59	53	56,0	5,3
Span 60	22	18	20,0	3,5	20	18	19,0	1,8	17	17	17,0	0,0	17	16	16,5	0,9	17	16	16,5	0,9
Brij 98	58	55	56,5	2,7	57	54	55,5	2,7	56	50	53,0	5,3	56	47	51,5	8,0	47	40	43,5	6,2

Pěnivost tenzidů metodou obracení válců při koncentraci 0,5 g/l																				
	t = 1 minuta				t = 5 minut				t = 15 minut				t = 30 minut				t = 60 minut			
	měř. 1 [mm]	měř. 2 [mm]	x [mm]	S [mm]	měř. 1 [mm]	měř. 2 [mm]	x [mm]	S [mm]	měř. 1 [mm]	měř. 2 [mm]	x [mm]	S [mm]	měř. 1 [mm]	měř. 2 [mm]	x [mm]	S [mm]	měř. 1 [mm]	měř. 2 [mm]	x [mm]	S [mm]
SLSA	20	21	20,5	-0,9	18	17	17,5	0,9	17	12	14,5	4,4	17	12	14,5	4,4	11	11	11,0	0,0
MSSG	22	24	23,0	-1,8	20	23	21,5	-2,7	18	22	20,0	-3,5	18	21	19,5	-2,7	18	21	19,5	-2,7
MSLG	1	1	1,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0
DSLGL	27	28	27,5	-0,9	24	26	25,0	-1,8	23	25	24,0	-1,8	23	23	23,0	0,0	23	23	23,0	0,0
Plant	0	1	0,5	-0,9	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0
SDS	17	17	17,0	0,0	16	16	16,0	0,0	15	15	15,0	0,0	15	14	14,5	0,9	14	13	13,5	0,9
Span 60	10	10	10,0	0,0	10	10	10,0	0,0	9	10	9,5	-0,9	9	9	9,0	0,0	9	9	9,0	0,0
Brij 98	40	38	39,0	1,8	35	33	34,0	1,8	35	30	32,5	4,4	34	30	32,0	3,5	32	25	28,5	6,2

Pěnivost tenzidů metodou obracení válců při koncentraci 0,1 g/l																				
	t = 1 minuta				t = 5 minut				t = 15 minut				t = 30 minut				t = 60 minut			
	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)
SLSA	3	3	3,0	0,0	2	2	2,0	0,0	1	1	1,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0
MSSG	8	7	7,5	0,9	6	6	6,0	0,0	6	5	5,5	0,9	5	5	5,0	0,0	5	5	5,0	0,0
MSLG	2	2	2,0	0,0	2	1	1,5	0,9	1	0	0,5	0,9	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0
DSLГ	7	7	7,0	0,0	7	6	6,5	0,9	7	6	6,5	0,9	6	6	6,0	0,0	5	5	5,0	0,0
Plant	5	2	3,5	2,7	5	2	3,5	2,7	4	2	3,0	1,8	4	2	3,0	1,8	2	1	1,5	0,9
SDS	2	2	2,0	0,0	1	1	1,0	0,0	1	0	0,5	0,9	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0
Span 60	4	3	3,5	0,9	3	3	3,0	0,0	3	3	3,0	0,0	3	3	3,0	0,0	3	3	3,0	0,0
Brij 98	34	30	32,0	3,5	33	28	30,5	4,4	30	20	25,0	8,9	30	19	24,5	9,7	25	17	21,0	7,1

PŘÍLOHA 2: PĚNIVOST METODOU DLE ROSS-MILESE

Pěnivost tenzidů metodou Ross-Miles při koncentraci 1 g/l																				
	t = 1 minuta				t = 5 minut				t = 15 minut				t = 30 minut				t = 60 minut			
	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)
SLSA	4	3	3,5	0,9	2	2	2,0	0,0	1	0	0,5	0,9	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0
MSSG	17	16	16,5	0,9	16	14	15,0	1,8	14	12	13,0	1,8	14	12	13,0	1,8	14	12	13,0	1,8
MSLG	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0
DSLГ	16	15	15,5	0,9	16	14	15,0	1,8	15	12	13,5	2,7	14	13	13,5	0,9	13	12	12,5	0,9
Plant	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0
SDS	12	16	14,0	-3,5	9	13	11,0	-3,5	8	11	9,5	-2,7	8	11	9,5	-2,7	7	10	8,5	-2,7
Span 60	13	10	11,5	2,7	10	8	9,0	1,8	9	7	8,0	1,8	9	7	8,0	1,8	7	5	6,0	1,8
Brij 98	17	17	17,0	0,0	15	16	15,5	-0,9	13	15	14,0	-1,8	13	15	14,0	-1,8	11	13	12,0	-1,8

Pěnivost tenzidů metodou Ross-Miles při koncentraci 0,5 g/l																				
	t = 1 minuta				t = 5 minut				t = 15 minut				t = 30 minut				t = 60 minut			
	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)
SLSA	1	1	1,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0
MSSG	10	9	9,5	0,9	9	9	9,0	0,0	8	8	8,0	0,0	8	8	8,0	0,0	8	7	7,5	0,9
MSLG	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0
DSLГ	11	9	10,0	1,8	9	9	9,0	0,0	9	8	8,5	0,9	9	7	8,0	1,8	9	7	8,0	1,8
Plant	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0
SDS	8	9	8,5	-0,9	7	7	7,0	0,0	6	5	5,5	0,9	5	5	5,0	0,0	3	3	3,0	0,0
Span 60	7	8	7,5	-0,9	6	8	7,0	-1,8	5	7	6,0	-1,8	5	7	6,0	-1,8	5	6	5,5	-0,9
Brij 98	16	11	13,5	4,4	15	9	12,0	5,3	14	8	11,0	5,3	14	8	11,0	5,3	13	6	9,5	6,2

Pěnivost tenzidů metodou Ross-Miles při koncentraci 0,1 g/l																				
	t = 1 minuta				t = 5 minut				t = 15 minut				t = 30 minut				t = 60 minut			
	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)
SLSA	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0
MSSG	1	1	1,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0
MSLG	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0
DSLГ	1	1	1,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0
Plant	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0
SDS	1	0	0,5	0,9	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0
Span 60	4	5	4,5	-0,9	4	4	4,0	0,0	3	4	3,5	-0,9	3	4	3,5	-0,9	3	3	3,0	0,0
Brij 98	14	12	13,0	1,8	12	11	11,5	0,9	11	10	10,5	0,9	11	10	10,5	0,9	10	10	10,0	0,0

PŘÍLOHA 3: PĚNIVOST PŘÍSTROJEM Č. 1 – ULTRA-TURRAX IKA T25

Pěnivost tenzidů strojovou metodou č. 1 při koncentraci 1 g/l, 8000 ot./min. a 60s šlehání																				
	t = 1 minuta				t = 5 minut				t = 15 minut				t = 30 minut				t = 60 minut			
	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)
SLSA	9	11	10,0	-1,8	9	11	10,0	-1,8	8	10	9,0	-1,8	7	9	8,0	-1,8	6	7	6,5	-0,9
MSSG	14	12	13,0	1,8	14	12	13,0	1,8	13	11	12,0	1,8	12	10	11,0	1,8	11	10	10,5	0,9
MSLG	5	5	5,0	0,0	2	2	2,0	0,0	1	1	1,0	0,0	1	1	1,0	0,0	1	1	1,0	0,0
DSLГ	7	5	6,0	1,8	6	5	5,5	0,9	5	4	4,5	0,9	5	4	4,5	0,9	5	3	4,0	1,8
Plant	4	6	5,0	-1,8	3	5	4,0	-1,8	3	5	4,0	-1,8	2	4	3,0	-1,8	2	4	3,0	-1,8
SDS	19	18	18,5	0,9	16	14	15,0	1,8	14	11	12,5	2,7	13	10	11,5	2,7	11	8	9,5	2,7
Span 60	12	9	10,5	2,7	11	8	9,5	2,7	11	7	9,0	3,5	10	7	8,5	2,7	9	6	7,5	2,7
Brij 98	11	11	11,0	0,0	9	10	9,5	-0,9	8	7	7,5	0,9	7	7	7,0	0,0	6	5	5,5	0,9

Pěnivost tenzidů strojovou metodou č. 1 při koncentraci 0,5 g/l, 8000 ot./min. a 60s šlehání																				
	t = 1 minuta				t = 5 minut				t = 15 minut				t = 30 minut				t = 60 minut			
	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)
SLSA	7	8	7,5	-0,9	7	8	7,5	-0,9	5	6	5,5	-0,9	5	5	5,0	0,0	3*	4*	3,5	-0,9
MSSG	5	5	5,0	0,0	5	5	5,0	0,0	5	5	5,0	0,0	5	4	4,5	0,9	4	3	3,5	0,9
MSLG	5	6	5,5	-0,9	5	6	5,5	-0,9	4*	5*	4,5	-0,9	2*	2*	2,0	0,0	0	0	0,0	0,0
DSLГ	5	4	4,5	0,9	4	3	3,5	0,9	3	2	2,5	0,9	3	2	2,5	0,9	3	2	2,5	0,9
Plant	3	3	3,0	0,0	2	3	2,5	-0,9	2	2	2,0	0,0	2*	2*	2,0	0,0	2*	2*	2,0	0,0
SDS	8	8	8,0	0,0	7	7	7,0	0,0	7	6	6,5	0,9	6	5	5,5	0,9	5	5	5,0	0,0
Span 60	12	9	10,5	2,7	10	7	8,5	2,7	8	6	7,0	1,8	7	6	6,5	0,9	6	5	5,5	0,9
Brij 98	9	10	9,5	-0,9	8	9	8,5	-0,9	8	9	8,5	-0,9	6	8	7,0	-1,8	5	7	6,0	-1,8

Pěnivost tenzidů strojovou metodou č. 1 při koncentraci 0,1 g/l, 8000 ot./min. a 60s šlehání																				
	t = 1 minuta				t = 5 minut				t = 15 minut				t = 30 minut				t = 60 minut			
	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)
SLSA	1*	1*	1,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0
MSSG	2	2	2,0	0,0	2*	2*	2,0	0,0	2*	2*	2,0	0,0	2*	2*	2,0	0,0	1*	1*	1,0	0,0
MSLG	0	1*	0,5	-0,9	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0
DSLГ	2	1	1,5	0,9	1	1	1,0	0,0	1	1	1,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0
Plant	1	1	1,0	0,0	1*	1*	1,0	0,0	1*	1*	1,0	0,0	1*	1*	1,0	0,0	0	0	0,0	0,0
SDS	5*	5*	5,0	0,0	3*	2*	2,5	0,9	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0
Span 60	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0
Brij 98	6	5	5,5	0,9	6	5	5,5	0,9	6	5	5,5	0,9	5	5	5,0	0,0	5*	5*	5,0	0,0

* Vyčerený střed, pěna zůstává pouze při okrajích

PŘÍLOHA 4: PĚNIVOST PŘÍSTROJEM Č. 2 – HEIDOLPH RZR 2020 + TR 20

Pěnivost tenzidů strojovou metodou 2 při koncentraci 1 g/l, 2000 ot./min. a 60s šlehání																				
	t = 1 minuta				t = 5 minut				t = 15 minut				t = 30 minut				t = 60 minut			
	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)	měř. 1 (mm)	měř. 2 (mm)	x (mm)	S (mm)
SLSA	19	15	17,0	3,5	12	13	12,5	-0,9	7	9	8,0	-1,8	5	6	5,5	-0,9	3	4	3,5	-0,9
MSSG	22	19	20,5	2,7	22	18	20,0	3,5	21	18	19,5	2,7	21	18	19,5	2,7	21	18	19,5	2,7
MSLG	1*	2*	1,5	-0,9	1*	1*	1,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0
DSLГ	12	16	14,0	-3,5	12	15	13,5	-2,7	12	15	13,5	-2,7	12	15	13,5	-2,7	12	15	13,5	-2,7
Plant	5	6	5,5	-0,9	5	6	5,5	-0,9	3	4	3,5	-0,9	3	3	3,0	0,0	2	2	2,0	0,0
SDS	27	22	24,5	4,4	24	17	20,5	6,2	20	12	16,0	7,1	15	10	12,5	4,4	9	7	8,0	1,8
Span 60	7	5	6,0	1,8	7	5	6,0	1,8	6	5	5,5	0,9	6	5	5,5	0,9	6	5	5,5	0,9
Brij 98	16	16	16,0	0,0	15	16	15,5	-0,9	14	14	14,0	0,0	12	12	12,0	0,0	9	8	8,5	0,9

Pěnivost tenzidů strojovou metodou 2 při koncentraci 0,5 g/l, 2000 ot./min. a 60s šlehání																				
	t = 1 minuta				t = 5 minut				t = 15 minut				t = 30 minut				t = 60 minut			
	měř. 1 [mm]	měř. 2 [mm]	x [mm]	S [mm]	měř. 1 [mm]	měř. 2 [mm]	x [mm]	S [mm]	měř. 1 [mm]	měř. 2 [mm]	x [mm]	S [mm]	měř. 1 [mm]	měř. 2 [mm]	x [mm]	S [mm]	měř. 1 [mm]	měř. 2 [mm]	x [mm]	S [mm]
SLSA	11	11	11,0	0,0	6	7	6,5	-0,9	4*	4	4,0	0,0	3*	3*	3,0	0,0	2*	2*	2,0	0,0
MSSG	8	10	9,0	-1,8	8	9	8,5	-0,9	7	8	7,5	-0,9	7	8	7,5	-0,9	6	7	6,5	-0,9
MSLG	2	2*	2,0	0,0	2*	2*	2,0	0,0	2*	2*	2,0	0,0	2*	1*	1,5	0,9	2	1	1,5	0,9
DSLГ	4	4	4,0	0,0	3	5	4,0	-1,8	3	5	4,0	-1,8	3	5	4,0	-1,8	3	4	3,5	-0,9
Plant	1	1*	1,0	0,0	1*	1*	1,0	0,0	1*	1*	1,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0
SDS	15	22	18,5	-6,2	8	10	9,0	-1,8	5	6	5,5	-0,9	3*	4*	3,5	-0,9	2*	2*	2,0	0,0
Span 60	3	3	3,0	0,0	2	2	2,0	0,0	1	1*	1,0	0,0	1*	1*	1,0	0,0	1*	1*	1,0	0,0
Brij 98	12	14	13,0	-1,8	12	13	12,5	-0,9	10	12	11,0	-1,8	9	11	10,0	-1,8	6	9	7,5	-2,7

Pěnivost tenzidů strojovou metodou 2 při koncentraci 0,1 g/l, 2000 ot./min. a 60s šlehání																				
	t = 1 minuta				t = 5 minut				t = 15 minut				t = 30 minut				t = 60 minut			
	měř. 1 [mm]	měř. 2 [mm]	x [mm]	S [mm]	měř. 1 [mm]	měř. 2 [mm]	x [mm]	S [mm]	měř. 1 [mm]	měř. 2 [mm]	x [mm]	S [mm]	měř. 1 [mm]	měř. 2 [mm]	x [mm]	S [mm]	měř. 1 [mm]	měř. 2 [mm]	x [mm]	S [mm]
SLSA	5*	5*	5,0	0,0	2*	3*	2,5	-0,9	1*	1*	1,0	0,0	0	1*	0,5	-0,9	0	0	0,0	0,0
MSSG	1*	0	0,5	0,9	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0
MSLG	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0
DSLГ	3*	3*	3,0	0,0	1*	1*	1,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0
Plant	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0
SDS	10	10	10,0	0,0	3	3	3,0	0,0	2*	2*	2,0	0,0	1*	1*	1,0	0,0	0	0	0,0	0,0
Span 60	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0
Brij 98	10	11	10,5	-0,9	9	10	9,5	-0,9	8	9	8,5	-0,9	8	9	8,5	-0,9	6	7	6,5	-0,9

* Vyčerený střed, pěna zůstává pouze při okrajích