

# **Probiotika k produkci biosurfaktantů a jejich perspektiva pro kosmetické aplikace**

Kateřina Müllerová

---

Bakalářská práce  
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Akademický rok: 2022/2023

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Kateřina Müllerová**  
Osobní číslo: **T20597**  
Studijní program: **B0711A130009 Materiály a technologie**  
Specializace: **Biomateriály a kosmetika**  
Forma studia: **Prezenční**  
Téma práce: **Probiotika k produkci biosurfaktantů a jejich perspektiva pro kosmetické aplikace**

## Zásady pro vypracování

Zpracujte rešerši věnovanou probiotickým bakteriím a z nich produkováným biosurfaktantům.  
Zaměřte se na jejich vlastnosti a praktický význam, zejména se soustředte na potenciál pro kosmetický průmysl.

---

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] Sharma, D., Saharan, B. S., Kapil, S. *Biosurfactants of Lactic Acid Bacteria*. Springer 2016, ISBN 978-3-319-26213-0.  
[2] Hajfarajollah, H., Eslami, P., Mokhtarani, B. Biosurfactants from probiotic bacteria: A review. *Biotechnology and Applied Biochemistry* 2018, 65, 768-783.  
[3] Puebla-Barragan, S., Reid, G. Probiotics in Cosmetic and Personal Care Products: Trends and Challenges. *Molecules* 2021, 26, 1249.  
[4] Vecino, X., Cruz, J.M., Moldes, A.B. Biosurfactants in cosmetic formulations: trends and challenges. *Critical Reviews in Biotechnology* 2017, 37, 911–923.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jana Sedlaříková, Ph.D.**  
Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Datum zadání bakalářské práce: **1. února 2023**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2023**

L.S.

---

**prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.**  
děkan

---

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

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji 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;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – 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);
- pokud bylo k vypracování bakalářské 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 práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### **Prohlašuji,**

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce pojednává o problematice probiotických biosurfaktantů. Po úvodní klasifikaci mikrobiálních biotenzidů získávaných především z patogenních mikroorganismů následuje charakteristika probiotických typů, včetně zdrojů jejich získávání a způsobů detekce. Další část práce je zaměřena na význam probiotických biosurfaktantů v kosmetice, zemědělství a v jiných oblastech průmyslu. V závěru jsou uvedeny příklady výrobků s obsahem biosurfaktantů dostupné na současném trhu.

Klíčová slova: Biosurfaktanty, bakterie mléčného kvašení, kosmetika, probiotika, zdravotnictví.

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis deals with the issue of probiotic biosurfactants. After an initial classification of microbial biosurfactants derived mainly from pathogenic microorganisms, a characterization of probiotic types follows, including their sources and methods of detection. The next part of the thesis focuses on the importance of probiotic biosurfactants in cosmetics, agriculture and other areas of industry. Finally, examples of products containing biosurfactants available on the current market are given.

Keywords: Biosurfactants, cosmetics, healthcare, lactic acid bacteria, probiotics.

Tímto bych ráda poděkovala vedoucí mé práce doc. Ing. Janě Sedlaříkové Ph. D. za pomoc při jejím zpracování a za poskytnuté materiály.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>7</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>8</b>
<b>1 BIOSURFAKTANTY</b> .....	<b>9</b>
1.1 KLASIFIKACE.....	9
1.1.1 Glykolipidy .....	9
1.1.2 Lipoproteiny, lipopeptidy.....	9
1.1.3 Mastné kyseliny, fosfolipidy.....	10
1.1.4 Polymerní surfaktanty .....	10
1.2 VLASTNOSTI BIOSURFAKTANTŮ .....	10
1.3 APLIKACE BIOSURFAKTANTŮ .....	10
1.4 ZDROJE BIOSURFAKTANTŮ .....	12
<b>2 PROBIOTICKÉ BIOSURFAKTANTY</b> .....	<b>13</b>
2.1 PROBIOTIKA PRO VÝROBU BIOSURFAKTANTŮ.....	14
2.1.1 Kyselina mléčná .....	15
2.2 PRODUKCE PROBIOTICKÝCH BIOSURFAKTANTŮ .....	16
2.3 EXTRAKCE PROBIOTICKÝCH BIOSURFAKTANTŮ.....	17
2.4 DETEKCE PROBIOTICKÝCH BIOSURFAKTANTŮ .....	19
2.4.1 Test hemolytické aktivity .....	19
2.4.2 Test tolerance kyselosti .....	19
2.4.3 Test na snášenlivost žluči.....	19
2.4.4 Test na agarové plotně CTAB.....	19
2.4.5 Test rozestření oleje .....	20
<b>3 VÝZNAM PROBIOTICKÝCH BIOSURFAKTANTŮ V PRAXI</b> .....	<b>22</b>
3.1 ZDRAVOTNICTVÍ.....	22
3.1.1 Antimikrobiální aktivita .....	23
3.1.2 Antiadhezní vlastnosti probiotických surfaktantů.....	25
3.2 KOSMETIKA.....	28
3.3 POTRAVINÁŘSTVÍ.....	30
3.4 ZEMĚDĚLSTVÍ.....	32
3.5 DETERGENTY .....	32
<b>4 PŘÍKLADY PRODUKTŮ S OBSAHEM BIOSURFAKTANTŮ</b> .....	<b>34</b>
4.1 PLEŤOVÁ ESENCE SE ŠNEČÍM EXTRAKTEM (COSR X).....	34
4.2 BALZÁM NA RTY BLUEBERRY (MOSSA COSMETICS) .....	35
4.3 COLLOIDAL MASQUE BASE (DERMALOGICA) .....	36
4.4 FRUIT BUTTER LIP MASK (SERAPHINE BOTANICALS) .....	37
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>39</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>40</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>51</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>52</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>53</b>

## ÚVOD

Řada výrobců v různých průmyslových odvětvích se v dnešní době musí vyrovnat s rostoucí poptávkou spotřebitelů po nahrazení syntetických látek přírodními alternativami. Surfaktanty jsou povrchově aktivní látky, které můžeme najít skoro v každém produktu ať už určeném pro osobní hygienu nebo úklid. Jedná se většinou o látky syntetické, a tudíž ne příliš šetrné k životnímu prostředí.

Biosurfaktanty pocházející z různých druhů mikroorganismů od bakterií po kvasinky představují zajímavou alternativu jejich syntetických protějšků. Molekuly biosurfaktantů jsou tvořeny látkami tělu vlastními, jako jsou cukry, aminokyseliny nebo mastné kyseliny. Kromě toho, že jsou biodegradabilní, nejsou dráždivé pro pokožku a nezpůsobují kožní alergie. Nelze opomenout ani jejich širokospektrální antimikrobiální aktivitu a antiadhezní vlastnosti, díky nimž vykazují velký potenciál pro farmaceutický průmysl. Patogenní povaha některých mikroorganismů, produkujících běžněji známé biosurfaktanty, může ovšem značně limitovat jejich aplikace v některých sektorech. Probiotické typy biosurfaktantů jsou získávány z nepatogenních a bezpečných zdrojů. Nejčastěji se jedná o bakterie mléčného kvašení, rodů *Lactobacillus* nebo *Lactococcus*, které vykazují řadu příznivých účinků na lidský organismus.

Cílem práce bylo představit rozvíjející se skupinu mikrobiálních povrchově aktivních látek a zaměřit se na jejich význam v praktických aplikacích, zejména pak v kosmetickém průmyslu.



## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 BIOSURFAKTANTY

Biosurfaktanty, jsou surfaktanty přírodního původu vylučované různými druhy mikroorganismů. Díky svým vlastnostem, jako je například nízká toxicita nebo dobrá biologická odbouratelnost by v budoucnu mohly nahradit surfaktanty syntetického původu [1].

### 1.1 Klasifikace

Biosurfaktanty lze rozdělit na základě různých kritérií, a to podle jejich molekulové váhy, chemického složení, mikrobiálního původu a také podle toho, zda jsou extracelulární nebo jsou součástí buněčné stěny [1]. Je známo, že biosurfaktanty s nízkou molekulovou hmotností jsou schopny snižovat povrchové a mezifázové napětí. Do této skupiny se řadí glykolipidy a lipopeptidy, z nichž konkrétním příkladem je surfaktin. Naopak biosurfaktanty s vysokou molekulovou hmotností, které bývají označovány jako bioemulgátory, slouží především ke stabilizaci olejů v emulzích, zatímco vliv na snižování povrchového napětí je minimální [1][2].

#### 1.1.1 Glykolipidy

Glykolipidy patří do skupiny lipidů, které jsou tvořeny monosacharidickými jednotkami s různým počtem uhlíků. Patří sem např. rhamnolipidy, sophorolipidy nebo mannosylerythritol lipidy [3].

#### 1.1.2 Lipoproteiny, lipopeptidy

Do této skupiny se řadí cyklické biosurfaktanty obsahující lipidovou molekulu navázanou na polypeptid nebo řetězec aminokyseliny. Jedná se o látky s významnou povrchovou aktivitou produkované bakteriemi rodu *Bacillus* [3].

Surfaktin produkovaný *Bacillus subtilis*, jako zástupce skupiny lipopeptidů, bývá považován za jeden z nejvýznamnějších biosurfaktantů. Je tvořen sedmi aromatickými aminokyselinami navázanými pomocí hydroxy methyl tetradekanové mastné kyseliny. Surfaktin je schopný zásadně snížit povrchové napětí a mimo jiné má vynikající pěnicí schopnost v porovnání s dodecyl sulfátem sodným [4], [5], [6].

### 1.1.3 Mastné kyseliny, fosfolipidy

Některé bakterie nebo kvasinky produkují velké množství látek typu mastných kyselin a fosfolipidů s povrchovými vlastnostmi během svého růstu na n-alkanových substrátech. Takto produkované mastné kyseliny se v důsledku mikrobiální oxidace mohou řadit mezi surfaktanty. Fosfolipidy tvoří z velké části mikrobiální membrány, jejich množství se může výrazně zvýšit v případě, že dochází k růstu bakterie nebo kvasinky na alkanovém substrátu [7].

### 1.1.4 Polymerní surfaktanty

Většina biosurfaktantů jsou polymerní heterosacharidy obsahující proteiny, z nichž nejvíce známými jsou emulsan, liposan nebo mannoprotein [7].

## 1.2 Vlastnosti biosurfaktantů

Surfaktanty obecně jsou amfifilní látky, což znamená, že mají současně jak hydrofilní, tak lipofilní vlastnosti. Jedná se o látky povrchově aktivní, tedy snižující povrchové napětí na fázovém rozhraní. Mohou být buď přírodního nebo syntetického původu [8]. [9].

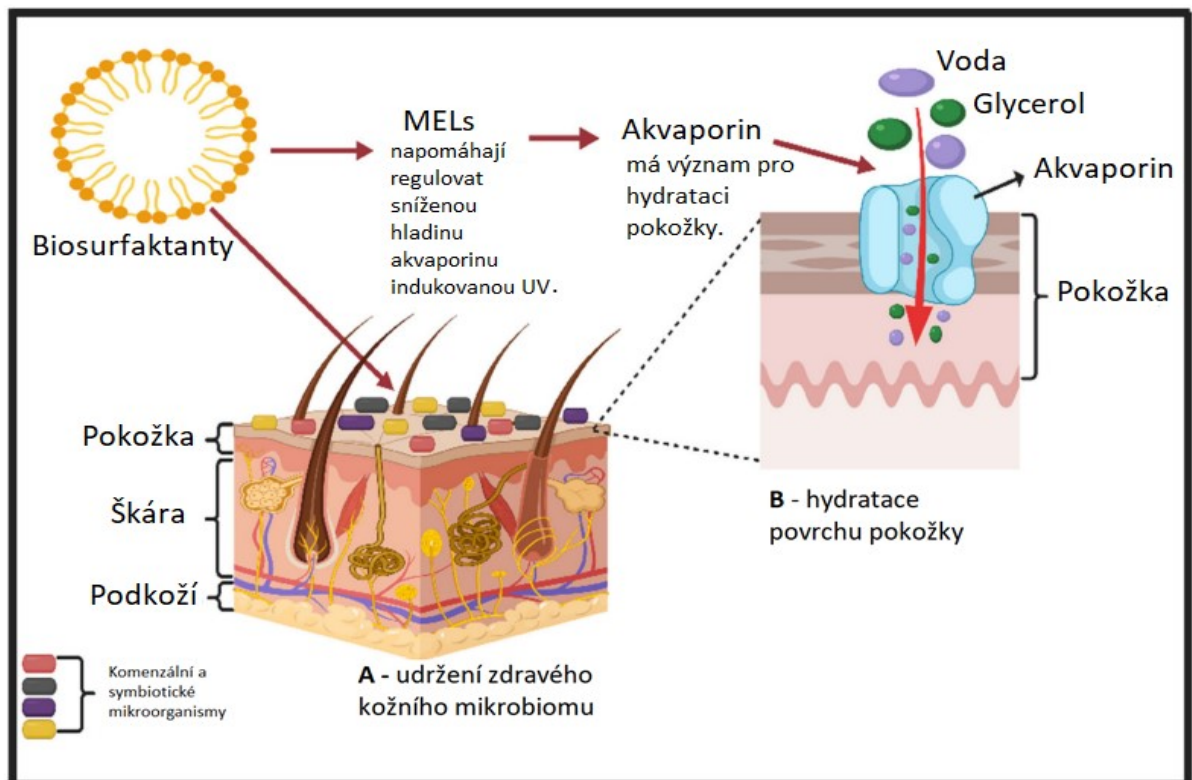
## 1.3 Aplikace biosurfaktantů

Biosurfaktanty se mohou díky jejich významným fyzikálně-chemickým a biologickým vlastnostem aplikovat v potravinářském, kosmetickém, či farmaceutickém průmyslu. Oproti surfaktantům syntetického původu, jsou biosurfaktanty šetrnější k životnímu prostředí. Díky jejich antimikrobiálním účinkům jsou některé typy využívány jako antibiotika. V důsledku jejich dobré odbouratelnosti a nízké toxicity se v posledních letech začaly využívat ve větším měřítku např. v biotechnologiích, dále pak pro výrobu insekticidů v zemědělském průmyslu nebo v již zmiňované oblasti výroby kosmetiky a léčiv. Další využití nacházejí biosurfaktanty při přípravě antiadhezních, nepřilnavých povrchů, nebo při bioremediačních procesech vod a půd [10].

V potravinářství jsou biosurfaktanty využívány jako emulgátory, konkrétně biosurfaktant produkovaný kvasinkou *Candida utilis* byl aplikován pro stabilizaci majonézy. Ve farmaceutickém průmyslu jsou kromě antimikrobiálních vlastností využívány

antifoulingové, protinádorové a protizánětlivé účinky. Surfaktin je schopný působit proti bakteriím, virům nebo nádorovým onemocněním. Naopak lipopeptidy mají účinky cytotoxické [10].

Biosurfaktanty obecně představují perspektivní alternativu syntetických povrchově aktivních látek, které sice dokáží účinně odstranit nečistoty z pokožky a vykazují dobré pěnicí vlastnosti, ale na druhou stranu s sebou nesou rizika v podobě podráždění, alergických reakcí anebo změny kožního mikrobiomu [11]. Molekula biosurfaktantů je tvořena cukernou, bílkovinnou a tukovou složkou, tudíž se podobá složení buněčných membrán, které jsou schopny např. udržovat kyselé pH pokožky nebo zachovávat zdravý kožní mikrobiom. Jejich potenciál pro kosmetický průmysl spočívá kromě kompatibility s pokožkou také v hydratačních účincích, které lze využít v přípravcích, jako jsou hydratační krémy a masky na vlasy [12]. Biosurfaktanty lze také využít do přípravků pro obnovu poškozené struktury vlasu, případně jako součást produktů na ochranu před slunečním zářením (Obr. 1) [11].



Obrázek 1 Potenciální benefity glykolipidových a lipopeptidových biosurfaktantů na lidskou pokožku [11]

Navíc byly prokázány jejich výborné pěnotvorné, detergenční a solubilizační vlastnosti [11]. Biosurfaktant, získaný z rodu bakterií *Nocardiopsis*, byl studován jako ekologicky šetrnější alternativa klasického dodecyl sulfátu sodného ve složení zubní pasty [12].

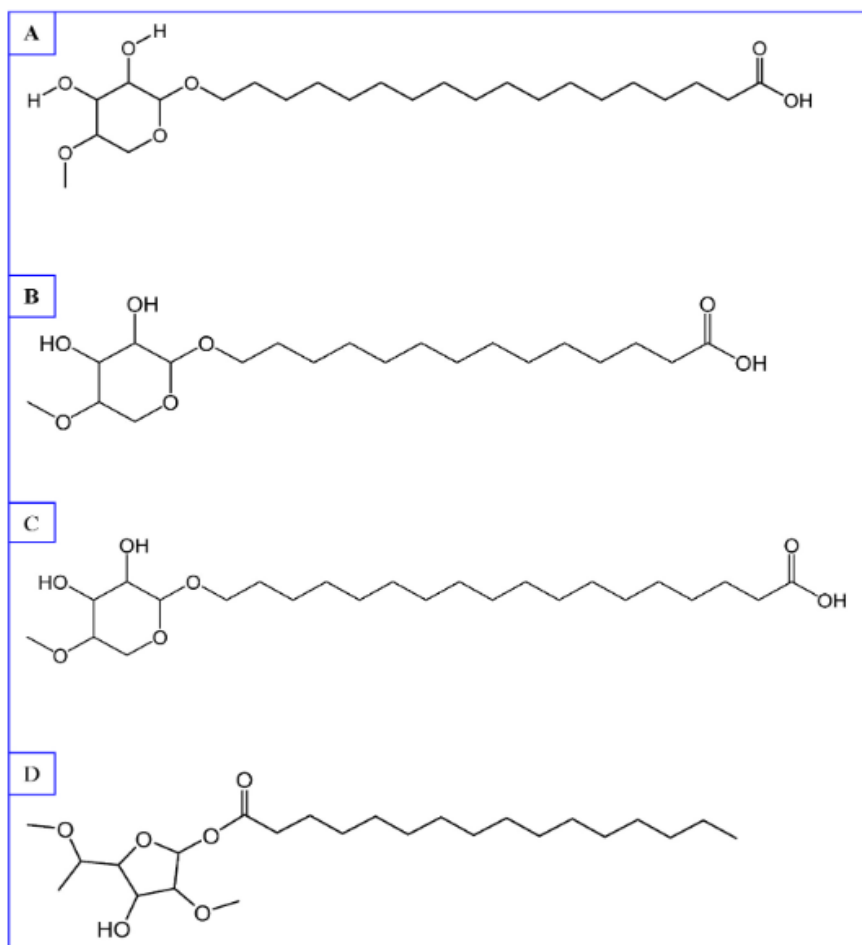
#### 1.4 Zdroje biosurfaktantů

Biosurfaktanty jsou získávány z různých typů mikroorganismů. Například rhamnolipidy ze skupiny glykolipidů jsou produkovány kmenem bakterií *Pseudomonas*, sophorolipidy pak kmeny *Candida*. Mannosylerythritol lipidy (MEL) mohou být syntetizovány z kvasinek *Pseudozyma*. Tento typ biosurfaktantů je směsí tří druhů derivátů, konkrétně MEL-A (které představují až 70 %), MEL-B a MEL-C. Nejvýznamnější zástupce skupiny lipopeptidů, surfaktin, je produkován druhem *Bacillus* [13].

## 2 PROBIOTICKÉ BIOSURFAKTANTY

Vzhledem k příznivému vlivu probiotických bakterií na lidské zdraví přitahuje i skupina biosurfaktantů z nich produkovaná v poslední době rostoucí zájem.

Charakterizace biosurfaktantů se liší podle produkujícího mikroorganismu a substrátu, který je použit pro kultivaci LAB. Kmeny laktobacilů produkují širokou škálu komplikovaných povrchově aktivních sloučenin, což následnou identifikaci ztěžuje. Z těchto důvodů není k dispozici mnoho literárních studií věnujících se právě struktuře biosurfaktantů produkovaných LAB. Lze tedy konstatovat, že biosurfaktanty jsou komplexní směsi sloučeniny, z nichž příklady některých struktur jsou znázorněny na Obr. 2. Například glykolipid produkovaný *Lactococcus lactis* je složen z 2 -methyl-O-methyl- $\beta$ -D-xylopyranosyl oktadekanové kyseliny. Dalším zástupcem je xylolipid z *Lactobacillus helveticus*, která ve své struktuře obsahuje xylopyranosyl oktadenovou kyselinu. Na základě provedených studií je kyselina oktadekanová potvrzena jako primární složka LAB biosurfaktantů [14].



Obrázek 2 Chemická struktura biosurfaktantů: A = glykolipid produkovaný *L. lactis*, B = xylolipid produkovaný *L. helveticus* MRTL91, C = xylolipid produkovaný *E. faecium* MRTL9, D = rhamnolipidy produkované *L. casei* TM1B [14]

## 2.1 Probiotika pro výrobu biosurfaktantů

Probiotika lze definovat jako živé, nepatogenní organismy, které ve správném množství působí pozitivně na tělo hostitele. Významně mohou působit např. při úpravě nebo udržení zdravé střevní mikroflóry [15]. Nejrozšířenější skupinou bakterií produkujících probiotické biosurfaktanty jsou bakterie mléčného kvašení (zkr. LAB, z ang. lactic acid bacteria). Biosurfaktanty tohoto typu se pak nejčastěji řadí do skupiny lipidů nebo mastných kyselin [16]. Právě bakterie mléčného kvašení, které jsou běžně využívány pro výrobu fermentovaných potravin, mohou mít na zdraví člověka pozitivní účinky. Obvykle bývají popisovány jako bakterie ze skupiny gram pozitivních, nesporelujících, kataláza-negativních, fermentativních a kyseliny tolerujících, spíše anaerobních mikroorganismů.

Kyselinu mléčnou tyto bakterie produkují jako konečný produkt fermentace. Mezi významné rody tohoto druhu řadíme *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Sporolactobacillus*, a *Bifidobacterium*.

Kromě jmenovaných zástupců lze do skupiny probiotik zařadit i jiné druhy, které ale mají z hlediska využití v potravinářství nebo kosmetice menší význam. Mezi biosurfaktant produkující zástupce patří *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactococcus lactis*, *Streptococcus thermophilus*, and *Propionibacterium freudenreichi* [16].

### 2.1.1 Kyselina mléčná

Kyselina mléčná (angl. polylactic acid, zkráceně PLA) patří do skupiny alifatických polyesterů a lze ji běžně získat z  $\alpha$ -hydroxy kyselin, kam patří mimo jiné kyselina glykolová nebo mandlová. Jedná se o biodegradabilní, termoplastický polymer s vysokou pevností a velkou ohebností, který lze snadno zpracovávat vytlačováním, nebo zvlákňováním. Patří mezi malou skupinu polymerů, u nichž lze snadno modifikovat stereochemickou strukturu, což umožňuje vznik vysokomolekulárních amorfních nebo krystalických polymerů, které jsou deklarovány jako bezpečné, co se týká kontaktu s potravinami, např. při výrobě obalových materiálů. Rozklad kyseliny mléčné probíhá hydrolýzou bez přítomnosti enzymů. Rychlost rozkladu pak závisí na samotném druhu mléčné kyseliny, velikosti, tvaru molekuly nebo teplotě, při níž hydrolýza probíhá [17]. Mléčná kyselina z procesu fermentace je známá pro své účinky v kosmetických přípravcích. Použití LAB bakterií může být velmi efektivní pro kosmetický průmysl, ve smyslu zlepšení bezpečnosti a funkčnosti některých složek kosmetiky. Konkrétními příklady využití v kosmetickém průmyslu jsou například produkty pro ústní hygienu, kde jsou využívány antimikrobiální vlastnosti kyseliny mléčné. Její deriváty jsou pak aplikovány pro jejich výborné emulgační schopnosti [18]. [20].



## 2.2 Produkce probiotických biosurfaktantů

Většina probiotických biosurfaktantů je syntetizována právě pomocí bakterií z LAB skupiny, jako jsou např. bakterie rodů *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Lactococcus* a jiné. Zástupce LAB skupiny lze rozdělit na základě metabolismu sacharidů na dva typy, a to na homofermentativní a heterofermentativní. Příkladem pro první skupinu mohou být rody *Lactococcus*, *Enterococcus* nebo *Streptococcus*, zástupci heterofermentativních bakterií jsou pak např. rody *Leuconostoc* nebo *Weissella*. Obecně lze říci, že existuje velké množství bakterií, které bychom mohli označit za probiotické, v Tabulce 1 jsou uvedeni významní zástupci a jejich fyzikálně-chemické vlastnosti [20].

Tabulka 1 Přehled vlastností vybraných probiotických biosurfaktantů [20].

Mikroorganismus	Typ biosurfaktantu	Min. povrchové napětí (mN/m)	Zařazení	Max. výtěžek (g/l)
<i>Lactobacillus casei</i> CECT-5275	Extracelulární	42/50	Surfaktin	1,6
<i>Lactobacillus rhamnosus</i> CECT-288	Extracelulární	40/50	Surfaktin	1,7
<i>Lactococcus lactis</i>	Extracelulární	40	Glykolipid	-
<i>Streptococcus thermophilus</i> A	Součást buněčné stěny	36/72	Glykolipid	-
<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	Extracelulární	-	Glykolipid	5,35
<i>Lactobacillus pentosus</i>	Součást buněčné stěny	56/72.6	-	0,005
<i>Lactobacillus heveticus</i> MRTL91	Součást buněčné stěny	39.5	Glykolipid	0,8

Produkce biosurfaktantů je ovlivněna řadou faktorů, jako jsou kultivační podmínky, složení kultivačního média (jako je zdroj uhlíku, dusíku a anorganických solí, obsah mikroživin). Vliv má i charakter vnějšího prostředí, jako je teplota, pH nebo stupeň provzdušňování. Efektivita produkce biosurfaktantů dále závisí na fázi růstu buněčného cyklu [21].

### **2.3 Extrakce probiotických biosurfaktantů**

Pro extrakci biosurfaktantů z kultivačních médií lze využít různé metody, z nichž některé jsou uvedeny v Tabulce 2. Teplota a doba kultivace závisí na vybraném kmenu mikroorganismů, stejně tak jako typ použitého média. [22].

Běžně se pro extrakci biosurfaktantů využívá fosfátový pufr PBS (z angl. zkratky phosphate buffered saline). Po inkubaci na vhodném médiu se buňky po centrifugaci resuspendují právě pomocí roztoku PBS. Bakterie se ponechají při pokojové teplotě a za mírného míchání dochází k uvolnění biosurfaktantu. Po odstředění získané suspenze je supernatant s obsahem uvolněného biosurfaktantu přečištěn [22].

Tabulka 2 Růstové podmínky a metoda extrakce vybraných biosurfaktantů [22].

Kmen	Substrát, podmínky růstu	Druh extrakce
<i>Lactobacillus casei</i> CECT-5275	MRS médium 37 °C 72 hodin Protřepávací baňka	Centrifugace PBS
<i>Lactobacillus rhamnosus</i> CECT-288	MRS médium 37 °C 72 hodin Protřepávací baňka	Centrifugace PBS
<i>P. aeruginosa</i> (ATCC 9027)	Kay's medium 37 °C 24 hodin	Okyselování
<i>L. acidophilus</i> RC14	MRS médium 37 °C 18 hodin	PBS

Další možností extrakce biosurfaktantů je ultrazvuková (UTZ) dezintegrace buněk. Po nárůstu buněk je supernatant z kultivačního media odstraněn centrifugací. Buňky jsou pak resuspendovány v destilované vodě a biosurfaktant je extrahován pomocí ultrazvuku [22].

Pro účely extrakce je také možné využít kyselinu chlorovodíkovou (HCl). Odstředěním je odstraněn kultivační bujon, za účelem získání bezbuněčného supernatantu. Ten je následně okyselen pomocí HCl na pH 2 a přes noc inkubován. Vzniklá sraženina se zkoncentruje odstředěním a extrahuje pomocí vhodného rozpouštědla, jako je například chloroform nebo etylacetát. Biosurfaktant se poté rozpustí v destilované vodě o pH 7 [22].

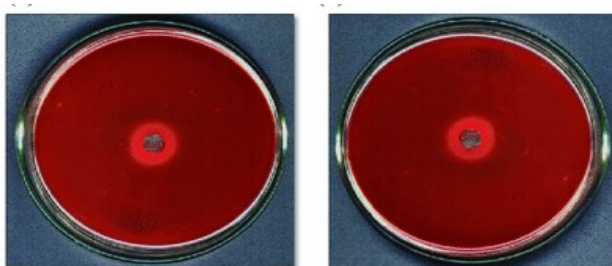
Pro extrakci probiotických biosurfaktantů je také možno kombinovat různá rozpouštědla a následně provést odpaření na vakuové odparce. Přečištění výsledného produktu je možno provést pomocí gelové chromatografie.

## 2.4 Detekce probiotických biosurfaktantů

K detekci probiotických biosurfaktantů lze využít různé metody, jako například test homolytické aktivity, test tolerance kyselosti nebo test snášenlivosti žluči [23].

### 2.4.1 Test hemolytické aktivity

Na sterilní médium MRS (z ang. de Man Rogosa Sharpe) je aplikován roztok 5 % ní krve. Izoláty jsou pak separátně naočkovány na médium s aplikovanou krví, inkubovány za mikroaerofilních podmínek a 37 °C po dobu 24-48 h (Obr. 3) [23].



Obrázek 3 Test hemolytické aktivity [24]

### 2.4.2 Test tolerance kyselosti

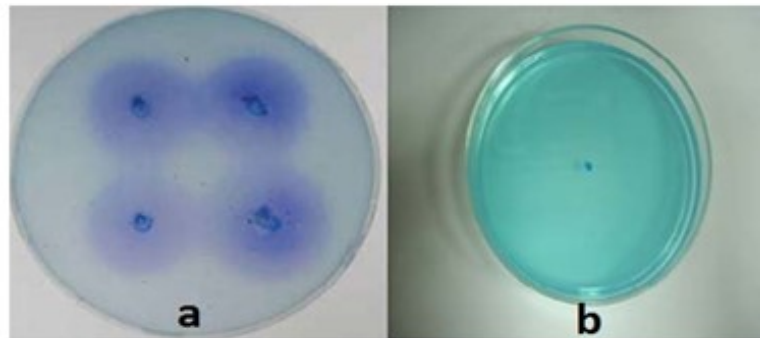
Bakteriální buňky jsou z média MRS odebrány pomocí centrifugace a následně promyty pomocí fosfátového pufru. Následně jsou resuspendovány v pufru o hodnotě pH 2 až 4, inkubovány opět při 37 °C po dobu 120 minut. Po inkubaci je porovnán výskyt bakteriálních buněk, pozitivní nárůst se projeví změnou zákalu a barvy [25].

### 2.4.3 Test na snášenlivost žluči

Sterilní MRS bujóny o různých koncentracích žluči od 0,1 až po 0,5 % jsou naočkovány čerstvými izoláty a poté inkubovány za mikroaerofilních podmínek, při 37 °C po dobu 24-48 h. Pozitivní výsledky jsou prokázány změnou barvy a vznikem zákalu [25].

### 2.4.4 Test na agarové plotně CTAB

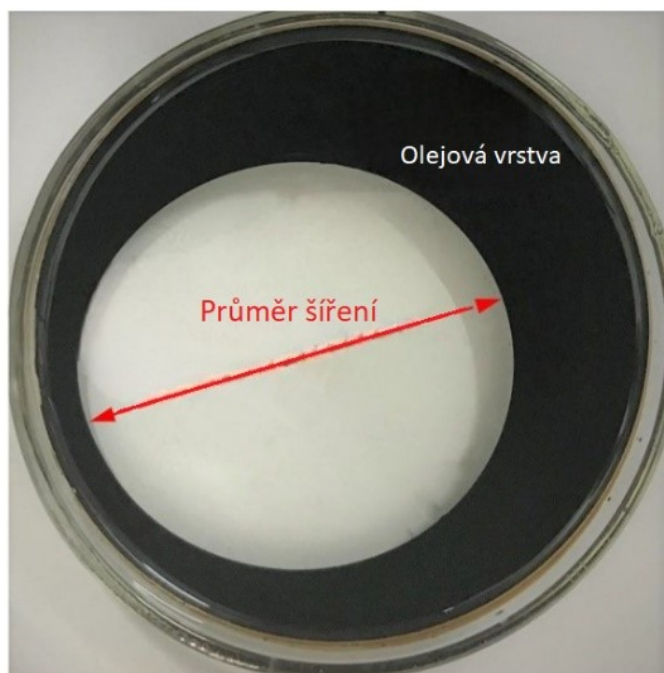
Jedná se o semikvantitativní test, který je možné použít pro detekci extracelulárních glykolipidů nebo jiných anion povrchově aktivních látek. Izolované bakterie jsou kultivovány na modré solné agarové plotně obsahující kation povrchově aktivní látky v tomto případě CTA kromě nich je ještě přítomné barvivo methylenová modř [26].



*Obrázek 4 CTAB test pro glykolipidy: A – pozitivní výsledek, B –negativní výsledek [27]*

#### **2.4.5 Test rozestření oleje**

Test rozestření oleje spočívá v měření průměru čirých zón, které vzniknou v momentě, kdy se kapka roztoku obsahující biosurfaktant aplikuje na povrch vody s určitým obsahem oleje. Do Petriho misky je aplikováno asi 50 ml destilované vody, následně se na povrch přidá olej v o něco větší dávce (asi 100 ml). Na takto připravenou misku je nadávkováno několik kapek roztoku biosurfaktantu a pomocí kamery se sleduje rozšíření kapky oleje vlivem přidání roztoku biosurfaktantu (Obr. 5) [28][29].



*Obrázek 5 Test rozetření oleje (Přeloženo z AJ) [29]*

### 3 VÝZNAM PROBIOTICKÝCH BIOSURFAKTANTŮ V PRAXI

Probiotické surfaktanty představují zajímavou skupinu biomolekul s vysokým potenciálem pro mnohé praktické aplikace. Vzhledem k tomu, že probiotika v poslední době zaznamenávají nárůst v oblasti vývoje bioterapeutických prostředků, jsou studovány zejména aplikace vycházející z jejich antimikrobiálních a antiadhezivních účinků (Tab. 3) [30].

Tabulka 3 Aplikace vybraných probiotických biosurfaktantů v různých oblastech [30].

Kmen	Aplikace
<i>Lactococcus lactis</i>	antimikrobiální aktivita
<i>Bacillus subtilis</i>	zvýšení účinnosti těžby ropy
<i>Bacillus licheniformis</i>	emulgační aktivita, antimikrobiální účinky
<i>Brevibacterium aureum</i> MSA13	zvýšení účinnosti těžby ropy, antimikrobiální aktivita, prevence tvorby biofilmu
<i>Candida utilis</i>	emulgátor v majonéze
<i>Bacillus sp. MTCC 5877</i>	antiadhezivní, antimikrobiální aktivita, odstraňování těžkých kovů ze zeleniny

#### 3.1 Zdravotnictví

Oblast zdravotnictví je spojena s častým používáním synteticky vyrobených látek, které mohou způsobovat komplikace hlavně ve formě alergických reakcí a také zvyšovat rizika vzniku některých onemocnění, jako je například Alzheimerova choroba [31]. Surfaktanty jsou v oblasti medicíny a farmacie aplikovány často pro usnadnění a stabilizaci disperzí, ale některé typy samotné vykazují antimikrobiální účinky a jsou tedy primárními aktivními látkami různých dezinfekčních činidel. Právě potenciální vedlejší účinky synteticky vyrobených surfaktantů je znevýhodňují oproti biosurfaktantům, jejichž toxicita je velmi

nížká stejně jako možné alergické reakce a jiné zdravotní problémy vyvolané jejich používáním [31].

Mimo jiné jsou v nemocničních zařízeních čím dál větším problémem tzv. nozokomiální infekce, související s nadměrným výskytem patogenních mikroorganismů, které jsou čím dál častěji rezistentní vůči běžně používaným syntetickým antimikrobiálním látkám. Dle provedených studií bylo zjištěno, že mikroorganismy probiotického typu mohou být aplikovány jako prevence vzniku těchto infekcí. Jelikož se jedná o látky přírodního původu, je možné je využít právě při boji proti nozokomiálním infekcím, a to s menším rizikem než u syntetických složek [32].

Biosurfaktanty vykazují řadu pro zdravotnický průmysl významných vlastností, jako jsou např. antimikrobiální, antifungální nebo protinádorové, protizánětlivé a mnoho dalších. Antifungální účinky proti několika druhům patogenních kvasinek byly například prokázány *in-vitro* testováním glykolipidického biosurfaktantu flocculosinu. Biosurfaktanty ze skupiny glykolipidů vykazují navíc silnou protinádorovou aktivitu [33].

Biosurfaktanty lze také využít pro přípravu systémů pro doručování léčiv, tzv. DDS (z angl. drug delivery system), jak pro perorální, tak i např. pro intravenózní nebo topické podání [34]. Nosiče léčiv mohou být ve formě mikroemulzí, které umožňují enkapsulaci hydrofilních i lipofilních látek. Biosurfaktanty zde slouží jako emulzifikační složky, které mohou s výhodou nahradit doposud využívané syntetické emulgátory, vykazující vyšší toxicitu [35].

### 3.1.1 Antimikrobiální aktivita

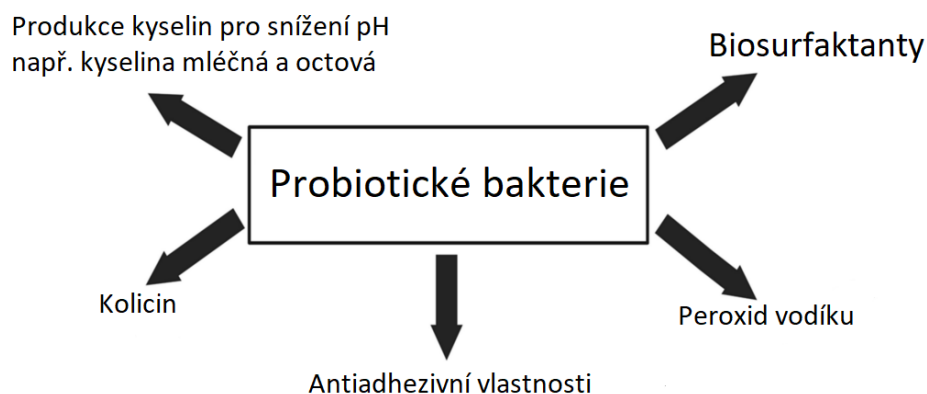
V medicínských a farmaceutických aplikacích hraje důležitou roli antimikrobiální aktivita, a to zejména v posledních letech, kdy došlo v důsledku nadměrného užívání antibiotik k rozvoji bakteriální rezistence. Z toho důvodu vzrostla potřeba hledání nových a účinných antimikrobiálních činidel, přičemž perspektivní alternativou jsou právě biosurfaktanty. U mnohých biosurfaktantů extrahovaných z různých druhů probiotik byla prokázána jejich účinnost proti široké skupině mikroorganismů, a to jak gram pozitivním nebo gram negativním bakteriím, tak plísním nebo kvasinkám. Obecně platí, že s vyšší koncentrací roste i inhibiční aktivita [36].

Antimikrobiální účinnost biosurfaktantů závisí na jejich struktuře, koncentraci a cílové skupině mikroorganismů. Při testování biosurfaktantů ze skupiny mannosylerythritolových



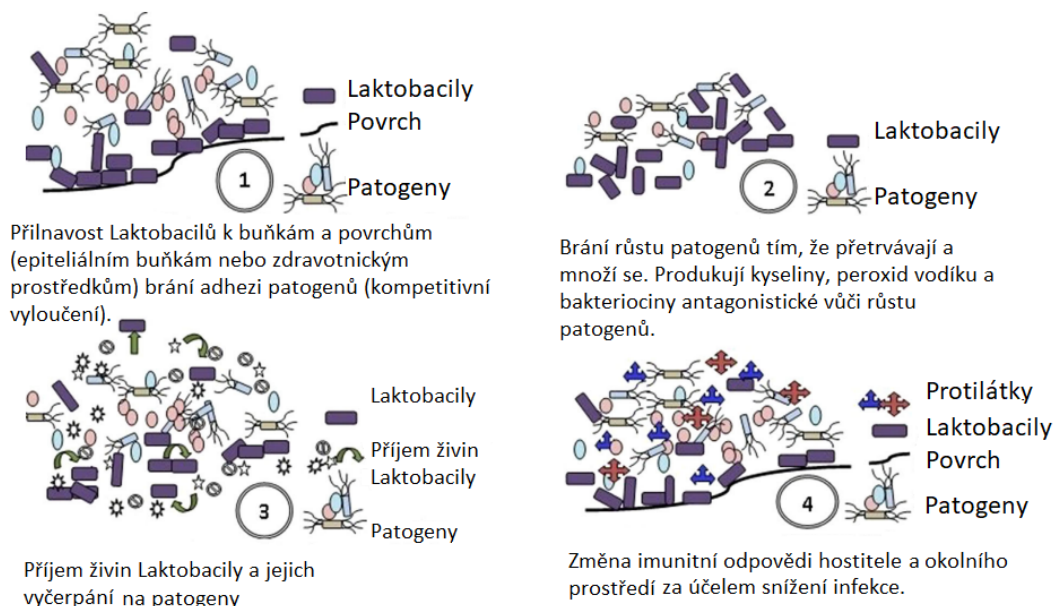
lipidů (MEL) bylo prokázáno, že optimální účinnost vykazovali zástupci s délkou alkylového řetězce v rozmezí 8–10 uhlíků. Sophorolipidy jsou, podobně jako MEL, účinné vůči některým druhům gram pozitivních bakterií, jako je např. *S. aureus*. Kromě toho byla prokázána aktivita proti *C. acnes*, což tyto látky předurčuje jako vhodné do přípravků používaných pro léčbu akné. Sophorolipidy vykazují synergický efekt s antibiotiky, kdy dochází ke zlepšení prostupnosti antibiotik skrz buněčné membrány mikroorganismů. Rhamnolipidy jsou účinné proti širokému spektru gram pozitivních bakterií, méně pak proti typům gram negativním. Antimikrobiální aktivita závisí na pH, přičemž lepší účinek byl prokázán spíše v kyselém prostředí. Proto by, stejně jako sophorolipidy, mohly příznivě působit na povrchu pokožky, jejíž pH je slabě kyselé [37].

Problémem výše zmíněných biosurfaktantů může být jejich původce. Rhamnolipidy produkované patogenní bakterií *P. aeruginosa* nemohou být využity ve velkém měřítku, a to kvůli potenciálním toxinům, které jsou jejich součástí. Proto je dnes spíše kladen důraz na testování a získávání biosurfaktantů z nepatogenních zdrojů. Z toho důvodu představují vhodnou alternativu biosurfaktanty získávané z nepatogenních mikroorganismů, jako jsou právě probiotické typy bakterií. Probiotika inhibují růst patogenních mikroorganismů, čímž významně přispívají k prevenci infekcí. Antimikrobiální aktivita probiotických organismů zahrnuje produkci organických kyselin, bakteriocinů nebo peroxidu vodíku (Obr. 6). Právě probiotické bakterie by v budoucnu mohly sloužit jako náhrada patogenních zdrojů pro produkci biosurfaktantů. Kromě již zmíněných antimikrobiálních vlastností jsou probiotické bakterie, na rozdíl od patogenních typů, bezpečné pro lidskou mikroflóru. [37].



Obrázek 6 Antimikrobiální vlastnosti probiotických bakterií [38]

Biosurfaktanty izolované z kmene *Bacillus* prokázaly významné antimikrobiální vlastnosti vůči patogenním i nepatogenním mikroorganismům, a to ze skupiny gram pozitivních i gram negativních bakterií. Konkrétními testovanými druhy pro produkci biosurfaktantů byly *Bacillus subtilis* a *Bacillus licheniformis*. *Bacillus licheniformis* byl účinnější v inhibici *S. aureus*, zatímco *Bacillus subtilis* vykazoval vyšší aktivitu vůči *E. coli* [39]. Vysoká antibakteriální aktivita byla prokázána i autory studie [40], kteří úspěšně izolovali nový glykolipidický biosurfaktant z probiotické bakterie *L. lactis*. Dle jejich výsledků došlo k významné inhibici růstu MRSA, kdy průměr inhibičních zón dosahoval 12,6 až 13,8 mm. Na základě tohoto zjištění lze biosurfaktant z *L. lactis* doporučit jako širokospektrální antibakteriální činidlo [40].



Obrázek 7 Různé mechanismy antimikrobiální aktivity bakterií rodu *Lactobacillus* [upraveno dle 41]

### 3.1.2 Antiadhezní vlastnosti probiotických surfaktantů

Je známo, že mikrobiální buňky přirozeně neexistují samostatně, ale dochází k jejich vzájemné kolonizaci a následné adhezi k různým povrchům, což zvyšuje riziko bakteriální infekce. Výsledkem je tzv. biofilm, který je tvořen mikrobiálními buňkami a exopolysacharidy. Tvorba biofilmu je ovlivněna různými faktory, jako je typ substrátu, charakter samotných buněk a vlastnosti média. V případě substrátu hrají klíčovou roli jeho

povrchové vlastnosti, jako je drsnost, textura a hydrofobicita. Po přichycení buněk následuje dozrávání, kdy se začne z mikrokolonií tvořit biofilm. Biofilmy ve vztahu k lidskému organismu mohou mít jak pozitivní, tak negativní účinky. Typickým příkladem prvního případu je biofilm ve střevech. Je známo, že mnohé probiotické bakterie jsou schopny tvořit biofilm, přičemž při jeho tvorbě je kladen vysoký důraz na kultivační podmínky, jako je typ média, či pH, které mohou produkci biofilmu značně ovlivnit. Přidáním některých látek, jako např. 0,05 – 0,2 % žlučových kyselin, může dojít ke zvýšení produkce [42].

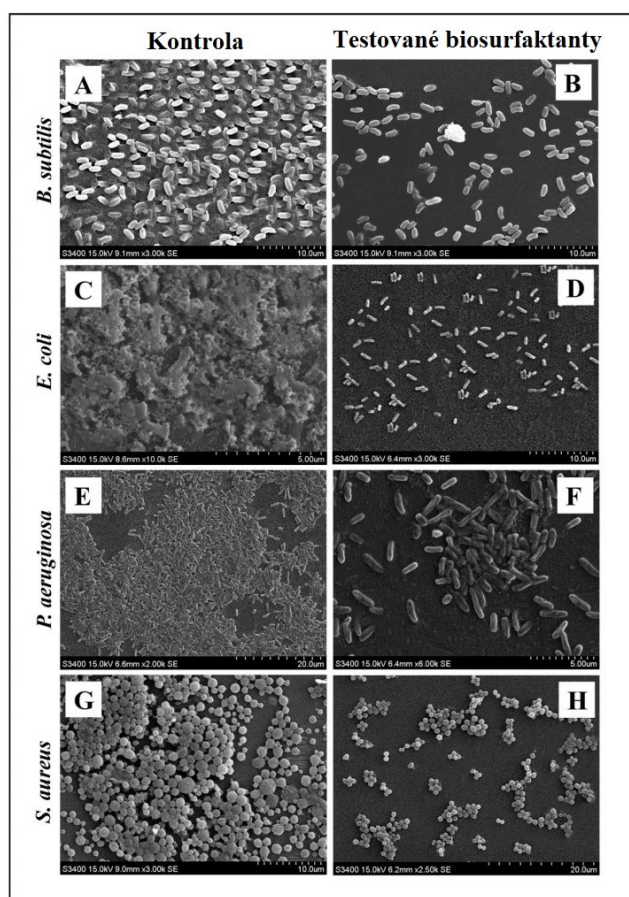
Příkladem negativních projevů biofilmu mohou být kožní onemocnění spojené s jeho tvorbou, jako např. akné vulgaris nebo chronická zranění. Biofilmy zahrnují veškerý extracelulární materiál produkovaný na povrchu a zachycený uvnitř matrix. Biosurfaktanty v tomto případě mohou sloužit pro prevenci tvorby takového biofilmu. Hodnocení antiadhezivní aktivity je možno považovat za další metodu studia vlastností biosurfaktantů. Prevenci adheze lze testovat pomocí mikrotitračních destiček, přičemž se stanovuje procento inhibice mikororganismů při různých koncentracích biosurfaktantů. Antiadhezivní schopnost významně závisí na testovaném kmenu a koncentraci biosurfaktantu [43] [44].

Antiadhezivní vlastnosti byly na základě provedených testů prokázány u bakterie *L. rhamnosus*, která byla společně s dodecyl sulfátem sodným (SDS) schopna narušit preformované biofilmy testovaných kmenů a zabránit tak jejich adhezi k povrchu. Schopnost inhibovat adhezi veškerých testovaných kmenů byla potvrzena, a to při aplikaci minimální koncentrace antibiotika, při níž je růst bakterií zcela potlačen. Ze získaných výsledků byla nejvyšší procentuální úspěšnost inhibice potvrzena v případě bakterií *B. subtilis* (81,65 %) a u *E. coli* (73,49 %) [45].

Jiným příkladem detekce antiadhezivních vlastností biosurfaktantů, je test pomocí obarvení krystalovou violetí provedený na stafylokokovém biofilmu. Principem testu je vytvoření biofilmu z aktivních stafylokokových buněk, jejich následná kultivace a inkubace. Buňky jsou poté promyty a smíchány s krystalovou violetí. Po přidání barviva se provede měření absorbance při vlnové délce 570 nm, a to jednou s ( $A_{\text{Test}}$ ) a jednou bez biosurfaktantu ( $A_{\text{kontrolní}}$ ). Na základě rovnice (1) lze vypočítat procento inhibice tvorby biofilmu [46].

$$\% \text{ Inhibice biofilmu} = \frac{A_{\text{kontrolní}} - A_{\text{Test}}}{A_{\text{kontrolní}}} \cdot 100 \quad (1)$$

Na základě jedné ze studií provedených na biosurfaktantu lipopeptidového typu vylučovaného kmenem *Propionibacterium Freudenreichii* se ukázalo, že jeho antiadhezivní vlastnosti se lišily v souvislosti s druhem testovaného mikroorganismu. Nejvyšší antiadhezivní účinek byl dosažen u bakterie *P. aeruginosa*, naopak nejmenší u *S. aureus* [47]. Biosurfaktanty izolované z *Pediococcus acidilactici* a *Lactobacillus plantarum* dle provedených testů vykazovaly antiadhezivní vlastnosti vůči *Staphylococcus aureus*, takže by mohly být využity jako účinná prevence proti infekcím vznikajícím právě v důsledku tvorby biofilmu. [48]. Biosurfaktanty pocházející ze skupiny bakterií *Lactobacillus* enkapsulované do lipozomů prokázaly antiadhezivní působení proti MRSA. Připravené částice vykazovaly příznivé fyzikální vlastnosti, průměrnou velikost do 200 nm a nízký index polydisperzity, tudíž by mohly být s výhodou aplikovány do systémů pro topické podávání [49].



Obrázek 8 Prevence tvorby biofilmu po aplikaci biosurfaktantu z *L. rhamnosus* [50]

Autoři Patel a kol. [50] studovali chování glykolipidického biosurfaktantu získaného z *L. rhamnosus*. Získaná data prokázala schopnost tohoto biosurfaktantu narušit matici biofilmu a inhibovat tak bakteriální adhezi (Obr. 8).

### 3.2 Kosmetika

V posledních letech se na trhu s kosmetickými přípravky začalo objevovat velké množství produktů označovaných jako probiotické, přestože mnoho z nich nesplňuje základní parametry charakteristické pro tento pojem. Obchodníci tímto způsobem cílí na zákazníky a snaží se je přesvědčit o účincích svých výrobků. Příkladem jsou produkty intimní hygieny pro ženy s obsahem probiotických kmenů, které dle provedených průzkumů nijak nepřispívají při boji proti urogenitálním patogenům. Jedná se tedy v podstatě o klamavou reklamu pro zákazníky [51].

Aby mohl být produkt oprávněně označen jako probiotický, musí splňovat tři základní kritéria [51]:

1. Použité kmeny musí být jasně definovány včetně genetické a fenotypové charakteristiky s odůvodněním jejich zařazení na základě odborných publikací.
2. Produkt musí obsahovat dostatečné množství živých mikroorganismů po celou dobu zamýšlené aplikace, které odpovídá koncentraci deklarované klinickými studiemi.
3. Způsob aplikace, dávkování a doba použitelnosti by měly být založeny na vědeckých studiích provedených na lidských dobrovolnících, pokud tito budou konečnými uživateli [51].

Obecně si potenciální kupující jen těžko ověří, jaký kmen se v daném výrobku vyskytuje, pokud to není uvedeno na etiketě. Výrobek může obsahovat například jen filtrované výtažky nebo lyzované bakterie, což nejsou živé mikroorganismy. Výrobek tedy nesplňuje jedno ze tří kritérií a neměl by být označován jako probiotický [51]

Na výrobcích může být také uveden termín pro zajištění rovnováhy mikrobiomu pokožky, což znamená, že udržuje množství mikroorganismů na úrovni, která je zdravá pro daného jedince. Toto tvrzení musí být opět prokázáno provedenými studiemi. Probiotika mohou obsaženy v různých druzích přípravků, jako jsou např. deodoranty, tuhá mýdla, krémy, séra, make-upy, nebo produkty intimní hygieny pro ženy [51].

V případě výroby produktů s obsahem probiotik, která neprobíhá ve sterilních podmínkách, je nutno přidávat konzervanty, které mohou výrazně ovlivnit aktivitu přidaného probiotika. Další negativní aspekt představuje fakt, že obsah probiotik v komerčních produktech není nijak regulován. Pro zajištění bezpečnosti produktu by obecně koncentrace bakterií měla být nízká, a to pod 500 CFU (angl. zkratka pro počet jednotek tvořící kolonie) pro produkty používané na oční okolí, a pod 1000 CFU pro ostatní přípravky. Tento fakt vylučuje obsah živých bakterií, tudíž dané přípravky by ve své podstatě neměly být označovány jako probiotické. Na druhou stranu mohou obsahovat složky pocházející z probiotických kmenů. Pokud kosmetické produkty obsahují životaschopné probiotické kmeny, které zůstanou živé, než dosáhnou těla hostitele, mohou být výrobky uváděny na trh s označením probiotické [51].

Bohužel u velké většiny výrobků tohoto typu není uveden druh použitého mikrobiálního kmene a informace obecně bývají neúplné. V případě splnění požadavků kladených na probiotické výrobky, má ovšem využití probiotik v kosmetice velký potenciál, ať už při lokální léčbě některých kožních onemocnění, jako je např. akné nebo lupénka, případně na podporu hojení ran [51]. Významnou oblastí kosmetiky využívající právě probiotika jsou výrobky pro intimní hygienu žen. Zdravé vaginální prostředí je osídleno určitým počtem laktobacilů, přičemž toto prostředí může být narušeno nadměrným užíváním antibiotik nebo střídáním sexuálních partnerů, což může vést ke vzniku různých onemocnění typu vaginóz nebo infekcí močových cest. Právě doplňování probiotických kmenů laktobacilů lze vzniku těchto komplikací předcházet [51].

Mikrobiální surfaktanty lze vzhledem k dobré kompatibilitě s pokožkou a schopnosti hydratace, s výhodou využít jako alternativy syntetických složek do kosmetických přípravků. Jisté omezení může představovat zdroj těchto látek v podobě patogenních mikroorganismů. Řešením by mohlo být právě využití biosurfaktantů produkovaných probiotickými bakteriemi [52].

Některé skupiny probiotických biosurfaktantů vykazují antioxidační účinky, jejich zástupci jsou například biosurfaktanty původem z *Bacillus subtilis*. Biosurfaktanty získané z tohoto nepatogenního organismu vykazují při ochraně pokožky před škodlivými oxidačními vlivy srovnatelné výsledky jako zástupci syntetického původu [53]. Kromě antioxidačních vlastností lze ještě zmínit i jejich schopnost stabilizovat některé kosmetické formulace. Skupina lipopeptidů získaných z kmenů *Bacillus subtilis* má díky svému izoelektrickému bodu, který se v kyselém prostředí pohybuje v rozmezí od 2,7 – 4,5, schopnost nést záporný

náboj. Díky tomu jsou tyto biosurfaktanty schopny stabilizovat kapky oleje a bránit jejich koalescenci [54].

Dalším příkladem účinných probiotických biosurfaktantů jsou xylolipidy. Kromě schopnosti snižovat povrchové napětí jsou účinné např. proti bakterii *S. aureus* a v kosmetice by mohly sloužit jako náhrada za syntetické konzervační látky [55] [56]. Zástupci biosurfaktantů, které se využívají pro výrobu kosmetiky, jsou také lipopeptidy. Kromě toho, že se využívají v přípravcích proti vráskám, přidávají se také pro své emulgační a detergenční schopnosti. Obecně je kosmetika obsahující lipopeptidy šetrná a dobře z pleti smývatelná [57].

### 3.3 Potravinářství

Stejně jako v kosmetice jsou probiotika často diskutovanou a žádanou složkou potravin. Během života je člověk vystaven působení různých faktorů, které mohou ovlivnit jeho zdravotní stav. Častým řešením různorodých zdravotních problémů jsou antibiotika, jejichž působení významně ovlivňuje mikroflóru střev. Z toho důvodu je běžně doporučováno zároveň užívat probiotika, která nemají pozitivní vliv jen na střevní mikroflóru, ale mohou pozitivně působit na celý imunitní systém, což bylo potvrzeno průzkumy u pacientů s chronickými i akutními onemocněními dýchacích cest, kde došlo ke snížení počtu opakovaných infekcí [58].

Výskyt probiotik v potravinách je poměrně široký, přičemž nejběžnějšími zdroji jsou mléčné výrobky, např. zakysané mléko nebo jogurty. Alternativní variantou těchto výrobků jsou sýry, které mají v porovnání s předchozími skupinami množství výhod, jako například vyšší pH, lepší nutriční hodnoty, delší trvanlivost nebo vyšší zdroj energie. Na základě provedených studií je i životnost probiotik obsažených v sýrech větší než v jiných mléčných výrobcích. Jiným zdrojem probiotik z potravin jsou různé druhy fermentované zeleniny, zahrnující například kysané zelí nebo korejské kimchi. Obsah probiotik se také prokázal v některých tradičních indických jídlech, jako např. fermentované rybě Ngari [59].

Všechna aditiva, která se přidávají do potravin pro úpravu chemických, fyzikálních, biologických nebo jiných vlastností, musí splňovat přísná bezpečnostní kritéria. Trendem dnešní doby jsou produkty, obsahující minimum umělých aditiv, a naopak co nejvíce látek přírodního původu. Z toho důvodu mají i v této oblasti velký potenciál biosurfaktanty, které lze v potravinářském průmyslu využít jako emulgátory, zahušťovadla, antibakteriální

a antioxidační látky, a také mohou významně ovlivňovat texturu nebo samotnou trvanlivost výrobku [60].

Schválení každé nové přídatné látky v potravinářství je zdouhavé a podléhá striktním regulím. Příslušná legislativní opatření, a tedy i využívání biosurfaktantů v potravinách, se významně liší podle dané země. Například v Japonsku jsou biosurfaktanty ze skupiny sophorolipidů již běžně přidávány do mouky pro zlepšení kvality a prodloužení doby trvanlivosti. Pro potravinářství mají velký potenciál biosurfaktanty ze skupiny glykolipidů, které bývají přirovnávány k esterům mastných kyselin, což může usnadnit proces schvalování jako nového potravinářského aditiva. [61].

Jako příklad lze uvést rhamnolipidy, které jsou využívány jako emulgátory, dále pro zlepšení textury a stability. Významné uplatnění nacházejí zejména v pekárenském průmyslu, kde mohou zlepšit kvalitu těst. Bylo prokázáno, že přidáním biosurfaktantu v koncentraci 0,1 % do těsta byla zlepšena konzistence, soudržnost a textura chleba ve srovnání s produktem z těsta obsahujícího komerční emulgátor [62].

Použití běžných typů biosurfaktantů produkovaných rody bakterií *Pseudomonas* a *Bacillus* je ovšem v potravinářství limitováno z důvodu potenciální patogenity [63]. Vhodnou alternativou se tedy jeví využití probiotických biosurfaktantů, které lze díky jejich povaze využít v potravinářském, ale i kosmetickém průmyslu, například jako konzervant. Pro tyto účely byl studován biosurfaktant ze skupiny xylolipidů získaný z *Lactococcus lactis*, který prokázal široké spektrum antibakteriální aktivity, a navíc je bezpečný pro perorální i dermální podání [64].

Dva biosurfaktanty produkované *Lactobacillus paracasei* N2 a *Lactobacillus casei* TM1B byly studovány za účelem zhodnocení potenciálních konzervačních účinků, a to na syrovém kozím mase, které bylo skladováno při teplotě 4 ° C po dobu 15 dní. Po provedení testů byla prokázána schopnost testovaných biosurfaktantů snížit množství bakterií *P. aeruginosa* a *E. coli*. U vzorků masa nebyly negativně ovlivněny sensorické vlastnosti, dokonce byla inhibována degradace bílkovin v něm obsažených. Trvanlivost takto ošetřeného masa byla prodloužena až na 15 dní [65] [66]. Autoři Fookao a kol. [67] studovali potenciál biosurfaktantů produkovaných laktobacily pro využití jako emulgátorů v potravinářství. Přidávkem testovaného biosurfaktantu do těsta došlo ke zvýšení viskozity a snížení tvrdosti chleba, v důsledku interakce molekul biosurfaktantu s molekulami škrobu. Výsledky studie



tedy prokázaly potenciál testovaného mikrobiálního surfaktantu pro využití jako emulgátoru v potravinářství, kde by mohl nahradit běžně využívané chemické typy [68].

### 3.4 Zemědělství

V zemědělství se mohou biosurfaktanty díky svým unikátním vlastnostem uplatňovat jak v oblasti rostlinné, tak živočišné produkce. Zejména se využívá jejich minimální environmentální impakt, tj. nízká toxicita a iritační potenciál, zatímco vykazují vysokou úroveň stravitelnosti a biologické odbouratelnosti. V oblasti živočišné produkce jsou biosurfaktanty využívány pro jejich významné nutriční aspekty jako složky krmiv přežvýkavců. Podobně jako ve farmaceutickém průmyslu lze i v zemědělství využít potenciál biosurfaktantů ke snížení projevů rezistence mikroorganismů vůči ATB. Kromě nutričního byla u biosurfaktantů prokázána účinnost při podpoře růstu osiva. U rhamnolipidů byl potvrzen jejich potenciál pro výrobu biopesticidů a fungicidů [68].

Mikroorganismů, které lze označit jako užitečné je v souvislosti s udržitelným zemědělstvím málo. Proto jsou LAB bakterie významnou skupinou, která se v zemědělství využívá např. pro podporu růstu rostlin, rýže či zahradnických plodin. Díky svému antimikrobiálnímu účinku by v budoucnu mohly nahradit anorganická hnojiva a pesticidy. Na základě uvedených výhod byly právě LAB bakterie zařazeny na seznam slibných kandidátů pro udržitelné zemědělství. LAB bakterie lze také s výhodou, díky jejich příznivým účinkům na střevní mikroflóru, v zemědělství využít např. v krmivech pro dobytek [69].

### 3.5 Detergenty

Základními složkami pracích prostředků jsou povrchově aktivní látky. Tyto látky mohou být toxické pro některé vodní organismy. Právě z tohoto důvodu se výrobci snaží nalézt ekologicky příznivější alternativy. Příkladem mohou být cyklické lipopeptidy, které vykazují dobré fyzikálně-chemické vlastnosti, jako např. stálost při rozmezí pH od 7,0 – 12,0 nebo vysokou schopnost tvořit emulze na bázi rostlinných olejů. Tyto biosurfaktanty prokázaly srovnatelné účinky při čištění oděvů jako komerční produkty, a proto se zvažuje rozšíření jejich použití v komerčních výrobcích v budoucnu [70].

Autoři Helmy a kol. [71] testovali účinnost biodetergentu na bázi rhamnolipidu a na základě hodnocených charakteristik (jako rychlost odbarvení, změna barevných parametrů) bylo

prokázáno, že tento produkt má srovnatelné detergenční účinky jako jeho syntetický protějšek s obsahem běžného typu anionického surfaktantu lineárního alkylbenzen sulfonátu (LAS). Pro vývoj v oblasti detergentů představuje tento biodetergent slibnou alternativu s mnohem menším dopadem, na životní prostředí.

## 4 PŘÍKLADY PRODUKTŮ S OBSAHEM BIOSURFAKTANTŮ

Biosurfaktanty se prozatím ve větším množství v praxi příliš nevyužívají, co se týče oblastí průmyslu nebo kosmetiky, a to zejména z důvodu vyšší ekonomické náročnosti výroby, v porovnání s běžnými syntetickými surfaktanty. I přesto však lze na současném trhu nalézt některé produkty, které tyto látky obsahují. Vybrané příklady z oblasti kosmetiky a prostředků pro domácnost budou uvedeny v následujícím textu.

### 4.1 Pleťová esence se šnečím extraktem (COSR X)

Firma dodávající tento produkt, původem z Jižní Koreji, se zabývá výrobou kosmetiky s obsahem přírodních ingrediencí. Výrobce deklaruje, že jejich kosmetika neobsahuje parabeny ani syntetická barviva. Zmiňovaná esence na pleť (Obr. 9) obsahuje hlemýždí sekret, který má zmírnit projevy stárnutí, také zmenšovat póry nebo působit antibakteriálně. Obsaženým biosurfaktantem v tomto výrobku je surfaktin ze skupiny lipopeptidů, který je znám své čisticí schopnosti srovnatelné se syntetickými surfaktanty [72], [73], [74].

INCI složení:

Snail Secretion Filtrate, Butylene Glycol, Niacinamide, 1,2-Hexanediol, Betaine, Panthenol, Aqua, Glycerin, Limnanthes Alba (Meadowfoam) Seed Oil, Helianthus Annuus (Sunflower) Seed Oil, Allantoin, Carbomer, Macadamia Ternifolia Seed Oil, Sodium Polyacrylate, Sodium Hyaluronate, Inulin Lauryl Carbamate, Arginine, Argania Spinosa Kernel Oil, Xanthan Gum, **Sodium Surfactin**, Ethylhexylglycerin, Glutathione



*Obrázek 9 Pleťová esence  
od značky COSR X [75]*

## 4.2 Balzám na rty blueberry (MOSSA cosmetics)

Značka MOSSA cosmetics je přírodní lotyšské kosmetika, které pro své výrobky využívá oleje z různých druhů ovoce jako např. borůvek nebo ostružin a malin. Značka vlastní certifikát Ecocert a mnohé výrobky jsou vhodné i pro vegany. Balzám na rty od značky MOSSA (Obr. 10) je ideální pro suché a popraskané rty a z biosurfaktantů se zde nacházejí glykolipidy, které jsou účinné především na suchou pokožku nebo rty, díky své schopnosti hydratovat [76], [77], [78].

INCI složení:

Ricinus Communis (Castor) Seed Oil, Oryza sativa (Rice) Bran Oil, Vegetable Oil, Helianthus Annuus (Sunflower) Seed Wax, Oryza Sativa (Rice) Bran Wax, Rhus Succedanea Fruit Cera, Rhus Verniciflua Peel Cera / Rhus Succedanea Fruit Cera, Capryloyl Glycerin/Sebacic Acid Copolymer, Prunus Amygdalus Dulcis Oil1, Theobroma Cacao (Cocoa) Seed Butter1, Tocopherol, Aroma, Butyrospermum Parkii (Shea) Butter1, Dicaprylyl Carbonate, Olea Europaea (Olive) Fruit Oil1, Ascorbyl Palmitate, CI 77891 (Titanium Dioxide), Vaccinium Myrtillus Seed Oil1, Stevia Rebaudiana Extract, Aluminum Hydroxide, **Glycolipids**, Limonene



Obrázek 10 Balzám na rty od značky MOSSA [79]

### 4.3 Colloidal Masque Base (Dermalogica)

Americká společnost Dermalogica sídlící v Kalifornii se zabývá vývojem různých druhů kosmetických přípravků od čistících gelů po tonery a krémy pod oční okolí. Víceúčelová maska na obličej Colloid Masque base (Obr. 10) obsahuje koloidní ovesné vločky, aloe vera nebo ovesný olej a je doporučována pro zklidnění podrážděné pokožky a zmírnění svědění. Biosurfaktanty, v tomto případě konkrétně glykolipidy, jsou zde hlavní ingrediencí [80] [81].

INCI složení:

**Glycolipids**, Disodium EDTA, Lavandula Angustifolia Extract, Leuconostoc/Radish Root Ferment Filtrate, Methyl Gluceth-20, Cucumis Sativus Fruit Extract, Sambucus Nigra Flower Extract, Camellia Oleifera Leaf Extract, Water, Carbomer, Butylene Glycol, Sodium Hyaluronate, Parietaria Officinalis Extract, Retinyl Palmitate, Arnica Montana Flower Extract, Aminomethyl Propanol, Tocopheryl Acetate, Polysorbate 20, Allantoin



Obrázek 11 Maska na pleť od značky dermatologica [80]

#### 4.4 Fruit Butter Lip Mask (Seraphine Botanicals)

Intenzivní noční maska na rty obsahuje glykolipidy, bambucké máslo a máslo z meruňkových jader. Právě díky obsaženým glykolipidům tento přípravek účinně hydratuje, podporuje správnou funkci kožní bariéry a pozitivně působí na poškozené buňky [82][83].

INCI složení:

Glycolipids, Caprylic/Capric Triglyceride, Butyrospermum Prkii (Shea) Butter, Microcrystalline Wax (Cera Microcristallina), Olea Europaea (Olive) Oil, Unsaponifiables, Prunus Armenica (Apricot) Kernel Butter, Candelilla (Euphorbia Cerifera) Wax, Fragrance (Parfum), Sorbic Acid

May Contains: Red 6 Lake (Ci 15850), Red 7 Lake (Ci 15850)



Obrázek 12 Fruit Butter maska na rty [82]

Kromě kosmetických přípravků byl na základě literární rešerše objeven prostředek na mytí nádobí Quix (Obr. 12) vyrobený ve spolupráci značek UNILEVER a Evonik. Výrobek byl poprvé představen v Chile a výrobce deklaruje výrazné snížení environmentálních dopadů po jeho použití, díky obsaženým rhamnolipidům [84].

-



Obrázek 13 Přípravek na mytí nádobí Quix [84].

## ZÁVĚR

Bakalářská práce se věnuje problematice biosurfaktantů a jejich perspektivě pro využití v kosmetickém průmyslu. Jedná se o látky, získávané z různých typů mikroorganismů, zahrnujících bakterie i kvasinky. Vykazují povrchovou a emulzifikační aktivitu, ale v porovnání se syntetickými surfaktanty, jsou mnohem šetrnější k životnému prostředí. Navíc jsou nedráždivé, nezpůsobují alergické nebo kožní reakce, a jsou prospěšné pro pokožku a kožní mikrobiom.

Širší využití v praxi, zejména v kosmetickém, potravinářském průmyslu a zdravotnictví, limituje patogenita některých jejich mikrobiálních zdrojů. Řešením by mohly být probiotické biosurfaktanty, získávané z bakterií mléčného kvašení, například z rodu *Lactobacillus* nebo *Lactococcus*. Tyto biomolekuly zaznamenávají v posledních letech zvýšený zájem v oblasti vývoje bioterapeutických, antimikrobiálních a antiadhezivních prostředků. Kromě toho jsou doporučovány pro stabilizaci potravinářských emulzí. Součástí práce je i přehled současných kosmetických přípravků s obsahem biosurfaktantů, kde se objevují zejména za účelem zvýšení hydratace pleti.



**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

1. HAJFARAJOLLAH, Hamidreza, Parisa ESLAMI, Babak MOKHTARANI a Kambiz AKBARI NOGHABI. Biosurfactants from probiotic bacteria: A review. *Biotechnology and Applied Biochemistry* [online]. 2018, 65(6), 768-783 [cit. 2023-05-13]. ISSN 0885-4513. Dostupné z: doi:10.1002/bab.1686
2. SHAH, Nikhil, Rohit NIKAM, Shikha GAIKWAD, Vaijayanti SAPRE a Jaspal KAUR. Biosurfactant: Types, Detection Methods, Importance and Applications. *Indian Journal of Microbiology Research* [online]. 2016, 3 (1) [cit. 2023-05-13]. ISSN 2394546X. Dostupné z: doi:10.5958/2394-5478.2016.00002.9
3. SHAH, Nikhil, Rohit NIKAM, Shikha GAIKWAD, Vaijayanti SAPRE a Jaspal KAUR. Biosurfactant: Types, Detection Methods, Importance and Applications. *Indian Journal of Microbiology Research* [online]. 2016, 3 (1) [cit. 2023-05-13]. ISSN 2394546X. Dostupné z: doi:10.5958/2394-5478.2016.00002.9
4. VARVARESOU, A. a K. IAKOVOU. Biosurfactants in cosmetics and biopharmaceuticals. *Letters in Applied Microbiology* [online]. 2015, 61(3), 214-223 [cit. 2023-05-13]. ISSN 02668254. Dostupné z: doi:10.1111/lam.12440
5. PHULPOTO, Irfan Ali, Zhisheng YU, Bowen HU, Yanfen WANG, Fabrice NDAYISENGA, Jinmei LI, Hongxia LIANG a Muneer Ahmed QAZI. Production and characterization of surfactin-like biosurfactant produced by novel strain *Bacillus nealsonii* S2MT and its potential for oil contaminated soil remediation. *Microbial Cell Factories* [online]. 2020, 19(1) [cit. 2023-05-13]. ISSN 1475-2859. Dostupné z: doi:10.1186/s12934-020-01402-4
6. *Scholars Academic Journal of Pharmacy* [online]. [cit. 2023-05-13]. ISSN 23479531. (<https://saspublishers.com/media/articles/SAJP-67320-329.pdf>)
7. SHAH, Nikhil, Rohit NIKAM, Shikha GAIKWAD, Vaijayanti SAPRE a Jaspal KAUR. Biosurfactant: Types, Detection Methods, Importance and Applications. *Indian Journal of Microbiology Research* [online]. 2016, 3 (1) [cit. 2023-05-13]. ISSN 2394-546X. Dostupné z: doi:10.5958/2394-5478.2016.00002.9
8. HAJFARAJOLLAH, Hamidreza, Parisa ESLAMI, Babak MOKHTARANI a Kambiz AKBARI NOGHABI. Biosurfactants from probiotic bacteria: A review.

- Biotechnology and Applied Biochemistry [online]. 2018, 65(6), 768-783 [cit. 2023-05-13]. ISSN 0885-4513. Dostupné z: doi:10.1002/bab.1686
9. BJERK, Thiago R., Patricia SEVERINO, Sona JAIN, Conrado MARQUES, Amélia M. SILVA, Tatiana PASHIROVA a Eliana B. SOUTO. Biosurfactants: Properties and Applications in Drug Delivery, Biotechnology and Ecotoxicology. Bioengineering [online]. 2021, 8(8) [cit. 2023-05-13]. ISSN 2306-5354. Dostupné z: doi:10.3390/bioengineering8080115
  10. HAJFARAJOLLAH, Hamidreza, Parisa ESLAMI, Babak MOKHTARANI a Kambiz AKBARI NOGHABI. Biosurfactants from probiotic bacteria: A review. Biotechnology and Applied Biochemistry [online]. 2018, 65(6), 768-783 [cit. 2023-05-13]. ISSN 0885-4513. Dostupné z: doi:10.1002/bab.1686
  11. ADU, Simms A., Patrick J. NAUGHTON, Roger MARCHANT a Ibrahim M. BANAT. Microbial Biosurfactants in Cosmetic and Personal Skincare Pharmaceutical Formulations. Pharmaceutics [online]. 2020, 12(11) [cit. 2023-05-13]. ISSN 1999-4923. Dostupné z: doi:10.3390/pharmaceutics12111099
  12. Scholars Academic Journal of Pharmacy [online]. [cit. 2023-05-13]. ISSN 23479531. (<https://saspublishers.com/media/articles/SAJP-67320-329.pdf>)
  13. VECINO, X., J. M. CRUZ, A. B. MOLDES a L. R. RODRIGUES. Biosurfactants in cosmetic formulations: trends and challenges. Critical Reviews in Biotechnology [online]. 2017, 37(7), 911-923 [cit. 2023-05-13]. ISSN 0738-8551. Dostupné z: doi:10.1080/07388551.2016.1269053
  14. MOUAFO, Hippolyte T., Alphonse T. SOKAMTE, Augustin MRAWALA, Robert NDJOUENKEU a Somashekar DEVAPPA. Biosurfactants from lactic acid bacteria: A critical review on production, extraction, structural characterization and food application. Food Bioscience [online]. 2022, 46 [cit. 2023-05-13]. ISSN 22124292. Dostupné z: doi: 10.1016/j.fbio.2022.101598
  15. International research journal of science and engineering: -, Vol. 2021. India: ROAD
  16. HAJFARAJOLLAH, Hamidreza, Parisa ESLAMI, Babak MOKHTARANI a Kambiz AKBARI NOGHABI. Biosurfactants from probiotic bacteria: A review. Biotechnology and Applied Biochemistry [online]. 2018, 65(6), 768-783 [cit. 2023-05-13]. ISSN 0885-4513. Dostupné z: doi:10.1002/bab.1686

17. GARLOTTA, Donald. Journal of Polymers and the Environment [online]. 9(2), 63-84 [cit. 2023-05-13]. ISSN 15662543. Dostupné z: doi:10.1023/A:1020200822435
18. HAJFARAJOLLAH, Hamidreza, Parisa ESLAMI, Babak MOKHTARANI a Kambiz AKBARI NOGHABI. Biosurfactants from probiotic bacteria: A review. Biotechnology and Applied Biochemistry [online]. 2018, 65(6), 768-783 [cit. 2023-05-13]. ISSN 0885-4513. Dostupné z: doi:10.1002/bab.1686
19. CASTILLO MARTINEZ, Fabio Andres, Eduardo Marcos BALCIUNAS, José Manuel SALGADO, José Manuel DOMÍNGUEZ GONZÁLEZ, Attilio CONVERTI a Ricardo Pinheiro de Souza OLIVEIRA. Lactic acid properties, applications and production: A review. Trends in Food Science & Technology [online]. 2013, 30(1), 70-83 [cit. 2023-05-13]. ISSN 09242244. Dostupné z: doi:10.1016/j.tifs.2012.11.007
20. HAJFARAJOLLAH, Hamidreza, Parisa ESLAMI, Babak MOKHTARANI a Kambiz AKBARI NOGHABI. Biosurfactants from probiotic bacteria: A review. Biotechnology and Applied Biochemistry [online]. 2018, 65(6), 768-783 [cit. 2023-05-13]. ISSN 0885-4513. Dostupné z: doi:10.1002/bab.1686
21. SARUBBO, Leonie A., Maria da Gloria C. SILVA, Italo José B. DURVAL, Káren Gercyane O. BEZERRA, Beatriz G. RIBEIRO, Ivison A. SILVA, Matthew S. TWIGG a Ibrahim M. BANAT. Biosurfactants: Production, properties, applications, trends, and general perspectives. Biochemical Engineering Journal [online]. 2022, 181 [cit. 2023-05-13]. ISSN 1369703X. Dostupné z: doi:10.1016/j.bej.2022.108377
22. HAJFARAJOLLAH, Hamidreza, Parisa ESLAMI, Babak MOKHTARANI a Kambiz AKBARI NOGHABI. Biosurfactants from probiotic bacteria: A review. Biotechnology and Applied Biochemistry [online]. 2018, 65(6), 768-783 [cit. 2023-05-13]. ISSN 0885-4513. Dostupné z: doi:10.1002/bab.1686
23. International research journal of science and engineering: -, Vol. 2021. India: ROAD
24. IBRAHIM, Haytham M.M. Characterization of biosurfactants produced by novel strains of *Ochrobactrum anthropi* HM-1 and *Citrobacter freundii* HM-2 from used engine oil-contaminated soil. Egyptian Journal of Petroleum [online]. 2018, 27(1), 21-29 [cit. 2023-05-13]. ISSN 11100621. Dostupné z: doi:10.1016/j.ejpe.2016.12.005
25. International research journal of science and engineering: -, Vol. 2021. India: ROAD

26. SHAMAA, Sarab al – a Shababa BAHJAT. Detection of Rhamnolipid Production in *Pseudomonas aeruginosa*. *Journal of Physics: Conference Series* [online]. 2019, 1294(6) [cit. 2023-05-13]. ISSN 1742-6588. Dostupné z: doi:10.1088/1742-6596/1294/6/062083z
27. CTAB/methylene-blue agar test for glycolipid identification: -. 2012
28. SHAMAA, Sarab al – a Shababa BAHJAT. Detection of Rhamnolipid Production in *Pseudomonas aeruginosa*. *Journal of Physics: Conference Series* [online]. 2019, 1294(6) [cit. 2023-05-13]. ISSN 1742-6588. Dostupné z: doi:10.1088/1742-6596/1294/6/062083
29. FRACCHIA, Letizia, Massimo CAVALLO, Maria GIOVANNA a Ibrahim M. Biosurfactants and Bioemulsifiers Biomedical and Related Applications – Present Status and Future Potentials. In: GHISTA, Dhanjoo N., ed. *Biomedical Science, Engineering and Technology* [online]. InTech, 2012, 2012-01-20 [cit. 2023-05-16]. ISBN 978-953-307-471-9. Dostupné z: doi:10.5772/23821
30. HAJFARAJOLLAH, Hamidreza, Parisa ESLAMI, Babak MOKHTARANI a Kambiz AKBARI NOGHABI. Biosurfactants from probiotic bacteria: A review. *Biotechnology and Applied Biochemistry* [online]. 2018, 65(6), 768-783 [cit. 2023-05-13]. ISSN 0885-4513. Dostupné z: doi:10.1002/bab.1686
31. ADU, Simms A., Patrick J. NAUGHTON, Roger MARCHANT a Ibrahim M. BANAT. Microbial Biosurfactants in Cosmetic and Personal Skincare Pharmaceutical Formulations. *Pharmaceutics* [online]. 2020, 12(11) [cit. 2023-05-13]. ISSN 1999-4923. Dostupné z: doi:10.3390/pharmaceutics12111099
32. FALAGAS, M.E. a G.C. MAKRIS. Probiotic bacteria and biosurfactants for nosocomial infection control: a hypothesis. *Journal of Hospital Infection* [online]. 2009, 71(4), 301-306 [cit. 2023-05-13]. ISSN 01956701. Dostupné z: doi:10.1016/j.jhin.2008.12.008
33. *Scholars Academic Journal of Pharmacy* [online]. [cit. 2023-05-13]. ISSN 23479531.(<https://saspublishers.com/media/articles/SAJP-67320-329.pdf>)
34. BJERK, Thiago R., Patricia SEVERINO, Sona JAIN, Conrado MARQUES, Amélia M. SILVA, Tatiana PASHIROVA a Eliana B. SOUTO. Biosurfactants: Properties and Applications in Drug Delivery, Biotechnology and Ecotoxicology.

- Bioengineering [online]. 2021, 8(8) [cit. 2023-05-13]. ISSN 2306-5354. Dostupné z: doi:10.3390/bioengineering8080115
35. OHADI, Mandana, Arash SHAHRAMAN, Negar DEGHAN, Touba ESLAMINEJAD, Ibrahim M. BANAT a Gholamreza DEGHANNOUDEH. Potential Use of Microbial Surfactant in Microemulsion Drug Delivery System: A Systematic Review. *Drug Design, Development and Therapy* [online]. 2020, 14, 541-550 [cit. 2023-05-13]. ISSN 1177-8881. Dostupné z: doi:10.2147/DDDT.S232325
36. HAJFARAJOLLAH, Hamidreza, Parisa ESLAMI, Babak MOKHTARANI a Kambiz AKBARI NOGHABI. Biosurfactants from probiotic bacteria: A review. *Biotechnology and Applied Biochemistry* [online]. 2018, 65(6), 768-783 [cit. 2023-05-13]. ISSN 0885-4513. Dostupné z: doi:10.1002/bab.1686
37. ADU, Simms A., Patrick J. NAUGHTON, Roger MARCHANT a Ibrahim M. BANAT. Microbial Biosurfactants in Cosmetic and Personal Skincare Pharmaceutical Formulations. *Pharmaceutics* [online]. 2020, 12(11) [cit. 2023-05-13]. ISSN 1999-4923. Dostupné z: doi:10.3390/pharmaceutics12111099
38. Microbial Biosurfactants in Cosmetic and Personal Skincare Pharmaceutical Formulations: A review article [online]. The Nutrition Innovation Centre for Food and Health (NICHE), School of Biomedical Sciences, Faculty of Life and Health Sciences, Ulster University, Coleraine BT52 1SA, Northern Ireland, UK, Pharmaceutical Science Research Group, Biomedical Science Research Institute, Ulster University, Coleraine BT52 1SA, Northern Ireland, UK. [citace 16. 12. 2020].
39. VARVARESOU, A. a K. IAKOVOU. Biosurfactants in cosmetics and biopharmaceuticals. *Letters in Applied Microbiology* [online]. 2015, 61(3), 214-223 [cit. 2023-05-13]. ISSN 02668254. Dostupné z: doi:10.1111/lam.12440
40. SARAVANAKUMARI, P. a K. MANI. Structural characterization of a novel xylolipid biosurfactant from *Lactococcus lactis* and analysis of antibacterial activity against multi-drug resistant pathogens. *Bioresource Technology* [online]. 2010, 101(22), 8851-8854 [cit. 2023-05-13]. ISSN 09608524. Dostupné z: doi:10.1016/j.biortech.2010.06.104
41. SATPUTE, Surekha K., Gauri R. KULKARNI, Arun G. BANPURKAR, Ibrahim M. BANAT, Nishigandha S. MONE, Rajendra H. PATIL a Swaranjit Singh

- CAMEOTRA. Biosurfactant/s from Lactobacilli species: Properties, challenges and potential biomedical applications. *Journal of Basic Microbiology* [online]. 2016, 56(11), 1140-1158 [cit. 2023-05-13]. ISSN 0233111X. Dostupné z: doi:10.1002/jobm.201600143
42. TRÍSKOVÁ, I. Tvorba biofilmu a produkce biosurfaktantů u probiotických kmenů bakterií. Brno, 2011. Diplomová práce. Masarykova Univerzita, Přírodovědecká fakulta, Ústav experimentální biologie.
43. HAJFARAJOLLAH, Hamidreza, Parisa ESLAMI, Babak MOKHTARANI a Kambiz AKBARI NOGHABI. Biosurfactants from probiotic bacteria: A review. *Biotechnology and Applied Biochemistry* [online]. 2018, 65(6), 768-783 [cit. 2023-05-13]. ISSN 0885-4513. Dostupné z: doi:10.1002/bab.1686
44. ADU, Simms A., Patrick J. NAUGHTON, Roger MARCHANT a Ibrahim M. BANAT. Microbial Biosurfactants in Cosmetic and Personal Skincare Pharmaceutical Formulations. *Pharmaceutics* [online]. 2020, 12(11) [cit. 2023-05-13]. ISSN 1999-4923. Dostupné z: doi:10.3390/pharmaceutics12111099
45. PATEL, Mitesh, Arif Jamal SIDDIQUI, Walid Sabri HAMADOU, et al. Inhibition of Bacterial Adhesion and Antibiofilm Activities of a Glycolipid Biosurfactant from *Lactobacillus rhamnosus* with Its Physicochemical and Functional Properties. *Antibiotics* [online]. 2021, 10(12) [cit. 2023-05-13]. ISSN 2079-6382. Dostupné z: doi:10.3390/antibiotics10121546
46. NATARAJ, Basavaprabhu Haranahalli, Chette RAMESH a Rashmi Hogarehalli MALLAPPA. Characterization of biosurfactants derived from probiotic lactic acid bacteria against methicillin-resistant and sensitive *Staphylococcus aureus* isolates. *LWT* [online]. 2021, 151 [cit. 2023-05-13]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2021.112195
47. HAJFARAJOLLAH, Hamidreza, Babak MOKHTARANI a Kambiz Akbari NOGHABI. Newly Antibacterial and Antiadhesive Lipopeptide Biosurfactant Secreted by a Probiotic Strain, *Propionibacterium Freudenreichii*. *Applied Biochemistry and Biotechnology* [online]. 2014, 174(8), 2725-2740 [cit. 2023-05-13]. ISSN 0273-2289. Dostupné z: doi:10.1007/s12010-014-1221-7
48. YAMAMOTO, Shuhei, Tomotake MORITA, Tokuma FUKUOKA, Tomohiro IMURA, Shusaku YANAGIDANI, Atsushi SOGABE, Dai KITAMOTO a Masaru

- KITAGAWA. The Moisturizing Effects of Glycolipid Biosurfactants, Mannosylerythritol Lipids, on Human Skin. *Journal of Oleo Science* [online]. 2012, 61(7), 407-412 [cit. 2023-05-12]. ISSN 1345-8957. Dostupné z: doi:10.5650/jos.61.407
49. YAN, Xin, Shanshan GU, Xingyang CUI, Yunjia SHI, Shanshan WEN, Hongyan CHEN a Junwei GE. Antimicrobial, anti-adhesive and anti-biofilm potential of biosurfactants isolated from *Pediococcus acidilactici* and *Lactobacillus plantarum* against *Staphylococcus aureus* CMCC26003. *Microbial Pathogenesis* [online]. 2019, 127, 12-20 [cit. 2023-05-12]. ISSN 08824010. Dostupné z: doi:10.1016/j.micpath.2018.11.039
50. PATEL, Mitesh, Arif Jamal SIDDIQUI, Walid Sabri HAMADOU, et al. Inhibition of Bacterial Adhesion and Antibiofilm Activities of a Glycolipid Biosurfactant from *Lactobacillus rhamnosus* with Its Physicochemical and Functional Properties. *Antibiotics* [online]. 2021, 10(12) [cit. 2023-05-13]. ISSN 2079-6382. Dostupné z: doi:10.3390/antibiotics10121546
51. PUEBLA-BARRAGAN, Scarlett a Gregor REID. Probiotics in Cosmetic and Personal Care Products: Trends and Challenges. *Molecules* [online]. 2021, 26(5) [cit. 2023-05-13]. ISSN 1420-3049. Dostupné z: doi:10.3390/molecules26051249
52. ADU, Simms A., Patrick J. NAUGHTON, Roger MARCHANT a Ibrahim M. BANAT. Microbial Biosurfactants in Cosmetic and Personal Skincare Pharmaceutical Formulations. *Pharmaceutics* [online]. 2020, 12(11) [cit. 2023-05-13]. ISSN 1999-4923. Dostupné z: doi:10.3390/pharmaceutics12111099
53. ABBOT, Vikrant, Diwakar PALIWAL, Anuradha SHARMA a Poonam SHARMA. A review on the physicochemical and biological applications of biosurfactants in biotechnology and pharmaceuticals. *Heliyon* [online]. 2022, 8(8) [cit. 2023-05-13]. ISSN 24058440. Dostupné z: doi:10.1016/j.heliyon.2022.e10149
54. AHMADI-ASHTIANI, Hamid-Reza, Anna BALDISSEROTTO, Elena CESA, et al. Microbial Biosurfactants as Key Multifunctional Ingredients for Sustainable Cosmetics. *Cosmetics* [online]. 2020, 7(2) [cit. 2023-05-13]. ISSN 2079-9284. Dostupné z: doi:10.3390/cosmetics7020046
55. DA SILVA, André Felipe, Ibrahim M. BANAT, Admir José GIACHINI a Diogo ROBL. Fungal biosurfactants, from nature to biotechnological product:

- bioprospection, production and potential applications. *Bioprocess and Biosystems Engineering* [online]. 2021, 44(10), 2003-2034 [cit. 2023-05-13]. ISSN 1615-7591. Dostupné z: doi:10.1007/s00449-021-02597-5
56. TUDelf, Microbial biosurfactants, [online]. Dostupné z: [https://delftxdownloads.tudelft.nl/BioBased1x-Biobased\\_Products\\_for\\_a\\_Sustainable\\_BioEconomy/Module\\_5/BioBased1x\\_2018\\_Module\\_5\\_5-3\\_Microbial\\_biosurfactants-transcript.pdf](https://delftxdownloads.tudelft.nl/BioBased1x-Biobased_Products_for_a_Sustainable_BioEconomy/Module_5/BioBased1x_2018_Module_5_5-3_Microbial_biosurfactants-transcript.pdf)
57. RIGOBELLO, Everlon, ed. Probiotics [online]. InTech, 2012 [cit. 2023-05-13]. ISBN 978-953-51-0776-7. Dostupné z: doi:10.5772/3444
58. JANKOVIC, I, W SYBESMA, P PHOTHIRATH, E ANANTA a A MERCENIER. Application of probiotics in food products—challenges and new approaches. *Current Opinion in Biotechnology* [online]. 2010, 21(2), 175-181 [cit. 2023-05-13]. ISSN 09581669. Dostupné z: doi:10.1016/j.copbio.2010.03.009
59. RIGOBELLO, Everlon, ed. Probiotics [online]. InTech, 2012 [cit. 2023-05-13]. ISBN 978-953-51-0776-7. Dostupné z: doi:10.5772/3444
60. CAMPOS, Jenyffer Medeiros, Tânia Lúcia MONTENEGRO STAMFORD, Leonie Asfora SARUBBO, Juliana Moura DE LUNA, Raquel Diniz RUFINO a Ibrahim M. BANAT. Microbial biosurfactants as additives for food industries. *Biotechnology Progress* [online]. 2013, 29(5), 1097-1108 [cit. 2023-05-13]. ISSN 87567938. Dostupné z: doi:10.1002/btpr.1796
61. KOSARIC, Naim a Fazilet Vardar SUKAN, ed. Biosurfactants [online]. CRC Press, 2010 [cit. 2023-05-13]. ISBN 9780429105685. Dostupné z: doi:10.1201/9780585355702
62. MOUAFO, Hippolyte T., Alphonse T. SOKAMTE, Augustin MBAWALA, Robert NDJOUENKEU a Somashekar DEVAPPA. Biosurfactants from lactic acid bacteria: A critical review on production, extraction, structural characterization and food application. *Food Bioscience* [online]. 2022, 46 [cit. 2023-05-13]. ISSN 22124292. Dostupné z: doi:10.1016/j.fbio.2022.101598
63. SANTOS, Danyelle, Raquel RUFINO, Juliana LUNA, Valdemir SANTOS a Leonie SARUBBO. Biosurfactants: Multifunctional Biomolecules of the 21st Century. *International Journal of Molecular Sciences* [online]. 2016, 17(3) [cit. 2023-05-13]. ISSN 1422-0067. Dostupné z: doi:10.3390/ijms17030401



64. SARAVANAKUMARI, P. a K. MANI. Structural characterization of a novel xylolipid biosurfactant from *Lactococcus lactis* and analysis of antibacterial activity against multi-drug resistant pathogens. *Bioresource Technology* [online]. 2010, 101(22), 8851-8854 [cit. 2023-05-13]. ISSN 09608524. Dostupné z: doi:10.1016/j.biortech.2010.06.104
65. MOUAFO, Hippolyte T., Alphonse T. SOKAMTE, Augustin MBAWALA, Robert NDJOUENKEU a Somashekar DEVAPPA. Biosurfactants from lactic acid bacteria: A critical review on production, extraction, structural characterization and food application. *Food Bioscience* [online]. 2022, 46 [cit. 2023-05-13]. ISSN 22124292. Dostupné z: doi:10.1016/j.fbio.2022.101598
66. MOUAFO, Hippolyte Tene, Augustin MBAWALA, Kudre TANAJI, Devappa SOMASHEKAR a Robert NDJOUENKEU. Improvement of the shelf life of raw ground goat meat by using biosurfactants produced by lactobacilli strains as biopreservatives. *LWT* [online]. 2020, 133 [cit. 2023-05-13]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2020.110071
67. FOOKAO, Armelle Neuyamne, Augustin MBAWALA, Nadège Donkeng NGANOU, Richard Marcel NGUIMBOU a Hippolyte Tene MOUAFO. Improvement of the texture and dough stability of milk bread using bioemulsifiers/biosurfactants produced by lactobacilli isolated from an indigenous fermented milk (pendidam). *LWT* [online]. 2022, 163 [cit. 2023-05-12]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2022.113609
68. NAUGHTON, P.J., R. MARCHANT, V. NAUGHTON a I.M. BANAT. Microbial biosurfactants: current trends and applications in agricultural and biomedical industries. *Journal of Applied Microbiology* [online]. 2019, 127(1), 12-28 [cit. 2023-05-13]. ISSN 1364-5072. Dostupné z: doi:10.1111/jam.14243
69. RAMAN, Jegadeesh, Jeong-Seon KIM, Kyeong Rok CHOI, Hyunmin EUN, Dongsoo YANG, Young-Joon KO a Soo-Jin KIM. Application of Lactic Acid Bacteria (LAB) in Sustainable Agriculture: Advantages and Limitations. *International Journal of Molecular Sciences* [online]. 2022, 23(14) [cit. 2023-05-13]. ISSN 1422-0067. Dostupné z: doi:10.3390/ijms23147784
70. ROY, Arpita. A Review on the Biosurfactants: Properties, Types and its Applications. *Journal of Fundamentals of Renewable Energy and Applications*

- [online]. 2018, 08(01) [cit. 2023-05-13]. ISSN 20904541. Dostupné z: doi:10.4172/2090-4541.1000248
71. HELMY, Q, S GUSTIANI a AT MUSTIKAWATI. Application of rhamnolipid biosurfactant for bio-detergent formulation. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering [online]. 2020, 823(1) [cit. 2023-05-13]. ISSN 1757-8981. Dostupné z: doi:10.1088/1757-899X/823/1/012014
72. COSRX: Advanced Snail Radiance Dual Essence. Cosrx.com [online]. -: -, - [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: [https://www.cosrx.com/products/advanced-snail-radiance-dual-essence?\\_pos=3&\\_psq=snail%20&\\_ss=e&\\_v=1.0](https://www.cosrx.com/products/advanced-snail-radiance-dual-essence?_pos=3&_psq=snail%20&_ss=e&_v=1.0)
73. USA. Applications of surfactin in cosmetic Products, US20160030322A, Google Patents, Původci: Jenn-Kan, LuHsin-Mei, WangXuan-Rui XU, UMO INTERNATIONAL, CO Ltd
74. SODIUM SURFACTIN: -. Specialchem: The material selection platform [online]. -: -, -, - [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: <https://cosmetics.specialchem.com/inci-ingredients/sodium-surfactin>
75. COSRX: Advanced Snail Radiance Dual Essence. Cosrx.com: - [online]. -: -, -, - [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: [https://www.cosrx.com/products/advanced-snail-radiance-dual-essence?\\_pos=3&\\_psq=snail%20&\\_ss=e&\\_v=1.0](https://www.cosrx.com/products/advanced-snail-radiance-dual-essence?_pos=3&_psq=snail%20&_ss=e&_v=1.0)
76. MOSSA BALZÁM NA RTY BLUEBERRY: -. Bioo.cz [online]. -: -, -, - [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: [https://www.biooo.cz/balzam\\_na\\_rty\\_blueberry\\_mossa-p-22351.html](https://www.biooo.cz/balzam_na_rty_blueberry_mossa-p-22351.html)
77. Mossa cosmetics: -. Fairnature: - [online]. -: Copyright 2023 Fairnature.cz, -, - [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: <https://www.fairnature.cz/znacka/mossa-cosmetics/>
78. FOOKAO, Armelle Neuyamne, Augustin MBAWALA, Nadège Donkeng NGANOU, Richard Marcel NGUIMBOU a Hippolyte Tene MOUAFO. Improvement of the texture and dough stability of milk bread using bioemulsifiers/biosurfactants produced by lactobacilli isolated from an indigenous fermented milk (pendidam). LWT [online]. 2022, 163 [cit. 2023-05-12]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2022.113609
79. MOSSA BALZÁM NA RTY BLUEBERRY: -. Bioo.cz [online]. -: -, -, - [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: [https://www.biooo.cz/balzam\\_na\\_rty\\_blueberry\\_mossa-p-22351.html](https://www.biooo.cz/balzam_na_rty_blueberry_mossa-p-22351.html)

80. Dermalogica Colloidal Masque Base: -. INCI decoder: - [online]. -: Copyright 2023, -, - [cit. 2023-05-13]. Dostupné z:  
<https://incidecoder.com/products/dermalogica-colloidal-masque-base>
81. Dermalogica: -. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2023, 3.4.2023 [cit. 2023-05-13]. Dostupné z:  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Dermalogica>
82. Seraphine Botanicals Fruit Butter Lip Mask: -. INCI decoder: - [online]. -: Copyright 2023, - [cit. 2023-05-13]. Dostupné z:  
<https://incidecoder.com/products/seraphine-botanicals-fruit-butter-lip-mask>
83. YAMAMOTO, Shuhei, Tomotake MORITA, Tokuma FUKUOKA, Tomohiro IMURA, Shusaku YANAGIDANI, Atsushi SOGABE, Dai KITAMOTO a Masaru KITAGAWA. The Moisturizing Effects of Glycolipid Biosurfactants, Mannosylerythritol Lipids, on Human Skin. Journal of Oleo Science [online]. 2012, 61(7), 407-412 [cit. 2023-05-12]. ISSN 1345-8957. Dostupné z:  
[doi:10.5650/jos.61.407](https://doi.org/10.5650/jos.61.407)
84. Rhamnolipids rise as a green surfactant: Advances in manufacturing are bringing a biosurfactant up to commercial scale. C&EN: chemical&engineering news [online]. -: Volume 98, Issue 23, 2020, 13.6.2020 [cit. 2023-05-13]. Dostupné z:  
<https://cen.acs.org/materials/biomaterials/Rhamnolipids-rise-green-surfactant/98/i23>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

CFU	Jednotky tvořící kolonie (angl. Colony Forming Units).
DDS	Systém doručování léčiv (angl. Drug Delivery System).
HCl	Kyselina chlorovodíková
LAB	Bakterie mléčného kvašení (angl. Lactic acid bacteria).
MEL	Mannosylerythritolové lipidy.
MRS	Man Rogosa Sharpe médium.
PBS	Phosphate Buffered Saline.
PAB	Bakterie kyseliny propionové (angl. Propionic acid bacteria).
CTA	Cetyltrimethylamonium.
MRSA	Kmeny bakterie <i>Staphylococcus aureus</i> .
SDS	Sodium dodecyl sulfát.

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 Potenciální benefity glykolipidových a lipopeptidových biosurfaktantů na lidskou pokožku [11].....	11
Obrázek 2 Chemická struktura biosurfaktantů: A = glykolipid produkovaný <i>L. lactis</i> , B = xylolipid produkovaný <i>L. helveticus</i> MRTL91, C = xylolipid produkovaný <i>E. faecium</i> MRTL9, D = rhamnolipidy produkované <i>L. casei</i> TM1B [14] .....	14
Obrázek 3 Test hemolytické aktivity [24] .....	19
Obrázek 4 CTAB test pro glykolipidy: A – pozitivní výsledek, B –negativní výsledek [27] .....	20
Obrázek 5 Test rozetření oleje (Přeloženo z AJ) [29] .....	21
Obrázek 6 Antimikrobiální vlastnosti probiotických bakterií [38].....	24
Obrázek 7 Různé mechanismy antimikrobiální aktivity bakterií rodu <i>Lactobacillus</i> [upraveno dle 41].....	25
Obrázek 8 Prevence tvory biofilmu po aplikaci biosurfaktantu z <i>L. rhamnosus</i> [50] .....	27
Obrázek 9 Pleťová esence od značky COSR X [75] .....	34
Obrázek 10 Balzám na rty od značky MOSSA [79].....	35
Obrázek 11 Maska na pleť od značky dermatologica [80].....	36
Obrázek 13 Fruit Butter maska na rty [82] .....	37
Obrázek 12 Přípravek na mytí nádobí Quix [84].....	38

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Přehled vlastností vybraných probiotických biosurfaktantů [1 ].....	16
Tabulka 2 Růstové podmínky a metoda extrakce vybraných biosurfaktantů [1 ]. ...	18
Tabulka 3 Aplikace vybraných probiotických biosurfaktantů v různých oblastech [1 ]. .....	22

