

Povrchově aktivní látky produkované mikroorganismy

Denisa Vizenová

Bakalářská práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky
akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Denisa Vizenová**
Osobní číslo: **T12496**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie výroby tuků, kosmetiky a detergentů**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Povrchově aktivní látky produkované mikroorganismy**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Rozdělení a popis jednotlivých skupin PAL produkovaných mikroorganismy
2. Využití PAL produkovaných mikroorganismy v průmyslu a kosmetice
3. Výhody a nevýhody PAL produkovaných mikroorganismy
4. Možné perspektivy PAL produkovaných mikroorganismy v budoucnosti



Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. **WILLIAMS, Kaelynn.** Biosurfactants for cosmetic application: Overcoming production challenges. *Basic Biotechnology*. 2009, roč. 13, s. 78-82.
2. **BROWN, M.J.** Biosurfactants for cosmetic applications. *International Journal of Cosmetic Science*. 1991, roč. 13, s. 61-64.
3. **KOSARIC, Naim.** Biosurfactants and Their Application for Soil Bioremediation. *Food Technol. Biotechnol.* 2001, s. 295-303.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ondřej Rudolf, Ph.D.

Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Datum zadání bakalářské práce:

20. ledna 2015

Termín odevzdání bakalářské práce:

18. května 2015

Ve Zlíně dne 20. ledna 2015


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.

děkan




Ing. Martina Černeková, Ph.D.

ředitel ústavu

Příjmení a jméno: DENISA VIŽENTOVÁ

Obor: TVTKD

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 5.5.2015

Vižentová

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Ondřeji Rudolfovi, Ph.D., za cenné rady, odbornou pomoc, vynaložený čas a především trpělivost. Děkuji také mé rodině a příteli za podporu.

ABSTRAKT

Bakalářská práce pojednává o povrchově aktivních látkách produkovaných mikroorganismy. V úvodu je shrnuto přehledné rozdělení a popis jednotlivých povrchově aktivních látek. Práce se také zabývá využitím jak v kosmetice, tak v průmyslu. Dále je zaměřena na výhody a nevýhody povrchově aktivních látek produkovaných mikroorganismy ve srovnání se syntetickými povrchově aktivními látkami. Poslední část je zaměřena na možné perspektivy v budoucnosti.

Klíčová slova: povrchově aktivní látky, mikroorganismy, biosurfaktanty

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with surfactants produced by microorganisms. In the introduction a clean classification and description of each surfactant were summarized. Thesis deals also with the use in cosmetics and industry as well. Next, it is focused on the advantages and disadvantages of the surfactants produced by microorganisms in comparison with synthetic surfactants. The last part focuses on possible perspectives in the future.

Keywords: surfactants, microorganisms, biosurfactants

Prohlášení

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

OBSAH

ÚVOD	10
1 POVRCHOVĚ AKTIVNÍ LÁTKY	11
1.1 PŮVOD.....	11
1.2 HISTORIE	11
1.3 DEFINICE	12
1.4 KLASIFIKACE PODLE TYPU HYDROFÓBNÍ SLOŽKY	13
1.5 KLASIFIKACE PODLE TYPU HYDROFILNÍ SLOŽKY	14
1.5.1 Anionické povrchově aktivní látky	14
1.5.2 Kationické povrchově aktivní látky	14
1.5.3 Amfoterní povrchově aktivní látky	15
1.5.4 Neionické povrchově aktivní látky.....	15
1.6 KLASIFIKACE DLE HLB HODNOTY	15
1.7 POVRCHOVĚ AKTIVNÍ LÁTKY PRODUKOVANÉ MIKROORGANISMY	16
1.8 KLASIFIKACE POVRCHOVĚ AKTIVNÍCH LÁTEK PRODUKOVANÝMI MIKROORGANISMY	17
1.9 POPIS JEDNOTLIVÝCH SKUPIN POVRCHOVĚ AKTIVNÍCH LÁTEK PRODUKOVANÝCH MIKROORGANISMY	17
1.9.1 Glykolipidy.....	18
Rhamnolipidy	18
Trehalolipidy	18
Sophorolipidy	19
1.9.2 Lipopeptidy a lipoproteiny	20
1.9.3 Fosfolipidy a mastné kyseliny	20
1.9.4 Polymerní látky	21
2 VYUŽITÍ PAL PRODUKOVANÝCH MIKROORGANIZMY	22
2.1 PAL PRODUKOVANÉ MIKROORGANIZMY V KOSMETICKÉM PRŮMYSLU	22
2.2 PAL PRODUKOVANÉ MIKROORGANIZMY V PRŮMYSLU	23
3 VÝHODY A NEVÝHODY PAL PRODUKOVANÉ MIKROORGANISMY	25
3.1 VÝHODY PAL PRODUKOVANÝCH MIKROORGANISMY	25
3.2 NEVÝHODY PAL PRODUKOVANÉ MIKROORGANISMY	26
4 MOŽNÉ PERSPEKTIVY PAL PRODUKOVANÉ MIKROORGANISMY V BUDOUCNOSTI	27
ZÁVĚR	28
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	29
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	32
SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	33

ÚVOD

Povrchově aktivní látky neboli tenzidy se nachází ve všech čistících, úklidových, pracích a kosmetických prostředcích. Jsou hlavní složkou těchto činidel a používány jsou několikrát denně a téměř po celém světě. Bez povrchově aktivních látek bychom si v dnešní době nedokázali představit život. Těmito látkami umýváme automobil, pereme špinavé prádlo, ale také čistíme ruce, vlasy a tělo.

Odstranění nečistoty je proces, kdy tenzidy obklopí celou nečistotu a oddělí ji od znečištěného povrchu. Nečistota je tímto způsobem uvolněna do vody a bezprostředně spláchnuta do odpadní vody. Odtud se mohou tenzidy dostat do podzemních či povrchových vod. Odpadní vody jsou biologicky čištěny v čistírnách odpadních vod, kde může nastat problém s nežádoucím pěněním. Dalším problémem je eutrofizace povrchových vod, což vede k intenzivnímu růstu sinic. Následkem těchto jevů způsobených tenzidy jsou škody především v oblasti vodního ekosystému a životního prostředí. Uvedené problémy byly tématem v období padesátých a šedesátých let.

V současné době se tedy vyvíjí stále šetrnější tenzidy. Jde o tzv. biotenzidy, tedy povrchově aktivní látky produkované mikroorganismy. Jsou lépe biologicky odbouratelné, méně toxické, snadno stravitelné bakteriemi a nezatěžují životní prostředí.

Hlavním cílem této bakalářské práce je stručné popsání a rozdělení povrchově aktivních látek produkovaných mikroorganismy. Diskutováno je i jejich využití, výhody i nevýhody. Rovněž je pojednáno o jejich možné perspektivě v budoucnosti.

1 POVRCHOVĚ AKTIVNÍ LÁTKY

1.1 Původ

Podle původů se povrchově aktivní látky dělí na syntetické (antropogenního původu) či přírodní (biotenzidy).

1.2 Historie

Nejznámější povrchově aktivní látky, které lidstvo provází již od starověku, jsou všeobecně známá mýdla. Po chemické stránce jde o soli mastných kyselin s dlouhým nasyceným či nenasyceným řetězcem. [1]

Za dob prvních objevů mýdla se používaly zcela přírodní suroviny: živočišný tuk (lůj, sádlo), rostliny a popel z ohniště. První surovina poskytovala mastné kyseliny, druhé dvě suroviny byly zdrojem alkalických kovů, které s kyselinami tvořily soli. [2, 3]

V průběhu času byla produkce mýdel velmi populární a mýdla byla žádaná; jejich výroba se proto přesunula do továren a různých menších manufaktur a dílen. Používaly se standardnější suroviny, především uhličitany (soda, potaš, resp. zdroje sodných a draselných iontů). Mycí účinnost byla později zvýšena přidávkem fosforečnanů nebo křemičitanů a tyto složky byly používány až do druhé poloviny dvacátého století. [1]

Mýdlo však mělo i své nevýhody a tak vědci zkoušeli nalézt jejich alternativu. Tou se zpočátku stal sulfátový ricinový olej. Počátek minulého století byl ovšem zasažen válkou a populaci postihnul plošný nedostatek jak surovin, tak veškerých denních i osobních potřeb. Válkou utrpělo i zemědělství; zmenšila se orná plocha a snížil objem chovů. Ve výsledku nastal nedostatek rostlinných olejů a živočišných tuků. Situace se řešila vývojem nových surfaktantů vyráběných z dostupných náhradních surovin. Šlo již o alkany a alkylsulfonáty – např. alkylnartalsulfonáty, které se používají dodnes. [1, 2, 3]

Další pokrok nastal v období druhé světové války, kdy byly vyrobeny první kapalné prací prostředky. Surovinou pro použité surfaktanty byly produkty petrochemického průmyslu. [1]

Byly dále vyvinuty surfaktanty s aromatickým jádrem – alkylarylsulfonáty. Ovšem s rostoucím objemem produkce a s rozsahem používání byly patrné nežádoucí účinky těchto

syntetických tenzidů na životní prostředí. Nejen že tvořily pěnu ve vodních tocích, ale rovněž i jejich degradabilita byla velmi nízká. Proto byla omezena produkce těchto látek. [2, 3]

Petrochemický průmysl byl i nadále zdrojem surovin pro výrobu syntetických surfaktantů. Šlo především o ethylenoxidy a alkylfenoly s vyšší degradabilitou. Ve srovnání s mýdlem byly účinnější, dostupnější a především levnější. Jejich produkce i spotřeba proto rostla, vyvíjelo se a zlepšovalo se složení čisticích i mýdel. Tyto anionické surfaktanty byly časem nahrazeny surfaktanty neionickými, rovněž se vědci zabývali vývojem biologicky odbouratelných netoxických surfaktantů. [1,2,3]

V současné době se upouští od petrochemických zdrojů a plynule se přechází k používání oleochemické alkoholové báze. Aktuálním trendem je vývoj a výzkum biologicky rozložitelných surfaktantů na bázi obnovitelných rostlinných. [1]

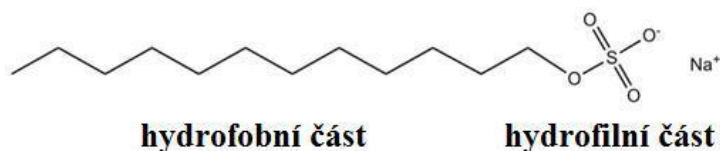
1.3 Definice

Povrchově aktivní látky, tenzidy či zkráceně PAL, jsou organické látky, které jsou schopny se hromadit při nízkých koncentracích na rozhraní fází a tím snižovat mezifázovou energii soustavy. Také dochází k snižování povrchového napětí rozpouštědel, přičemž dojde k smáčení povrchu a odstraňování nečistot.

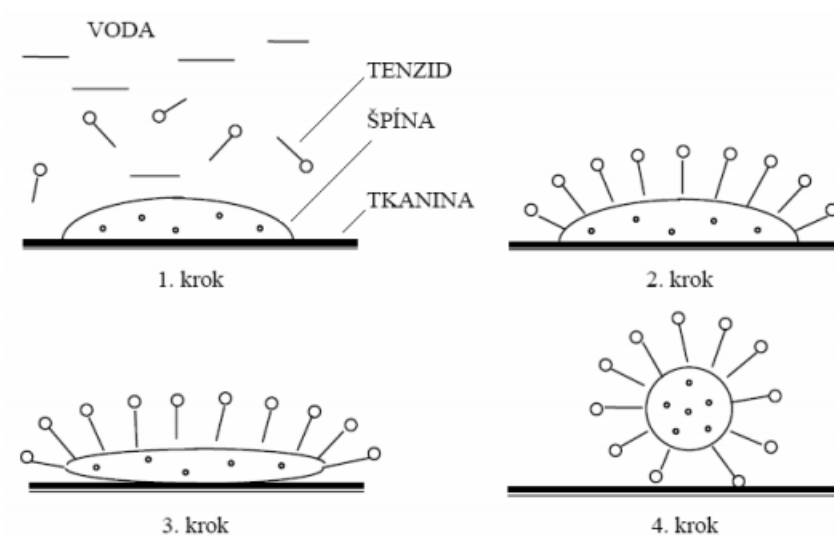
Povrchově aktivní látka se skládá z hlavičky, která má hydrofilní charakter, a z ocásku, který má hydrofobní charakter (**Obrázek 1**). Hydrofilní část molekuly tenzidu je tedy polární a má afinitu k vodě. Hydrofobní část naopak vodu odpuzuje. Tyto amfifilní molekuly, obsahující hydrofilní i hydrofobní část, se využívají k procesu praní či mytí. Je řeč o způsobu odstranění nečistoty z povrchu materiálu do vodního prostředí. Nečistoty jsou povahy nepolární či hydrofobní. Hydrofobní část molekuly tenzidu se naváže na nečistotu a hydrofilní část na molekuly vody. Dochází tak k odstranění nečistoty z materiálu a následné odplavení vodou (**Obrázek 2**). Povrchově aktivní látky jsou proto součástí čistících a pracích prostředků, emulzí, smáčecích a pěnotvorných prostředků. [4, 3]

Povrchově aktivní látky lze klasifikovat z různých hledisek, a to podle:

- typu hydrofobní složky,
- typu hydrofilní složky,
- HLB hodnoty.



Obrázek 1: Molekula tenzidu obsahující nepolární hydrofobní část a polární hydrofilní část [26].



Obrázek 2: Odstranění nečistoty z povrchu materiálu tenzidem [29].

1.4 Klasifikace podle typu hydrofóbní složky

PAL je možné klasifikovat na základě typu hydrofobní složky:

- alifatické uhlovodíky (C8–C20) – lineární a rozvětvené řetězce,
- alicyklické struktury uhlovodíků,
- aromatické uhlovodíky a hydroxylové sloučeniny,
- alkylované aromatické sloučeniny,
- polymerní lineární makromolekulární sloučeniny,
- polymerní aromatické uhlovodíky [3].

1.5 Klasifikace podle typu hydrofilní složky

Z hlediska iontového charakteru hydrofilní složky se tyto látky dělí na ionické a neionické. Ionické PAL se dělí na anionické, kationické a amfoterní.

1.5.1 Anionické povrchově aktivní látky

Anionické povrchově aktivní látky vykazují ve vodném prostředí záporný náboj. Do této skupiny patří soli karboxylových kyselin, alkylsulfáty, alkylarylsulfonáty a fosfáty.

Anionické PAL, patří mezi nejrozšířenější, zahrnují až 75 % světové produkce. Nejpoužívanějším je natrium-sek-alkylbenzensulfonát (zkratka LAS). Tento tenzid je dobře biodegradovatelný a pro svoje výhody bude využíván ještě řadu let jako základní surfaktant.

Nejstarší tenzidy – mýdla – jsou po chemické stránce taktéž anionické povrchově aktivní látky. Jde především o sodné a draselné soli vyšších mastných kyselin (C10-C22). [1, 2, 5, 6]

1.5.2 Kationické povrchově aktivní látky

Kationické povrchově aktivní látky vykazují ve vodném prostředí kladný náboj. Vyskytují se především ve formě primárních až kvartérních aminů – amoniových solí. Zástupci jsou především alkylaminy, dále jde o acylpolyamidy, alkanaminestery, alkylethylenmočovinu, alkylaminotriazoly a sulfoniové zásady.

Kationické PAL mají oproti skupině anionických tenzidů ovšem nevýhodu – jsou velmi špatně biologicky rozložitelné – jsou biocidní. Celkově představují jen jednu desetinu celkové produkce PAL.

Po funkční stránce hrají roli především jejich bakteriostatické vlastnosti, využívají se proto v dezinfekčních přípravcích (Ajatin, Septonex). Jejich toxicita je navíc nízká. Další aplikace je využití jako antistatické prostředky v kosmetice, protiplísňové a fungicidní prostředky a jsou také obsaženy v kondicionálních přípravcích pro vlasovou kosmetiku (např. behentrimonium chlorid). [2, 5, 29]

1.5.3 Amfoterní povrchově aktivní látky

Náboj amfoterních povrchově aktivních látek závisí na vodíkovém exponentu vodného rozpouštědla (pH). Podle prostředí, ve kterém se nachází, mohou mít obojí charakteristiku – mohou se chovat jako anionické nebo kationické tenzidy.

Strukturu amfoterního typu mají alkylbetainy, sulfobetainy a alkylaminokarboxylové kyseliny. [29] Představují malý podíl z celkové produkce tenzidů, asi jen 2–5 % [6].

Amfoterní tenzidy vykazují velmi dobré čisticí a prací schopnosti. Jejich výhodou je to, že se dají kombinovat se všemi ostatními typy tenzidů. [29]

Nepostradatelnou součástí dnešních receptur šamponů je betain XII (1-(3-lauroylaminopropyl)-1,1-dimethylacetobetain). Tato sloučenina nejen že snižuje dermální dráždivost a stabilizuje pěnovost, ale působí také jako regulátor viskozity. [5]

1.5.4 Neionické povrchově aktivní látky

Molekuly neionických tenzidů nevykazují žádný náboj, respektive jejich hydrofilní část není schopná disociace ve vodném prostředí. Rozpustnost je podpořena přítomností polárních skupin (např. hydroxyl, amin aj.).

Do této skupiny patří nejčastěji ethoxyláty mastných alkoholů, ethoxyláty esterů mastných kyselin a ethoxyláty alkylfenolu. Produkce neionických tenzidů představuje asi třetinu celkové produkce.

Neionické tenzidy jsou hojně využívány v kosmetickém, textilním a potravinářském průmyslu. Ethoxyláty se využívají také v kosmetice, textilním průmyslu a v dalším odvětví. [1, 5]

1.6 Klasifikace dle HLB hodnoty

Hydrofilně lipofilní rovnováha neboli HLB charakterizuje vyváženost aktivních částí molekuly PAL. Hodnota HLB popisuje poměr hydrofilní a lipofilní části a rozděluje tenzidy do skupin dle možnosti praktického využití. Vysoké hodnoty HLB vykazují hydrofilní PAL a jsou rozpustné ve vodě, stabilizují tedy emulze olej ve vodě. Nízké hodnoty HLB mají lipofilní PAL s rozpustností v oleji a tedy stabilizují emulze voda v oleji. [14, 20, 21]

Tabulka 1: Rozdělení PAL z hlediska HLB hodnoty [17].

HLB hodnota	Funkce PAL
0–3	odpěňovače
4–6	emulgátory V/O
7–9	smáčedla
8–18	emulgátory O/V
13–15	detergenty
10–18	solubilizátory

1.7 Povrchově aktivní látky produkované mikroorganismy

Povrchově aktivní látky produkované mikroorganismy neboli biotenzidy jsou amfifilní látky, které jsou produkované prokaryotickými i eukaryotickými mikroorganismy, jako jsou bakterie, kvasinky či houby. [7, 8]

Hydrofilní část obsahuje ve své molekule lipoproteiny, polysacharidy a fosfolipidy. Hydrofobní část je tvořena uhlovodíkovými řetězci mastných kyselin.

Biotenzidy se liší od syntetických tenzidů tím, že mají malou toxicitu a jsou biologicky rozložitelné. Mnoho biotenzidů je také aktivních v extrémních podmínkách. Extrémní podmínky posuzujeme podle různých fyzikálně-chemických parametrů:

- pH,
- teplota,
- salinita,
- iontová síla prostředí.

Biotenzidy mají výbornou emulgační schopnost díky své vysoké povrchové aktivitě. Tedy jsou využívány pro svou pěnicí, dispergační, rozpouštěcí a smáčecí vlastnost. Některé druhy biotenzidů navíc vykazují účinnou antimikrobiální aktivitu.

Biotenzidy jsou díky svým vlastnostem využívány v širokém průmyslovém odvětví, například v kosmetickém, potravinářském, farmaceutickém a mnoha dalších. [15]

1.8 Klasifikace povrchově aktivních látek produkovaných mikroorganismy

Povrchově aktivní látky produkované mikroorganismy se rozdělují podle chemické struktury a mikrobiálního původu.

Podle chemického uspořádání se dělí na:

- glykolipidy
 - rhamnolipidy
 - trehalolipidy
 - sophorolipidy
- lipopeptidy a lipoproteiny
- fosfolipidy
- mastné kyseliny
- polymerní látky

Další rozdělení je možné na základě mikrobiálního původu, jak zobrazuje Tabulka 2:

Tabulka 2: Mikrobiální biotenzidy

Typ biotenzidu		Mikroorganismus
glykolipidy	rhamnolipidy	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
	trehalolipidy,	<i>Rhodococcus erithropolis</i>
	sophorolipidy	<i>Candida apicola,</i>
lipopeptidy, lipoproteiny		<i>Candida bombicola</i>
fosfolipidy		<i>Bacillus subtilis</i>
mastné kyseliny		<i>Actinobacter sp.</i>
polymerní látky	emulsan	<i>Pseudomonas sp.</i>
	liposan	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>
	alasan	<i>Acinetobacter radioresistent</i>

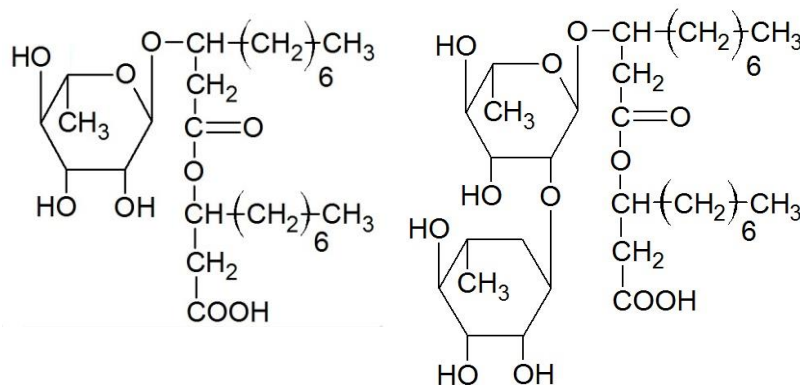
1.9 Popis jednotlivých skupin povrchově aktivních látek produkovaných mikroorganismy

1.9.1 Glykolipidy

Glykolipidy jsou nejznámější zástupci povrchově aktivních látek produkovanými mikroorganismy. Glykolipidy obsahují ve své molekule mono-, di- nebo trisacharidy esterově navázané na alifatické kyseliny s dlouhým řetězcem nebo na hydroxyalifatické kyseliny. Nejznámější glykolipidy jsou rhamnolipidy, trehalolipidy a sophorolipidy. [9, 10, 11, 12, 30]

Rhamnolipidy

Rhamnolipid je nejznámější glykolipid. Skládá se z jedné či dvou molekul rhamnosy (6-Deoxy-DL-mannoza [28]) spojené se dvěma molekulami β -hydroxydekanové kyseliny (viz **Obrázek 3**). Rhamnolipidy produkují hlavně mikroorganismy *Pseudomonas aeruginosa*. Tato bakterie produkuje rhamnolipidy jako sekundární metabolity. [9, 10, 11, 17]

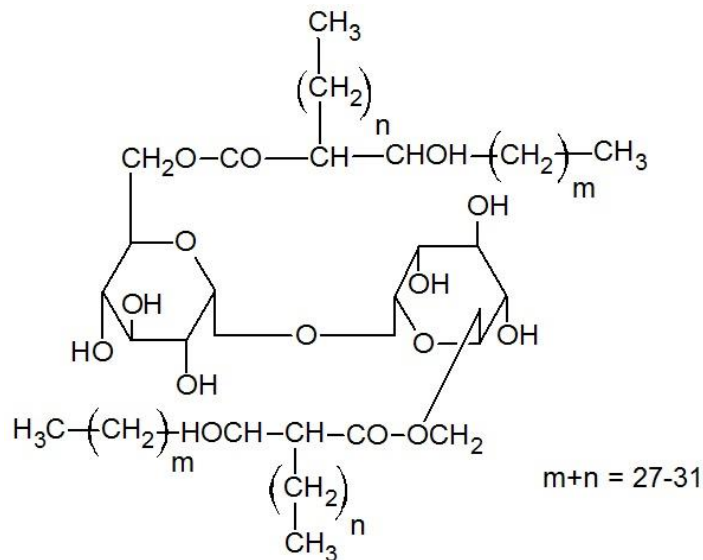


Obrázek 3: Struktura rhamnolipidů s jednou molekulou rhamnosy (vlevo)
a se dvěma molekulami rhamnosy (vpravo)

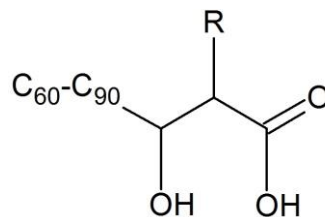
Trehalolipidy

Trehalolipid je složen z disacharidu trehalosy (α -D-Glukopyranosyl-1-d- α -D-glukopyranosid-1-d [22]) spojené C_6 a C_6' mykolovou kyselinou pocházející z bakterií rodu *Mycobacterium*, *Nocardia* a *Corynebacterium*. Mykolová kyselina (mycolic acid) je součástí stěn buněk mykobakterií, má dlouhé řetězce dosahující délky šedesátí či až devadesátí atomů uhlíku a patří mezi β -hydroxykyseliny. Trehalolipidy (viz **Obrázek 4**) se liší

ve své velikosti a struktuře mastné kyseliny, počtu uhlíkových atomů a stupni nenasycenosti. [9, 10, 11]



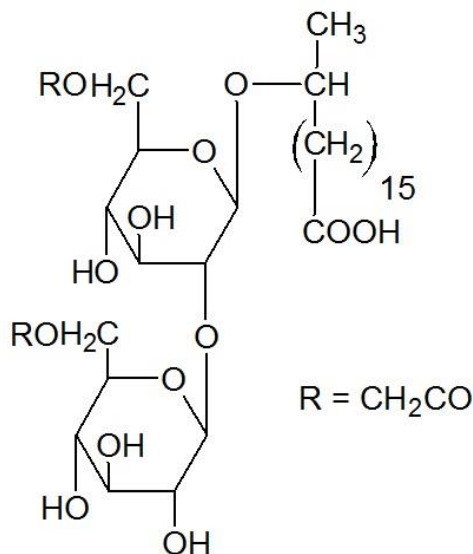
Obrázek 4: Struktura trehalolipidů



Obrázek 5: Kyselina mykolová

Sophorolipidy

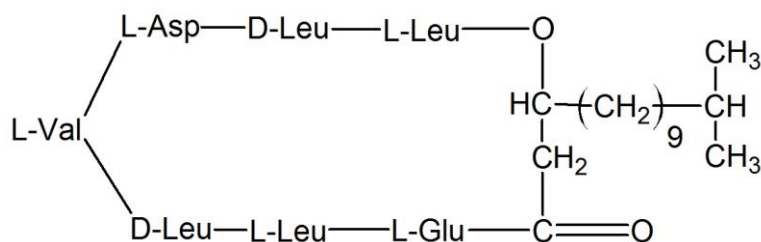
Sophorolipid (viz **Obrázek 6**) je složen z dimerového cukru sophorosy (2-O-β-D-Glukopyranosyl-D-glukopyranosy [25]) připojený β-glykosidickou vazbou na hydroxyl mastné kyseliny. Sophorolipidy produkují kvasinky *Torulopsis bombicola*, *T. petrophilum* a *T. apicola*. Jejich biosurfaktanty jsou směsí šesti až devíti hydrofóbních sophorolipidů. [9, 10, 11]



Obrázek 6: Struktura sophorolipidu

1.9.2 Lipopeptidy a lipoproteiny

Bakteriemi je produkováno velké množství cyklických lipopeptidů včetně dekapeptidů jako například antibiotikum gramicidin a dále lipopeptidní antibiotikum polymyxin. Surfaktin, který patří do skupiny lipopeptidů, je produkován rodem *Bacillus sp.* Obsahuje sedm aminokyselin spojených přes karboxylovou či hydroxylovou skupinu s 14uhlíkovou kyselinou. Surfaktin je jeden z nejúčinnějších biotenzidů. Kritická micelární koncentrace surfaktinu je 25 mg/l. Nejnižší povrchové napětí vodného roztoku je 27 mN/m s koncentrací okolo 0,005 % surfaktinu. [9, 10, 30]



Obrázek 7: Struktura lypopeptidu surfactinu

1.9.3 Fosfolipidy a mastné kyseliny

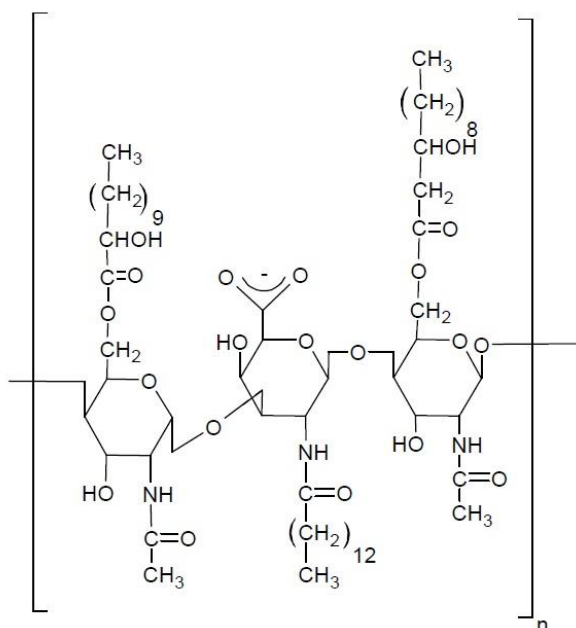
Fosfolipidy jsou hlavní komponenty v membránách mikroorganismů. Fosfolipidy jsou produkovány některými kvasinkami a bakteriemi kultivovanými na n-alkanech. Délka uhlovodíkového řetězce těchto látek přímo ovlivňuje vlastní hodnotu HLB. *Rhodococcus*

erythropolis kultivovaný na n-alkanech produkuje kefalin (fosfatidylethanolamin), který snižuje mezifázové napětí systému voda-hexadekan na méně než 1 mN/m. [4, 9, 10, 13]

1.9.4 Polymerní látky

Nejznámějšími polymerními látkami jsou emulsan, liposan, mannoprotein a další polysacharido-proteinové komplexy.

Liposan je extracelulární vodorozpustný emulgátor; je syntetizován kvasinkou *Candida lipolytica* a skládá se z 83 % uhlovodíků a 17 % proteinů. Emulsan je velmi efektivní; patří mezi nejsilnější emulzní biostabilizéry pro vodné prostředí. Je účinný při nízkých koncentracích, a to od 0,001 do 0,01%. Je schopný také odvolávat inverzi voda-olej k poměru 1:4, které rozděluje do dvou vrstev. Horní krémová vrstva, která je známá jako emulsanosol, obsahuje až 75 % oleje. Mannoprotein produkuje kvasinka *Saccharomyces cerevisiae*. Mannoprotein má skvělou emulzifikační aktivitu u ropných alkanů a organických rozpouštědel. [9, 10]



Obrázek 8: Emulsan

2 VYUŽITÍ PAL PRODUKOVANÝCH MIKROORGANIZMY

PAL produkované mikroorganismy vykazují mnoho přínosných vlastností, např. účinné pění, emulgaci, rozrušení emulzí, vaznost vody; mají také vliv na zvlhčující vlastnosti a na viskozitu výrobku. Mohou být tedy efektivně využívány ve všech odvětvích.

Nejdůležitějšími PAL produkovanými mikroorganismy jsou především glykolipidy a lipopeptidy. V roce 2006 bylo přihlášeno nejvíce patentů v oblasti biosurfaktantů a bioemulgátorů po celém světě. Nejvyšší počet patentů byl především z odvětví ropného průmyslu, kde počet patentů představoval třetinu z celkového počtu patentů v oblasti biosurfaktantů. V kosmetickém průmyslu činil procentuální počet patentů 15 %, v lékařství 12 %. Dalším z významných témat patentů byly sophorolipidy, kde procentuální počet patentů činil 24 %. 13 % patentů se zabývalo surfactinem a rhamnolipidy byly probírány ve 12 % patentů.

Použití PAL produkovaných mikroorganismy je ale zatím omezené z důvodu absence ekonomické konkurenceschopnosti k syntetickým. PAL produkované mikroorganismy mají širokou škálu využití, například při výrobě a zpracování potravin, v oblasti léčiv, kosmetiky, agrochemikálií, aditiv, pracích prostředků, dále barvy, mazadla, nátěry, lepidla a ve fotografických filmech. [16]

2.1 PAL produkované mikroorganismy v kosmetickém průmyslu

PAL účinné v kosmetických výrobcích jsou součástí patentů či know-how samotných firem, proto je obtížné získat konkrétní informace o jejich použití, druzích, zastoupení. Předpokládá se ovšem jejich široká aplikace i využití rovněž v budoucnosti jistě pro svou účinnost a šetrnost.

Kosmetické prostředky, které obsahují, PAL, jsou například repelenty, toaletní potřeby, anti-akné prostředky, prostředky proti lupům, roztok na kontaktní čočky, šampony, kondicionéry, deodoranty, antiperspiranty, rtěnky, oční stíny, řasenky, mýdlo, dětské šampony a mýdla, lubrikanty, depilační produkty, laky. V těchto prostředcích mohou být syntetické PAL právě nahrazeny PAL produkovanými mikroorganismy.

PAL produkované mikroorganismy jsou velice atraktivní jak v oblasti zdravé péče, tak i v kosmetickém průmyslu. V kosmetickém průmyslu jsou všeobecně užívány PAL, které mají minimální dobu spotřeby nejméně 3 roky, proto jsou upřednostňovány ty druhy surfaktantů, které obsahují ve své struktuře nasycené kyseliny. Jako další hodně používané PAL v kosmetickém průmyslu jsou monoglyceridy. [8, 18]

2.2 PAL produkované mikroorganismy v průmyslu

PAL produkované mikroorganismy nabízí mimořádné přínosy v několika průmyslových odvětvích, například v potravinářském průmyslu mají slibné využití.

Nejenže snižují povrchové napětí a tím podporují tvorbu a stabilizaci emulzí, ale mají i další funkce v potravinách. Potlačují například aglomeraci tukových kapének, zlepšují texturu a trvanlivost výrobku s obsahem škrobu, zlepšují konzistenci a strukturu produktů na bázi tuků.

V pekárenském průmyslu jsou například využívány rhamnolipidy pro zlepšení stability těsta, strukturu povrchu a zvětšení objemu pekařského výrobku. [17] Také lecitin a jeho deriváty mastných kyselin, estery glycerolu, sorbitan nebo ethylenglykolu a deriváty monoglyceridů a oligopeptidů jsou využívány jako emulgátory v celém světě průmyslu potravin [9].

V cukrářském průmyslu jsou také využívány rhamnolipidy. Zlepšují vlastnosti nejen mraženého výrobku, ale také šlehačky nebo zmrzliny. Také monoglyceridy se využívají jako emulzifikátory ke stabilizaci tuku v čokoládovém másle. [19]

V ropném průmyslu mohou biosurfaktanty nahradit syntetické analogy ve všech procesech spojených s produkcí ropy – těžení, čerpání, rafinace. Mohou vykazovat ve srovnání i lepší vlastnosti. [23]

Používají se za účelem zvýšení výtěžnosti ropných nalezišť (technologie EOR – enhanced oil recovery). Užívají se samy nebo v kombinaci se syntetickými surfaktanty; snižují povrchové a mezifázové napětí ropy v nalezišti a tím se zlepší tokové vlastnosti, ropa se lépe čerpá při různých typech těžení. Biosurfaktanty se mohou dávkovat separátně, nebo také výhodné mikroorganismy produkující PAL kultivovat přímo ve zdroji naleziště.

K podpoře růstu je možné jednak dodat živiny původní mikroflóry naleziště, nebo dodat přímo nakultivovaný produkční kmen s živným médiem. [18]

Ve farmaceutickém průmyslu mohou biosurfaktanty, konkrétně bakteriální lipopeptidy, sloužit jako pomocné látky v imunologii při přípravě protilátek. Dále mohou pomáhat při boji s patogeny a především s tvorbou biofilmů. Bylo zjištěno, že snižují míru adheze patogenních organismů na povrchu či místech infekce. Je tak možno účinně bojovat například proti *Salmonella typhimurium* a *E. coli*. [11]

3 VÝHODY A NEVÝHODY PAL PRODUKOVANÉ MIKROORGANISMY

V této kapitole jsou uvedeny výhody a nevýhody PAL produkovaných mikroorganismy ve srovnání se syntetickými alternativami.

3.1 Výhody PAL produkovaných mikroorganismy

- Největší výhodou této skupiny PAL je biodegradabilita. Pod slovem biodegradabilita rozumíme biochemický rozklad látek. Pokud tenzid obsahuje látky na přírodní bázi, lépe se rozkládá. Čím více jich obsahuje, tím rychleji rozklad probíhá. Degradace tenzidu se dělí do dvou stupňů.
 - **Primární degradace** – dochází ke změnám chemické struktury látky, ztrácí povrchově aktivní vlastnosti.
 - **Totální degradace** – dochází k úplnému rozkladu na konečné produkty, jako jsou voda, oxid uhličitý, anorganické soli a další látky.

PAL produkované MO na rozdíl od syntetických povrchově aktivních látek jsou snadno degradovány. Tato výhoda je nejperspektivnější v oblasti životního prostředí.

- Další výhodou je nízká toxicita pro životní prostředí, biokompatibilita a stravitelnost pro mikroorganismy, které tyto látky degradují. Proto jsou, PAL produkované mikroorganismy hojně využívány ve farmaceutickém, kosmetickém a potravinářském průmyslu.
- Přínosem je i jejich schopnost tvořit stabilní emulze, které mají životnost měsíce až roky.
- Kladem je, že mohou být prospěšné v detoxikaci odpadních vod, v kontrolování ropných skvrn a v bioremediaci kontaminované půdy. Výhodou je také dostupnost surových materiálů a chemická rozmanitost. [1, 9, 12, 13, 24]

3.2 Nevýhody PAL produkované mikroorganismy

I přes spoustu kladů mají PAL produkované mikroorganismy i své nevýhody.

- Největší nevýhoda je charakter jejich výroby, která je vysoce nákladná, nicméně tento problém může být vyřešen využitím odpadních substrátů.
- Další zápor je, že některé kmeny bakterií mají nízkou produktivitu PAL. To přináší problémy ohledně nákladů výroby.
- V poslední řadě je nutné řešit izolaci PAL produkovaných mikroorganismy. Získávání čistých substancí je velice obtížné, ale prioritní v následné aplikaci v kosmetických, farmaceutických a potravinářských odvětvích. [1, 9, 12, 13, 24]

4 MOŽNÉ PERSPEKTIVY PAL PRODUKOVANÉ MIKROORGANISMY V BUDOUCNOSTI

PAL produkované mikroorganismy mají velice slibné využití v budoucnosti. [23] Nabízejí náhradu za syntetické PAL, které nejsou vyrobené z obnovitelných zdrojů. [27] Výhodou biotenzidů jsou právě obnovitelnost zdrojů, nízká toxicita a biodegradabilita. Přínosem by tedy jistě byl příznivý vliv na životní prostředí i na člověka.

Syntetické PAL jsou v dnešní době obsažené v každém produktu. Jde například o alkylsulfáty nebo sulfonáty s rozvětveným nebo nerozvětveným řetězcem, jež jsou vyráběné z petrochemických či tukových zdrojů. Nachází se jak v oblasti farmaceutické, kosmetické, zemědělské, tak potravinářské a v mnoha dalších. Používání syntetických PAL z pohledu historie mnohonásobně vzrostlo. I když v horizontu posledních několika desetiletí je obtížné se v širokém spektru průmyslu bavit o konkrétních číslech, je možné uvést alespoň odhady. V roce 1995 bylo vyrobeno přibližně 9 milionů tun syntetických PAL a v roce 2008 bylo vyrobeno o 4 miliony tun více. V dnešní době se společnosti snaží nahradit syntetické PAL biologickými alternativami (mikrobiálního původu), a to nejen z důvodu jejich vyšší stability při vysokých teplotách a nepříznivých podmínkách, ale také proto, že jsou snadno biologicky odbouratelné.

I přes tato zmíněná pozitiva několik společností z východní Asie uvádí i jisté nevýhody, takže o širším využití PAL se zatím jen uvažuje. Mezi již zmíněné nevýhody patří především vysoké náklady na jejich výrobu i na jejich získávání a zpracování. [23]

Nejen proto je tedy nutné, aby byly, PAL produkované mikroorganismy neustále předmětem výzkumu. Je důležité získat více informací o jejich struktuře, jejich interakci s půdou a kontaminanty; aby došlo ke snížení výrobních nákladů a zvýšila se i produktivita. [23] Je nutné i zmapovat celý proces – reaktory, kultury, substráty, podmínky a možnosti zlepšení. Za zmínku stojí i počet patentů, které během posledních 20 let zaznamenaly rozvoj. Míra úspěchu komercializace je však nízká, a to z obvyklého ekonomického důvodu jako jsou výrobní náklady. [17]

ZÁVĚR

Tato práce se zabývá původem, historií o používání a definicemi povrchově aktivních látek. Byly probrány klasifikace povrchově aktivních látek syntetických i mikrobiálního původu. Dále bylo zmíněno využití PAL produkovaných mikroorganismy v kosmetice a v průmyslu. Srovnány byly výhody a nevýhody PAL produkovaných mikroorganismy. V závěru je možné srovnat perspektivy v budoucnu.

Tenzidy jsou povrchově aktivní látky, které mají amfifilní charakter, který jím umožňuje snižovat mezifázové napětí. Tím mohou tvořit emulze, pěnit, lépe smáčet povrchy a tak snadno odstraňovat nečistoty. Tenzid je povrchově aktivní syntetická látka, kdežto biotenzid je povrchově aktivní látka produkovaná mikroorganismy. Povrchově aktivní syntetické látky mají ve srovnání mnoho nevýhod, ať z hlediska výrazné pěnivosti, z pohledu negativního vlivu na vodní hospodářství, nízké biodegradability nebo toxicity.

PAL produkované mikroorganismy mají velký potenciál na trhu a je tedy zřejmé, že produkce tenzidů bude vykazovat stoupající trend v dalších letech. Biotenzidy přispívají k udržitelnosti průmyslu tím, že nezatěžují životní prostředí. Snižují komplikace v čistírnách odpadních vod, nezamožují životní prostředí v takové míře jako jejich syntetické analogy, navíc jejich degradace probíhá rychleji. Rovněž s ohledem na aktuální trendy v petrochemickém průmyslu, produkce biotenzidů není závislá na zdrojích ropy a světovém kurzu. V současné době je problémem i vysoká senzitivita lidí, především dětí, vůči syntetickým tenzidům. Biotenzidy by i v tomto ohledu mohly být přínosné, neboť jsou šetrnější k pokožce. Podle mého názoru bude aplikace klasických tenzidů postupně nahrazena tenzidy produkovanými mikroorganismy. Výzkumná centra, která se zabývají touto problematikou, by se však měla zaměřit na ekonomickou otázku – hledání vhodných produkčních kmenů, zvýšení produktivity mikroorganismů a izolaci čistých PAL, stejně jako výběr vhodných substrátů, ať už primárních, nebo odpadních.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HŘIBOVÁ, Šárka. 2013. *EKOTOXIKOLOGICKÉ HODNOCENÍ PROSTŘEDKŮ NA BÁZI TENZIDŮ*. Dostupné také z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=62863. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Helena Zlámalová.
- [2] MYERS, Drew. 2006. *Surfactants science and technology*. Dostupné také z: <http://www.slideshare.net/astridkuyuzzz/surfactant-science-and-technology-third-edition>, ISBN-13 978-0-471-68024-6.
- [3] JARŮŠKOVÁ, KLÁRA. *STANOVENÍ TENZIDŮ METODOU KAPILÁRNÍ ZÓNOVÉ ELEKTROFORÉZY*. Dostupné také z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=81668. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně
- [4] Chemie technologie tensidů II: Biotenzidy. [online]. [cit. 2014-02-21]. Dostupné z: [file:///C:/Users/Denisa%20Vizentov%C3%A1/Downloads/Prezentace%2009%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Denisa%20Vizentov%C3%A1/Downloads/Prezentace%2009%20(1).pdf)
- [5] ŠMIDRKAL, JAN. 1999. *TENZIDY A DETERGENTY DNES*. : 421-427. Dostupné také z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/1999_07_421-427.pdf
- [6] ZAJÍCOVÁ, Markéta. 2009. *Hodnocení obsahu tensidů ve vodách: Assessmant of surfactants levels in waters*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta chemická, 1 elektronický optický disk [CD-ROM / DVD]. Dostupné také z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=17162. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [7] WILLIAMS, Kaellyn. *Biosurfactants for Cosmetics Application: Overcoming production challenges*. Michigan State University, 2009, s. 78-83.
- [8] GAUTAM, K.K. a V.K. TYAGI. *Microbial Surfactants: A Review*. Indie: Journal of Oleo Science, 2006, s. 155-166. DOI: 10.5650/jos.55.155.
- [9] RAHMAN, K.S.M. a E. GAKPE. *Production, characterisation and applications of Biosurfactants: Review*. Asian Network for Scientific Information, s. 360-370. DOI: 10.3923/biotech.2008.360.370.
- [10] BROWN, M.J. *Biosurfactants for cosmetic application*. International Journal of Cosmetic Science, s. 61-64. DOI: 10.1111/j.1467-2494.1991.tb00549.x.

- [11] FATHABAD, Eshrat. Biosurfactants in pharmaceutical industry: A mini review. Academic Journals Inc., 2010, s. 1-11. DOI: 10.3923/ajdd.2011.58.69. ISSN 21 50-427x.
- [12] SANKET G., Kapadia a Yagnik B. N. 2013. Current Trend and Potential for Microbial Biosurfactants. *Asian Journal of Experimental Biological Sciences*. : 1-8. ISSN 0975-5845. Dostupné také z: www.ajeb.com
- [13] NITSCHKE, M a S.G.V.A.O. COSTA. *Biosurfactants in food industry*. **2007**(18): 252-259.
- [14] FINNERTY, William R. 1994. Biosurfactants in environmental biotechnology. *Current opinion in biotechnology*. : 291-295. ISSN 0958-1669. DOI:10.1016/0958-1669(94)90031-0
- [15] PACWA-PŁOCINICZAK, Magdalena, Grażyna A. PŁAZA, Zofia PIOTROWSKA-SEGET a Swaranjit Singh CAMEOTRA. 2011. Environmental Applications of Biosurfactants: Recent Advances. *International Journal of Molecular Sciences*. 12(12): 633-654. DOI: 10.3390/ijms12010633. ISSN 1422-0067. Dostupné také z: <http://www.mdpi.com/1422-0067/12/1/633/>
- [16] REIS, R.S., G.J. PACHECO, A.G. PREIREA a D.M.G. FREIRE. 2013. *Biosurfactants: Production and Applications*. : 31-61. Dostupné také z: <http://dx.doi.org/10.5772/56144>
- [17] MÜLLER, Markus Michael, Johannes H. KÜGLER, Marius HENKEL, Melanie GERLITZKI, Barbara HÖRMANN, Martin PÖHNLEIN, Christoph SYLDATK, Rudolf HAUSMANN a Steve OROBEC. 2012. Rhamnolipids—Next generation surfactants? *Journal of Biotechnology*. **162**(4): 366-380. DOI: 10.1002/9783527625130. Dostupné také z: www.elsevier.com/locate/jbiotec
- [18] KOSARIC, N. Biosurfaktant in industry. 1992, s. 1731-1737.
- [19] SCHRAMM, Laurier L., Elaine N. STASIUK a D. Gerrard MARANGONI. 2003. Surfactants and their applications. *Annual Reports Section "C" (Physical Chemistry)*. **99**: 3-48. DOI: 10.1039/b208499f. ISSN 0260-1826. Dostupné také z: <http://xlink.rsc.org/?DOI=b208499f>
- [20] ŠEVČÍKOVÁ, Petra. 2010. *Příprava emulzí*. Dostupné také z: https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/11218/%C5%A1ev%C4%8D%C3%ADkov%C3%A1_2010_dp.pdf?sequence=1. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.

- [21] MIKUŠOVÁ, Nikola. 2012. *Antibakteriální účinky mikroemulzí vybraných monoacylglycerolů*. Dostupné také z: https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/22127/miku%C5%A1ov%C3%A1_2012_bp.pdf?sequence=1. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [22] *Trehalosa Sigma-Aldrich* [online]. 2015. [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/700452?lang=en>
- [23] PERFUMO, Amedea, Ivo RANCICH a Ibrahim M. BANAT. 2008. *Possibilities and Challenges for Biosurfactants Uses in Petroleum Industry*. : 1-11.
- [24] KOSARIC, Naim. 2001. Biosurfactants and Their Application for Soil Bioremediation. *Food Technol. and Biotechnol.* : roč 39, č. 4, s. 295-304.
- [25] *Sophorosa. Sigma-Aldrich* [online]. [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/search?term=sophorose&interface=All&N=0&mode=match%20partialmax&lang=en&ion=CZ&focus=product>
- [26] ZÁVADA, Jaroslav. 2013. *Fyzikálně-chemická podstata flotace*. Dostupné také z: http://hgf10.vsb.cz/546/Flotace/text_2.htm
- [27] MARCHANT, Roger a Ibrahim M. BANAT. 2012. *Microbial biosurfactants: challenges and opportunities for future exploitation*. : roč 30, č. 11, s. 558-564. DOI: 10.1016/j.tibtech.2012.07.003.
- [28] *Rhamnosa. Sigma-Aldrich* [online]. [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/w373011?lang=en&ion=CZ>
- [29] MACHAŇOVÁ, D. *Předúprava textilií*. : Část 1. Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2005. 190 s. ISBN 80-7083-971-6.
- [30] FRACCHIA, Letizia, Massimo CAVALLO, Maria Giovanna MARTINOTTI a Ibrahim M. BANAT. 2012. *Biosurfactants and Bioemulsifiers Biomedical and Related Applications – Present Status and Future Potentials*. : 325-369. Dostupné také z: <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/26371.pdf>, DOI: 10.5772/23821.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PAL Povrchově aktivní látky

HLB Hydrofilně-lipofilní rovnováha

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1: Molekula tenzidu obsahující nepolární hydrofobní část a polární hydrofilní část	13
Obrázek 2: Odstranění nečistoty z povrchu materiálu tenzidem	13
Tabulka 1: Rozdělení PAL z hlediska HLB hodnoty.....	16
Tabulka 2: Mikrobiální tenzidy	17
Obrázek 3: Struktura rhamnolipidů s jednou molekulou rhamnosy (vlevo) a se dvěmi molekulami rhamnosy (vpravo)	18
Obrázek 4: Struktura Trehalolipidu	19
Obrázek 5: Kyselina mykolová.....	19
Obrázek 6: Struktura Sophorolipidu	20
Obrázek 7: Struktura lypopeptidu Surfactinu	20
Obrázek 8: Emulsan.....	21

