

TECHNICKÁ UNIVERZITA LIBEREC

Fakulta textilní



HODNOCENÍ ANTIBAKTERIÁLNÍ ÚPRAVY TEXTILNÍCH VÝROBKŮ POUŽÍVANÝCH VE ZDRAVOTNICTVÍ

Diplomová práce

Studijní program: N3957 – Průmyslové inženýrství

Studijní obor: 3901T073 – Produktové inženýrství

Autor práce: **Eva Radoňová**

Vedoucí práce: Ing. Hana Štočková

TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC

Faculty of Textile Engineering



**EVALUATION OF ANTIBACTERIAL
FINISHING
TEXTILE PRODUCTS USED IN HEALTH CARE**

Diploma thesis

Study programme: N3957 – Industrial Engineering

Study branch: 3901T073 – Product Engineering

Author: **Eva Radoňová**

Supervisor: Ing. Hana Štočková

TECHNICKÁ UNIVERZITA LIBEREC

Fakulta textilní

Akademický rok: **2014/2015**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Eva Radoňová**
Osobní číslo: **T12000474**
Studijní program: **N3957 Průmyslové inženýrství**
Studijní obor: **Produktové inženýrství**
Název tématu: **Hodnocení antibakteriální úpravy textilních výrobků používaných ve zdravotnictví**
Zadávající katedra: **Katedra hodnocení textilií**

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rešerši na dané téma, zaměřte se na speciální požadavky pro textilie ve zdravotnictví.
2. Vytipujte vhodnou metodu zjišťování antimikrobiálního účinku upravených textilií v podmínkách laboratoří Technické univerzity v Liberci a tuto metodu aplikujte ve své práci.
3. Vybrané vzorky textilií ošetřete antibakteriální úpravou a účinnost této úpravy následně otestujte
4. Trvanlivost úpravy ověřte a vyhodnoťte i po vícenásobném praní
5. Výsledky diskutujte

PROHLÁŠENÍ

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 14. 5. 2015

Podpis:

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych touto cestou poděkovat své vedoucí diplomové práce Ing. Haně Štočkové a konzultantovi diplomové práce Ing. Petru Štočkovi za jejich podporu a mnoho cenných rad při vedení diplomové práce. Také bych chtěla poděkovat Bc. Alici Břečkové za její čas, který mi věnovala při testování a za její konzultace.

Další dík patří mým rodičům za jejich trpělivost a podporu při studiu a dále v poslední řadě mým přátelům za morální podporu.

ANOTACE

Zadáním diplomové práce je vyhodnotit antibakteriální účinnost antibakteriálně ošetřených textilií, které jsou používány ve zdravotnictví. Prvním úkolem je ošetřit dané textilie úpravou a poté je otestovat zvolenými metodami. Jsou zvoleny dvě antibakteriální úpravy, které se od sebe liší antibakteriální látkou. První látka je triclosan a druhá látka je stříbro. Antibakteriální účinnost je vyhodnocována pomocí dvou metod. První a základní metoda je mléčný test a druhá je zkušební metoda Americké asociace textilních chemiků a koloristů (AATCC). Tyto metody jsou zvoleny dle možností laboratoří Technické univerzity v Liberci.

KLÍČOVÁ SLOVA:

antibakteriální úprava, bakterie, bakteriostatický, baktericidní, triclosan, stříbro, inhibiční zóna, kultivace, živná půda, inokulace

ANNOTATION

Diploma thesis is to evaluate the antibacterial activity of antibacterial-treated fabrics that are used in health care. The first task is to treat the fabric, and then finish the test methods chosen. Two are chosen antibacterial treatment, which differ from each other antibacterial substance. The first agent is triclosan and the second material is silver. The antibacterial activity is evaluated by two methods. The first and basic method is to milk test and the second test method American Association of Textile Chemists and colorists (AATCC). These methods are chosen according to the possibilities Laboratories Technical University in Liberec.

KEY WORDS:

Antibacterial treatment, bacteria, bacteriostatic, bactericidal triclosan, silver, inhibitory zone, cultivation, breeding ground, inoculations

OBSAH

Seznam použitých symbolů a zkratk:	10
ÚVOD	11
TEORETICKÁ ČÁST	13
1. Textilie pro zdravotnictví	13
1.1. Požadavky na zdravotnické textilie	13
1.2. Typy zdravotnických prostředků	13
1.3. Výrobky pro hygienu a péči o zdraví	14
2. Bakterie	14
2.1. Stavba bakteriální buňky	15
2.1.1 Bakteriální pouzdro	16
2.1.2. Buněčná stěna	16
2.1.3. Cytoplazmatická membrána	16
2.1.4. Cytoplazma bakteriální buňky	17
2.1.5. Bakteriální jádro – nukleoid	17
2.1.6. Bakteriální bičíky	17
2.1.7. Fimbrie (pili)	17
2.2. Prostředí bakterií	18
2.3. Množení bakterií	19
2.4. Bakterie způsobující nemoci člověka, zvířat i rostlin	19
2.5. Likvidace bakterií	21
3. Antibakteriální úprava	22
3.1. Antibakteriální látky používané v textilním průmyslu	22
3.1.1. Triclosan	22
3.1.2. Kovové soli	23
3.1.3. Plazmové naprašování	24
3.1.4. Chitosan	24
3.1.5. Cyclodextrin	25
3.2. Způsoby provedení antibakteriálních úprav	25
3.3. Hodnocení antibakteriálních úprav	26
3.3.1. AATCC Test Method: 147-2004 – Antibacterial Activity Assessment of textile materials: Parallel streak method	26
3.3.2. AATCC Test Method: 100-2004 – Antibacterial finishes on Textile materials: Assessment of	26

3.3.3.	ČSN EN ISO 20645 – Plošné textilie – Zjišťování antibakteriální aktivity – Zkouška šíření agarovou destičkou	27
3.3.4.	ČSN EN ISO 20743 – Textilie – Zjišťování antibakteriálního účinku antibakteriálně upravených výrobků	27
4.	Vysvětlení lékařských termínů a cizích výrazů použitých v diplomové práci	27
5.	Bakterie použité v diplomové práci	30
5.1.	Staphylococcus aureus.....	30
5.2.	Klebsiella pneumoniae	31
5.3.	Pseudomonas aeruginosa	31
6.	Antibakteriální úpravy firmy RUDOLF GROUP.....	32
6.1.	RUCO-BAC MED.....	32
6.1.1.	Aplikace RUCO-BAC MED	33
6.2.	RUCO-BAC AGP.....	33
6.2.1.	Aplikace RUCO-BAC-AGP	33
6.3.	Metody pro zjištění antibakteriálního účinku výrobce Rudolf Group.....	34
6.3.1.	Mléčný test	34
6.3.2.	AATCC Zkušební metoda 147 – Antibakteriální posouzení účinnosti textilních materiálů: Paralelní pruhová metoda.....	34
	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	37
7.	Rozbor tkaniny.....	37
8.	Aplikace a zkoušení antibakteriální úpravy	38
8.1.	Testování mléčným testem	39
8.2.	Testování metodou AATCC 147	40
8.2.1.	Příprava živných půd.....	40
8.2.2.	Příprava inokula	41
8.2.3.	Očkování živných půd (inokulace).....	42
8.2.4.	Zhodnocení výsledků prvního testování	43
9.	Ověření trvanlivosti úpravy po vícenásobném praní	48
9.1.	Výsledky vícenásobného praní úpravy RUCO-BAC MED	48
10.	Celkové zhodnocení výsledků.....	53
10.1.	RUCO-BAC MED	53
10.2.	RUCO-BAC AGP	54
10.3.	Srovnání RUCO-BAC MED a RUCO-BAC AGP	55
	ZÁVĚR.....	56

Seznam obrázků:	60
Seznam grafů:	61
Seznam tabulek:	61

Seznam použitých symbolů a zkratk:

%	Procento
°C	Stupeň Celsia
μm	Mikrometr
RNA	Ribonukleová kyselina
DNA	Deoxyribonukleová kyselina
EU	Evropská unie
Ag	Stříbro
AATCC	Americká asociace textilních chemiků a koloristů
min	Minuta
Obr.	Obrázek
Tab.	Tabulka

ÚVOD

V teoretické části diplomové práce je vytvořena rešerše na témata, která úzce souvisí s celkovým zadáním této práce a vystihuje speciální požadavky pro textilie ve zdravotnictví.

V úvodní části rešerše jsou popsány textilie používané ve zdravotnictví – požadavky na tyto textilie a jejich typy. V další části je podrobně rozebrána bakterie, stavba bakteriální buňky, prostředí pro bakterie, jejich množení, bakterie způsobující nemoci a jejich zneškodnění. Následující téma popisuje význam antibakteriální úpravy, s kterým také souvisí látky používané v textilním průmyslu, způsoby provedení a hodnocení antibakteriálního účinku antibakteriálně upravených textilií. Zdravotnictví používá mnoho cizích výrazů a lékařských termínů, proto je čtvrtá kapitola věnována právě vysvětlení těchto výrazů a termínů, které jsou použity v diplomové práci. Poté jsou představeny tři bakteriální kmeny, s kterými se pracuje v experimentální části diplomové práce. Jedná se o bakterie rodu *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae* a *Pseudomonas aeruginosa*. Text popisuje, co bakterie mohou způsobit, z jakých rodů pocházejí a jejich rozlišení dle Gramovy metody barvení. Posledním tématem teoretické části je popis antibakteriálních úprav RUCO-BAC MED a RUCO-BAC AGP firmy RUDOLF GROUP, které jsou aplikovány na textilie používané ve zdravotnictví. V popisu úpravy jsou zmíněny i doporučené metody testování antibakteriálního účinku. Dvě metody jsou pak použity v experimentu pro vyhodnocení výsledků.

Zadání diplomové práce je hodnocení antibakteriální úpravy textilních výrobků používaných ve zdravotnictví. V této práci se pracuje s textiliemi, které se používají na oděvy pro zdravotnický personál. Vzorky těchto oděvů byly získány z chráněné dílny Prima Styl s.r.o., která vyrábí kvalitní a profesionální oděvy pro zdravotnictví (pro zdravotnický personál, prádlo pro pacienty, jednorázové oděvy, ložní prádlo a ručníky). Všechny použité vzorky textilu jsou vyrobeny z bavlny.

V úvodu experimentální části je právě rozbor textilie používané pro zkoušení antibakteriální úpravy. V experimentální části jsou tedy ošetřeny dané vzorky textilií antibakteriální úpravou RUCO-BAC MED a RUCO-BAC AGP od firmy RUDOLF GROUP. Antibakteriální úprava je nanášena ve třech různých koncentracích, které jsou stanoveny výrobcem. Rozdíl mezi těmito úpravami spočívá v tom, že u RUCO BAC MED je antibakteriální látka triclosan a u RUCO-BAC AGP je antibakteriální látka stříbro.

Prvním cílem je zjistit, zda úprava funguje a zda jsou rozdíly mezi různými koncentracemi. Z finančního hlediska je zbytečné dávat silnou koncentraci, pokud nebude mezi koncentracemi žádný rozdíl. Testování účinku úpravy je stanoveno výrobcem produktu a to dvěma testy. Prvním, základním a zároveň nejrychlejším testem je mléčný test. Druhým testem je zkušební testovací metoda tzv.: paralelní pruhová metoda vyvinutá AATCC (American Association of Textile Chemists and Colorist).

Druhým cílem je ověřit trvanlivost úpravy i po vícenásobném praní, vzhledem k tomu, že u obou úprav firma zajišťuje garanci vysoké odolnosti vůči praní.

TEORETICKÁ ČÁST

1. Textilie pro zdravotnictví

Původ slova „textil“ se odvozuje z latinského „textilis“, což znamená tkaný. Výroba textilu patří k nejstarším lidským dovednostem a její počátky lze hledat v šerém dávnověku. Předpokládá se, že se pravěký člověk chránil proti nepřízni počasí a chladu zvířecí kůží, až posléze poznal, jak z chlupů zhotovit nit, či provázek k sešívání kůží. Splstěné a spletené rouno muflona vytvářelo jakousi plošnou textilií, až se konečně kdesi v Indii či Egyptě objevila tkanina. Rukodělná výroba textilu se na principech objevených v pravěku udržela minimálně po dlouhých 5000 let, a to až do počátků průmyslové revoluce, kdy se přenesla ruční výroba přízí a tkanin z vesnic do továren. Nastala mechanizace tohoto odvětví, a tím i expanze textilního průmyslu.

Použití textilií v medicíně využívá v plné míře specifických vlastností textilií, jako je pevnost, poddajnost, tvarovatelnost, pružnost, prodyšnost pro plyny a propustnost pro kapaliny. Pro medicínské aplikace se poměrně jednoduše dodávají speciální vlastnosti formou vazby látek ve vláknech nebo na povrchu textilií.

Použití textilií sahá od oděvních textilií pro nemocniční personál, ložního prádla, chirurgických šicích nití a obvazů, přes bariérové textilie, laminované a sendvičové struktury až ke složitým kompozitním strukturám pro náhradu lidských orgánů, kostí a kůže.

1.1. Požadavky na zdravotnické textilie

Mezi speciální požadavky na zdravotnické textilie patří:

- nejedovatost textilií a nejedovatost produktů jejich případného rozkladu,
- neschopnost vyvolávat alergické reakce, resp. podporovat vznik maligního bujení buněk (rakovina),
- možnost sterilizace bez zhoršení mechanických a dalších vlastností [1].

1.2. Typy zdravotnických prostředků

Zdravotnické prostředky se rozdělují do čtyř základních skupin:

1. Neimplantační materiály
2. Implantační materiály

3. Mimotělní zařízení
4. Výrobky pro hygienu a péči o zdraví [2]

1.3. Výrobky pro hygienu a péči o zdraví

Prostředky pro hygienu a zdravotní péči, se nejčastěji zhotovují z bavlny, PES, POP a viskózy [1].

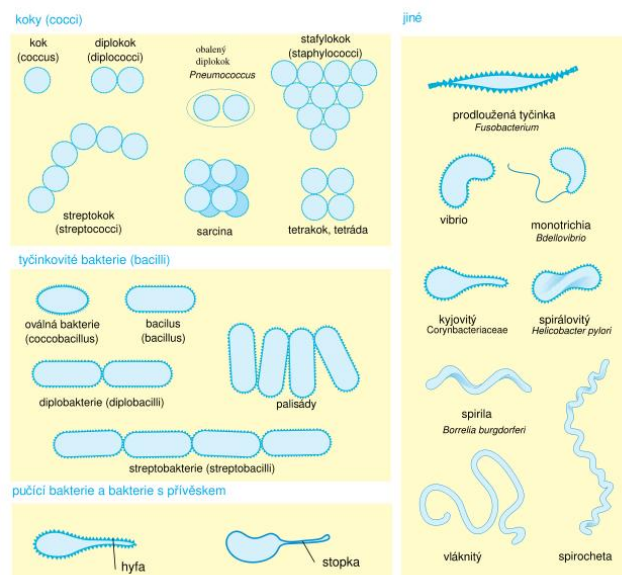
Rozdělují se na dvě základní kategorie:

- pro osobní potřebu
- ve zdravotnických zařízeních

Ve zdravotnických zařízeních se pak používají na operačních sálech a to: roušky, operační pláště chirurgů, pokrývky hlavy, rukavice, masky, zástěny pacientů. Dále se používají na nemocničních pokojích: lůžkoviny, ložní prádlo (povlaky), potahy matrací, inkontinenční výrobky, čisticí utěrky, oděvy pro ošetřující personál a oděvy pro pacienty [2].

2. Bakterie

Bakterie jsou malé jednobuněčné mikroskopické organismy. Některým nevadí extrémní podmínky, mohou přežít při vysokých či nízkých teplotách [3]. Většina bakterií má průměr od 1 μm do 10 μm. Bakterie mohou mít různý tvar, jak ukazuje obr. 1.



Obr. 1. Základní tvary bakterií [4].

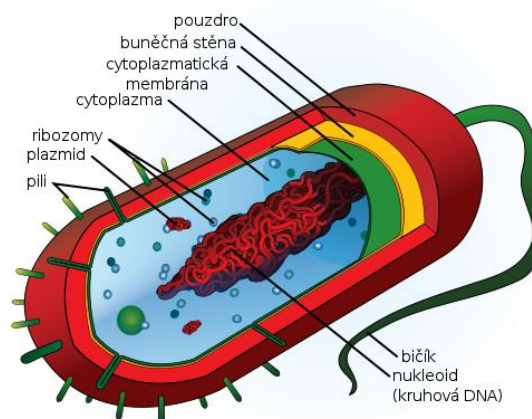
Bakterie, jež mají kulovitý tvar, označujeme jako koky. Některé bakterie zůstávají po rozdělení spojeny a vytvářejí dvojice (diplokoky), řetízky (streptokoky) nebo hroznovité útvary (stafylokoky). Bakterie tyčinkovitého tvaru se nazývají tyčinky a také mohou vytvářet

dvojice nebo řetízky. Bacily jsou tyčinkovité bakterie, které mohou vytvářet spory. Spory jsou kulovitá i oválná tělíška, jež jsou odolná vůči nepříznivým vlivům okolí. Vibria jsou bakterie, které mají tvar zakřivené tyčinky. Dlouhé, několikrát zvlněné bakterie jsou označovány jako spirily. Dlouhé, šroubovitě stočené bakterie jsou spirochéty. Některé bakteriální buňky jsou podlouhlé a rozvětvené, buď částečně (mykobakterie), nebo úplně (aktinomycety). Bakterie kyjovitého tvaru jsou korynebakterie [8].

2.1. Stavba bakteriální buňky

Bakteriální buňky jsou buňky prokaryotické. Od buněk eukaryotických, k nimž patří např. buňky hub, prvoků a většina řas, se liší především jednodušší strukturou. Na povrchu bakteriálních buněk může být pouzdro, mikropouzdro nebo slizová vrstva. Bakteriální buňka se skládá z bakteriální stěny, pod níž je uložena protoplazmatická membrána, obklopující protoplazmu. V protoplasmě je uloženo bakteriální jádro (nukleoid). Jádro bakterií tvoří jediný dlouhý chromosom, který není obklopen jadernou membránou. Prokaryotické buňky nemají orgány typu mitochondrií nebo chloroplastů, které umožňují respiraci a fotosyntézu. Bakteriální buňky se dělí amitoticky. Od eukaryotických buněk se liší i tím, že mají pevnou buněčnou stěnu zvláštního chemického složení. Bakteriální buňky se liší od buněk eukaryotických také jednodušší stavbou bičků, které nemají na svém povrchu protoplazmatickou membránu.

Některé buňky jsou vybaveny bičíky a fimbriemi (pili) [15].



Obr. 2. Anatomie bakteriální buňky[5].

2.1.1 Bakteriální pouzdro

Některé bakterie mají povrch bakteriální stěny pokryt bakteriálním pouzdrém. Je to různě silná výrazně světlolomná vrstva hlenovité nebo želatinové hmoty, která se nebarví běžnými barvicími postupy.

Vznik bakteriálního pouzdra závisí na mnoha vlivech, např. na druhu bakterie, disociační fázi, prostředí, teplotě aj. Některé bakterie tvoří pouzdra jen v krvi a orgánech nemocného nebo experimentálně infikovaného zvířete. V některých případech lze naopak prokázat vznik pouzder jen za určitých podmínek.

Pouzdra nejsou pro bakterie nezbytná. Lze je odstranit bez narušení životaschopnosti buněk. Působí jako mechanická ochrana bakteriálních buněk před zevními vlivy a chrání bakterie před fagocytózou.

2.1.2. Buněčná stěna

Buněčná stěna je poměrně silná vrstva, dodávající bakteriální buňce značnou osmotickou i mechanickou pevnost a schopnost udržovat tvar jiný než kulatý. Buněčnou stěnu tvoří komplex organických dusíkatých látek. Jejím základem je mukopeptid neboli peptidoglyken, zvaný murein. Tento mukokomplex odpovídá za pevnost struktury buněčné stěny. Buněčná stěna není nezbytná pro život a metabolismus bakteriální buňky. Bakteriální buňka přežívá i bez ní ve formě protoplastu nebo sféroplastu, má-li zabezpečeno izotonické prostředí.

2.1.3. Cytoplazmatická membrána

Na vnitřní straně buněčné stěny je jemná, polopropustná cytoplazmatická membrána, silná jen 5-8, nejvýše asi 10nm, silně světlolomná tvořená fosfolipidy a proteiny. Tato membrána má nesmírný význam pro bakteriální metabolismus. V cytoplazmatické membráně je i DNA-polymeráza a permeázový systém, který aktivně reguluje koncentraci aminokyselin, cukrů a dalších látek v bakteriální buňce a jejím okolí. Ovlivňuje dokonce i rezistenci bakteriální buňky k zevním vlivům, dezinfekčním prostředkům, antibiotikům a chemoterapeutikům. Pro život bakterie je nezbytná, její porušení vede ke smrti buňky.

2.1.4. Cytoplazma bakteriální buňky

Cytoplazma je čirá hmota, bez struktury, obklopená cytoplazmatickou membránou. Je koloidním roztokem lobulárních bílkovin s obsahem ribonukleových kyselin, aminokyselin, solí aj.

Ribosomy jsou drobné částice, rozptýlené ve velkém množství v protoplazmě. Obsahují asi 90% buněčné RNA, asi 25% buněčné bílkoviny, ale neobsahují ani DNA, ani lipidní látky. V ribozomech probíhá syntéza bílkovin.

2.1.5. Bakteriální jádro – nukleoid

V plazmě bakteriální buňky je uloženo chromatinové tělísko, představující bakteriální jádro – ekvivalent buněčného jádra rostlinných nebo živočišných buněk. Vzhledem k tomu, že bakteriální jádro vykazuje řadu odlišností od jader vyšších typů buněk, označuje se často jako nukleoid. Nukleoid nemá vlastní buněčnou membránu. Neobsahuje jadérko. Představuje asi 10% z objemu bakterie. Je to tělísko formované, které se nedařilo dlouho definitivně prokázat jen proto, že se neliší ani světlostností, ani barvitelností od bakteriální protoplazmy. Chromatinové tělísko je obvykle uloženo uprostřed bakteriální plazmy. Bývá párovité v bakteriích aktivně se dělících, v bakteriích, které se nemnoží, mívá i tvar tyčinky. Tvarově se jádro mění v průběhu stárnutí bakterie, ale i účinkem zevních vlivů.

2.1.6. Bakteriální bičíky

Některé druhy bakterií mají bičíky, které jsou především orgánem pohybu. Jen některé nepatogenní bakterie se dokážou pohybovat hadovitým způsobem i bez bičků. Bakteriální bičíky jsou velmi jemná vlákna, která vystupují z povrchové vrstvy bakteriální cytoplazmy a pronikají protoplazmatickou membránou i buněčnou stěnou. Bičíky jsou především na tyčinkových bakteriích, jen výjimečně mají bičíky i některé koky. Bičíky nejsou pro život bakterie nepostradatelné, i když jejich přítomnost bakteriím umožňuje dostat se do výhodnějších podmínek.

2.1.7. Fimbrie (pili)

Některé bakterie, hlavně opouzdřené, mají útvary podobné bičkům. Jsou ale kratší, tenčí, rovné, někdy duté a obvykle velmi početné. Označují se obvykle jako fimbrie neboli pili (pilusy). Jsou bílkovinné povahy a představují fimbrální antigen. Fimbrie nejsou orgány pohybu u některých typů bakterií. Slouží k adhezi bakterií na erytrocyty a uplatňují se tak při

hemaglutinaci. Fimbrie umožňují adhezi bakterií k epiteliím sliznic. Tato adheze je předpokladem vzniku bakteriálního onemocnění, fimbrie mohou být faktorem virulence [15].

2.2. Prostředí bakterií

Bakterie nacházíme ve větším, či menším počtu prakticky ve všech prostředích:

Půda

Některé bakterie ovlivňují její úrodnost. Humus obsahuje saprofytické bakterie, které rozkládají organické zbytky (mineralizace).

Vzduch

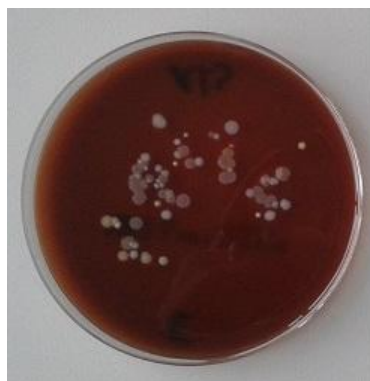
Bakterie se tady mohou dostávat ze země (půdy) větrem. Ve městech je jich více než na vesnicích. Nejvíce v průmyslových oblastech.

Voda

V pramenech a horských tocích se vyskytuje méně bakterií, než ve stojatých vodách. Voda může být znečištěná splašky z kanalizace a průmyslovými odpadními vodami. Vodou se mohou přenášet bakteriální choroby (tyfus, úplavice, cholera). I v moři můžeme nalézt bakterie ve všech hloubkách.

Lidské tělo

Lidské tělo je osídleno fyziologickou bakteriální flórou. V ústech a ústní dutině je vlhko a teplo, bakterie se tam živí z potravy. Laktobacily produkují z cukru kyselinu mléčnou a to přispívá k odvápnění zubní skloviny, proto může vzniknout zubní kaz. V dýchacích cestách bakterie osídlují jen horní cesty (průdušky, nosohltan). Ve zdravých plicích se bakterie nevyskytují – bakterie jsou zachycovány sliznicí v nose, řasinkovým epitelem v průdušnici. Běžnou flórou ve střevech je *Escherichia coli* [4].



Obr. 3. Bakteriální flóra získaná otiskem prstů ruky

2.3. Množení bakterií

Bakterie se rozmnožují nepohlavně, buněčným dělením, které označujeme jako příčné dělení. Při tomto dělení se buňka rozdělí ve dvě buňky dceřiné. Bakteriální chromozom, je tvořen jednou kružnicovou molekulou DNA, je připojen k cytoplazmatické membráně. Na začátku dělení dojde ke zdvojení (duplikaci) bakteriálního chromozomu a vzniknou dvě identické kopie, které zůstávají připojeny k cytoplazmatické membráně na sousedních místech. Bakteriální buňka začíná růst, a místa, kde jsou připojeny obě kopie chromozomů, se postupně od sebe oddalují. Když bakterie zvětší svou velikost přibližně dvakrát oproti původní, začne se plazmatická membrána vchlipovat dovnitř a rozdělí mateřskou buňku na dvě dceřinné buňky. Každá dceřinná buňka obsahuje celou genetickou informaci, stejnou jako měla buňka mateřská.

Bakterie se mohou v příznivém prostředí rozmnožovat velmi rychle. Například bakterie *Escherichia coli* se v optimálních podmínkách dělí každých dvacet minut.

Schopnost bakterií mnohokrát se dělit a růst v krátkém čase jim umožňuje rychle se vyvíjet a získávat schopnost využívat nových zdrojů potravy či odolnost (rezistenci) proti působení antibiotik a jiných chemických látek (např. dezinfekčních prostředků) [8].

2.4. Bakterie způsobující nemoci člověka, zvířat i rostlin

V našem těle žije mnoho bakterií, které nám neškodí a nezpůsobí žádná onemocnění. Avšak některé bakterie, jež dokáží proniknout do lidského těla a rozmnožovat se zde, mohou vyvolat onemocnění. Takové bakterie se označují jako patogenní bakterie.

To, že patogenní bakterie vyvolávají určitá onemocnění, bylo postupně zjišťováno od 19. století. K těmto poznatkům přispěly výzkumy francouzského badatele Louise Pasteura (objevitel vakcíny proti vzteklině) a německého lékaře Roberta Kocha, jenž jako první našel přímou souvislost mezi tuberkulózou a specifickými druhy bakterií, které onemocnění vyvolaly. Robert Koch vypracoval kritéria, podle nichž dodnes mikrobiologové určují, zda určitá patogenní bakterie je původcem onemocnění.

Existují i bakterie, které normálně žijí v našem těle a onemocnění vyvolají pouze za určitých podmínek. Když je oslabena obranyschopnost (imunita) organismu, například špatnou výživou nebo nachlazením virového původu. Například bakterie *Streptococcus pneumoniae* žije v krku většiny zdravých lidí, ale příležitostně se může pomnožit a způsobit zápal plic, pokud je oslabená imunita. Dokonce i *E.coli* normálně žijící v našich střevech může vyvolat průjemové onemocnění za určitých okolností.

Jak vlastně bakterie škodí a vyvolávají příznaky nemoci? Některé bakterie naruší normální fyziologické funkce organismu tím, že se mnohokrát pomnoží a proniknout do tkání, kde vyvolají hnisání. Například bakterie *Mycobacterium tuberculosis*, která způsobuje tuberkulózu, vytváří ložiska mykobakterií v tkáních zasažených orgánů, odkud se mykobakterie mohou převést krví do dalších částí těla.

Jiné patogenní bakterie způsobují onemocnění tvorbou jedovatých látek (toxinů). Například bakterie *Clostridium botulinum*, která může žít v anaerobním prostředí ve střevech domácích zvířat i v konzervách se špatně zavařenými potravinami. Vytváří toxin, jenž může způsobit smrtelnou otravu zvanou botulismus, postihující nervový systém. Jiná bakterie stejného rodu *Clostridium tetani*, která žije v půdě, vytváří toxin, jenž způsobuje svalové křeče. Onemocnění vyvolané touto bakterií se nazývá tetanus. Křečovitě stahy šijového a žvýkacího svalstva mohou vést k smrti udušením. Jedovatou látku produkuje také bakterie *Vibrio cholerae*, která způsobuje cholera, nebezpečnou nemoc projevující se silnými průjmy, jež vedou ke ztrátě vody a dehydrataci organismu. Nákaza se přenáší vodou kontaminovanou výkaly nebo zvratky.

Některé bakterie obsahují jedovaté látky jako součást cytoplazmatické membrány. Příkladem jsou tyčinkovité bakterie rodu *Salmonella*, které vyvolávají průjmová onemocnění. *Salmonella typhi* způsobuje závažné břišní onemocnění břišní tyfus. Jiné typy salmonel, které se mohou vyskytovat v masu a potravinách živočišného původu, způsobují celkovou otravu organismu. Onemocnění se označuje jako salmonelóza.

Zdrojem bakteriálních nákaz bývá organismus, ve kterém přežívají patogenní bakterie. Zdravý člověk se může nakazit buď přímým kontaktem s nemocným člověkem či zvířetem, nebo nepřímo při kontaktu s předměty, na nichž ulpěly bakterie (prádlo, kapesníky, hračky, přístroje nemocného), kontaminovanými potravinami, půdou, vodou nebo kapénkami. Kapénky vznikají při mluvení, kašlání, kýchání a obsahují hlen z nosu a hrtanu. Kapénky s bakteriemi zasychají a vytvářejí infekční prach, který můžeme vdechovat. Mezi nemoci přenášené kapénkami vzdušnou cestou patří nemoci způsobené streptokoky: angína, spála, zápal plic. Vzdušnou cestou se také přenáší tuberkulóza, záškrt a černý kašel. Vstupní branou pro tyto patogenní bakterie jsou dýchací cesty.

Bakterie přenášené kontaminovanou vodou a potravinami se dostávají ústy do trávicího traktu. Vedle salmonelózy, břišního tyfu, paratyfu a cholery je další závažnou nemocí

úplavice, kterou způsobuje bakterie *Sigella dysentriae*. Při úplavici se vyskytují časté průjmy s příměsí krve, bolesti v břiše, horečka.

Mezi nejnebezpečnější bakteriální nemoci s vysokou úmrtností patří antrax neboli sněť slezinná. Původcem této nemoci je bacil *Bacillus anthracis*. Antrax se může vyskytovat ve třech formách: jako kožní, střešní nebo plicní forma. Nejzávažnější je plicní forma, která vzniká po vdechnutí bacilů antraxu.

Bakterie *Treponema pallidum* je přenášena pohlavním stykem a vyvolává onemocnění syfilis (příjice).

Kapavka je další nemocí přenášenou pohlavním stykem. Je způsobena diplokoky *Neisseria gonorrhoeae*. Onemocnění se projevuje zánětem sliznice pohlavních orgánů.

Zjištění, že původci některých nemocí jsou určité druhy bakterií, vedlo od 19. století k postupnému zavedení hygienických pravidel a dezinfekčních postupů v nemocnicích a veřejných budovách. Lékařská věda vyvinula v posledních desetiletích stovky nových léků a antibiotik, které pomohly vyléčit mnoho nebezpečných chorob. Na druhé straně však neuvážené a nadměrné používání antibiotik vede k rychlé evoluci rezistentních kmenů patogenních bakterií, což může představovat vážnou hrozbu pro zdraví lidstva [8].

2.5. Likvidace bakterií

Pro likvidaci bakterií můžeme použít chemickou nebo fyzikální metodu.

Likvidace bakterií chemickými látkami:

- fenolické sloučeniny (do 24 hodin usmrtí vše)
- alkohol (ne moc účinný)
- formaldehyd (velmi účinný, ale jedovatý)
- chlór (úprava pitné vody), jód (jódová tinktura)
- mýdla (základní prostředek osobní hygieny)

Likvidace bakterií fyzikálními činiteli:

- sterilizace: odstranění všech živých organismů (vzniká sterilní prostředí)
- vyšší teploty (dělení bakterií podle optimální teploty)
- ultrafialové světlo (extrémně destruktivní na všechny bakterie) [4].

3. Antibakteriální úprava

3.1. Antibakteriální látky používané v textilním průmyslu

S rostoucím podvědomím zdravé veřejnosti o patogenních účincích způsobených mikroorganismy roste potřeba pro antibakteriální materiály v mnoha aplikačních oblastech. Jako jsou zdravotnické prostředky, zdravotní péče, hygienické aplikace, vodní systémy čištění, nemocnice, vybavení zubních ordinací, textil, obaly na potraviny a skladování.

Šíření HIV a hepatitidy kontaktem z kontaminovaných materiálů vytvořil zvýšený tlak na ochranu osob s funkčním oblečením. Také veškeré části oblečení a bytového textilu jsou náchylné k těmto problémům v běžném používání v životě (ponožky, sportovní a pracovní oblečení, matrace, podlahové krytiny, obuv). Textilie pro venkovní použití jsou také neustále vystaveny působení mikrobů a bakterií. Použití antimikrobiálních látek na textil sahá až do středověku, kdy staří Egypťané používali koření a bylinky pro zachování osnovy mumie. Textilní zboží, zejména s přírodních vláken, poskytuje vynikající prostředí pro mikroorganismy.

Většina textilních materiálů používaných v nemocnicích jsou náchylné k přenosu infekce nebo k přenosu chorob způsobených mikroorganismy. Prakticky každá třída chemických sloučenin byla použita pro dodání antibakteriální aktivity na textil. Lze rozlišit dva různé aspekty antibakteriální ochrany poskytované chemickými úpravami. První z nich je ochrana textilního uživatele proti patogenům nebo zápachům způsobených mikroorganismy. Druhým aspektem je ochrana textilního materiálu před poškozením způsobeným plísněmi, které produkují mikroorganismy. Bakterie nejsou tak škodlivé pro vlákna, ale mohou způsobovat nepříjemné pachy, kluzký a slizký povrch.

Antibakteriální látky jsou ochranné prostředky, které také nabízí ochranu proti různým formám hnití textilií.

3.1.1. Triclosan

Triclosan (triklosan) je antiseptický a dezinfekční prostředek. Je to halogen obsahující derivát fenolu, a je používán v kosmetice a zubních pastách. Při používaných koncentracích funguje, jako biocid. V nižších koncentracích funguje bakteriostaticky. Má široké spektrum účinku proti gram-pozitivním i gram-negativním bakteriím. Tato sloučenina také nabízí ochranu proti roztočům a používá se ve spreji nebo prášku. Vzhledem k jeho antibakteriálním vlastnostem našel triclosan široké použití v různém spotřebním zboží, včetně zubních past, mýdel a deodorantů.

Změny EU v legislativě (EU – 5282012) o triclosanu

Evropská komise se rozhodla neschválit používání biocidní aktivní látky triclosan. Toto rozhodnutí bylo zveřejněno evropskou komisí 24. dubna 2014. Zastavení aktivních biocidních výrobků, které obsahují triclosan je 12 měsíců u jejich uvedení do oběhu a 18 měsíců za jejich použití v rámci EU ode dne vydání (24. dubna 2014). Proto aktivní biocidní látky, které obsahují triclosan mohou být poskytnuty v rámci EU až do 24. dubna 2015 a poté mohou být ještě 6 měsíců používány pro jednotlivé produkty. Tyto produkty mohou být uváděny na trh v rámci EU nejpozději do 1. března 2017.

3.1.2. Kovové soli

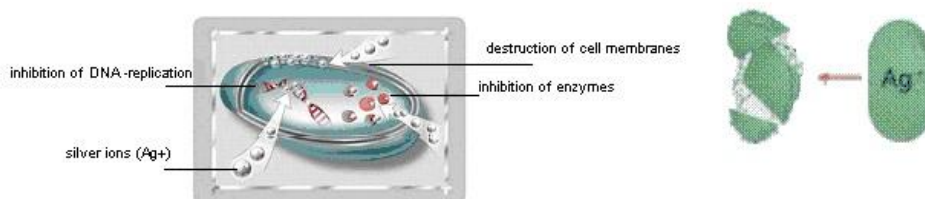
Četné chemikálie byly použity ke zlepšení antibakteriální aktivity bavlněných textilií. Mnohé těžké kovy jsou pro mikroorganismy toxické ve velmi nízkých koncentracích, a to buď ve volném stavu, nebo ve sloučeninách. Zabíjí mikroby. I když některé další kovy, jako je měď, zinek a kobalt, přitahují pozornost jako účinné antibakteriální látky pro textil. Nejvíce používané obecně v textilu i v obvazech na rány je stříbro. U syntetických vláken mohou být stříbrné částice začleněny do vláken, u přírodních vláken až v dokončovacích úpravách.

Stříbro je široce používáno v mnoha oblastech proto, že ukazuje silné biocidní účinky na mnoha patogenních bakteriích. Imobilizace částic stříbra na různá vlákna přitahuje v poslední době velkou pozornost. Studium těchto vláken vzbuzuje velký zájem připravovat jemné vlákna obsahující nanočástice stříbra. Tento vývoj významně přispívá k rozvoji textilního průmyslu. Povrchová úprava bavlněných mikrovláken se stříbrnými nanočásticemi může zvýšit cenu a účel vláken. Antibakteriální vlastnosti iontů stříbra byly využity na dlouhou dobu v biomedicině. Významným rysem stříbrného iontu je jeho mikrobiální širokospektrální vlastnost. Obecným zjištěním je, že bakterie vykazují nízkou náchylnost vyvinout k vyvinutí rezistence na bázi stříbrných iontů, a proto kovové i iontové stříbro bylo začleněno do několika biomateriálů, jako je polyuretan a bioaktivní sklo.

Výrobky obsahující stříbro jsou také materiály vhodné pro hojení ran. Když stříbro reaguje s vlhkostí na povrchu kůže, ionty stříbra se uvolňují, a tak mají baktericidní účinek. Dochází tak k hojení ran [16].

Působení stříbra na bakterie

Stříbro (značka Ag) ve vlhkém prostředí emituje ionty Ag^+ . Ionty Ag^+ pronikají do buňky bakterií, kde přeruší nejdůležitější životně významné funkce v mikroorganismu, bez kterých je buďto růst bakterie potlačen, nebo častěji je usmrcen [17].



Obr. 4. Působení Ag^+ na bakterie [17].

3.1.3. Plazmové naprašování

Konvenční dokončovací techniky aplikované na textil používají mokré chemické procesy a produkují velké množství odpadních vod. Plazma je suchá a ekologická technologie, která nabízí atraktivní alternativu přidávat nové funkce, jako je voděodolnost, dlouhodobá hydrofilita, mechanické, elektrické a antibakteriální vlastnosti. V posledních letech byly objeveny inovativní aspekty týkající se používání potažených tkanin. Nátěry mohou být aplikovány na textilie, a tím ovlivňují jejich světlostálost, elektrickou vodivost, tepelnou izolaci nebo dekorační účely. Antibakteriální vlastnosti textilií mají zvýšený význam, pokud jsou vystavovány zvýšené biologické aktivitě, jako je blízký kontakt na půdě, nebo ve vlhkém prostředí.

V posledních letech byla použita k úpravě textilu fyzikální depozice par (PVD), díky spojeným zásluhám, jako je šetrnost k životnímu prostředí a procesu bez rozpouštědel. Povlak elektrodou je jednou z nejčastěji používaných technik v PVD, který byl široce používán ve skleněném, keramickém a mikro-elektronickém průmyslu. Tato technika vytváří velmi tenký kovový nebo keramický povlak na širokou škálu substrátu, které mohou být buď kovové, nebo nekovové v různých formách. Technika může být taky použita pro potahování textilních materiálů v technických aplikacích.

Výhody rozprašování jsou následující: jednoduchý proces, úspora času, ochrana životního prostředí a výsledný povlak s vynikající přilnavostí k podkladu.

3.1.4. Chitosan

Chitosan je kationtový polysacharid. Vlastnosti chitosanu dokazují zrychlení hojení ran. Je žádán v medicíně, kosmetice, zemědělství, biochemických systémech. Existuje také mnoho

studií, které ukazují, že chitosan a chitin zrychlil hojení ran v mnoha klinických případech. Chitin a chitosan je používán v podobě vláken, prášků, granulí.

Chitosan získaný ze schránek krabů, krevet a jiných korýšů, je netoxický, biodegradabilní a biokompatibilní přírodní polymer, a již dlouho se používá ve farmaceutickém, lékařském a potravinářském průmyslu. Chitosan má dobré antibakteriální vlastnosti. Chitosan je jedním z nejbezpečnějších a nejvíce efektivních antibakteriálních činidel. Často používaný jako antibakteriální povrchová úprava pro bavlnu.

3.1.5. Cyclodextrin

Cyklodextriny (CD) jsou toroidní tvary cyklických oligosacharidů s hydrofilním vnějším povrchem a hydrofobním dutým vnitřkem, který může polapit obrovské množství lipofilních sloučenin na jejich hydrofobní dutiny, v závislosti na jejich velikosti a molekulární struktuře. Pozoruhodná schopnost cyklodextrinu zahrnout hydrofobní sloučeniny bylo využíváno v několika oblastech, od léčiv po kosmetiku. Cyklodextriny a jejich deriváty se používají v textilním oboru, neboť stálá vazba CD na textilních vláknech má tu výhodu, že začlenění jejich vlastností vůči bioaktivním molekulám se stalo skutečnou hodnotou modifikovaných vláken.

3.2. Způsoby provedení antibakteriálních úprav

Řada chemických úprav byla použita k výrobě textilií s prokazatelnými antibakteriálními vlastnostmi. Tyto produkty lze rozdělit do dvou typů.

Jeden typ sestává z chemických látek, které se postupně uvolňují. Antibakteriální látka se pomalu uvolňuje ze zásobníku a to buď na povrch vlákna, nebo dovnitř vlákna. Tento typ tzv. „vyplavování“ antibakteriální látky může být velmi účinný proti mikrobům na povrchu vláken nebo v okolním prostředí. Nicméně, zásobník se postupem času vyčerpá a úprava přestane být účinná.

Druhý typ antibakteriálního provedení se skládá z molekul, které jsou chemicky vázány k povrchu vláken. Tyto produkty, které ovlivňují mikroby, a které jsou přítomny na povrchu vláken, ale neovlivňují ty, které jsou v okolním prostředí.

Antibakteriální povrchy, které ovlivňují a šíření mikrobů mohou být bakteriostatické a fungistatické. Výrobky, které mají vliv na životaschopnost mikrobů, jsou biocidy, baktericidy, fungicidy. Tento rozdíl je velice důležitý při jednání s vládními předpisy, protože biocidy jsou silně kontrolovány vládou.

Textilie s biostatickými vlastnostmi, jsou však méně sledované. Skutečné mechanismy antibakteriálních úprav, které ovlivňují růst mikroorganismů, jsou velmi rozmanité. Zabraňují rozmnožování buněk, blokují enzymy, ničí buněčné stěny a dokážou otrávit buňku zevnitř.

Snahou je vyjmenovat žádoucí vlastnosti „ideálního“ biocidu:

- široké spektrum účinnosti proti bakteriím a plísním
- trvanlivý po dobu životnosti výrobku
- netoxický pro člověka v používaných koncentracích, bezpečný při manipulaci a použití
- bezbarvý a bez zápachu
- rozumná cena a efektivnost při nízkých koncentracích
- odolnost proti vyluhování, povětrnostním vlivům a slunečnímu záření
- potřeby s využitím standardních textilních strojů
- odolnost vůči podmínkám zpracování a vysokým teplotám
- bezproblémový v oblasti životního prostředí [16].

3.3. Hodnocení antibakteriálních úprav

Technická příručka AATCC (Americká asociace textilních chemiků a koloristů) má několik zkušebních metod, které jsou užitečné pro vyhodnocení antibakteriální úpravy na textilu. Dva typy antibakteriálních testů jsou dominantní. Jedná se o zkušební metody 147 a 100. Dále relativně nová norma EN ISO 20645 a také norma EN ISO 207 43 [16].

3.3.1. AATCC Test Method: 147-2004 – Antibacterial Activity Assessment of textile materials: Parallel streak method

Je metodou orientační a předchází, nebo měla by předcházet metodě AATCC 100. Antibakteriálně ošetřený vzorek je umístěn na agarovou plotnu, na které je v pěti pruzích inokulována bakterie *Staphylococcus Aureus* a *Klebsiella pneumoniae*. Po 24 hod se hodnotí růst pod vzorečkem a současně přítomnost inhibiční zóny.

3.3.2. AATCC Test Method: 100-2004 – Antibacterial finishes on Textile materials: Assessment of

U metody 100 je hodnocen faktor redukce, který udává, o kolik procent došlo ke snížení inokulované koncentrace bakterií. Test probíhá se dvěma bakteriálními kmeny *Staphylococcus aureus* a *Klebsiella pneumoniae*, které jsou inokulovány přímo na vzorky. Vyočkování probíhá v čase nula a obvykle po 24 hodinách, v obou případech se spočítají

kolonie (CFU) a vypočte se R (redukce v %). Nejlépe je porovnávat vzoreček ošetřený vzorek oproti referenčnímu (slepému neošetřenému vzorku).

3.3.3. ČSN EN ISO 20645 – Plošné textilie – Zjišťování antibakteriální aktivity – Zkouška šíření agarovou destičkou

Zkouška je založena na principu difundování antibakteriálního přípravku do okolního prostředí. Vzorek textilie je umístěn na agarovou plotnu, která je inokulována testovacími bakteriemi. Test probíhá s gram-pozitivní bakterií *Staphylococcus aureus* a s gram-negativní bakterií *Klebsiella pneumoniae* nebo *Escherichia coli*. Po 24 hodinách se vyhodnocuje nárůst bakterií pod vzorkem, případně v okolí vzorku a sleduje se přítomnost inhibiční zóny. Výsledek je hodnocen slovně podle tabulky v normě. Účinek je buď dobrý, na hranici účinnosti, nebo nedostatečný.

3.3.4. ČSN EN ISO 20743 – Textilie – Zjišťování antibakteriálního účinku antibakteriálně upravených výrobků

U této metody je podobně jako u AATCC 100 zkušební bakteriální suspenze naočkována přímo na vzorky. Testovacími bakteriemi jsou *Staphylococcus aureus* a *Klebsiella pneumoniae*. Vyočkovávají a počítají se bakterie (CFU) v čase 0 hod (ihned po inokulaci suspenze bakterií) a po 24 hod inkubaci bakterií na vzorku. Norma vyžaduje, aby se test provedl jednak na antibakteriálně upraveném vzorku, a také na referenčním vzorku. Výsledkem zkoušky je hodnota antibakteriálního účinku, která se vypočítá z odečtených CFU [18].

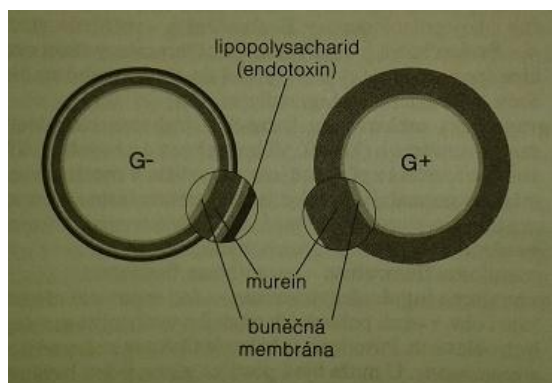
4. Vysvětlení lékařských termínů a cizích výrazů použitých v diplomové práci

Gramovo barvení

Význam barvení Grama spočívá v tom, že toto barvení umožňuje rozlišit

- Bakterie, které se podle Grama barví – grampozitivní
- Bakterie, které se podle Grama nebarví – gramnegativní
- Bakterie, které se barví podle Grama jen částečně nebo přechodným barevným odstínem – gramlabilní (či gramvariabilní)

Barvitelnost podle Grama souvisí s množstvím dalších bakteriálních vlastností, např. se složením bakteriální stěny a je současně důležitým taxonomickým kritériem [15].



Obr. 5. Rozdíl ve stavbě buněčné stěny G+ (vpravo) a G- bakterií (vlevo) [6].

Gram-pozitivní bakterie (G+)

Označuje skupinu bakterií, které Gramovým barvením získají modro-fialovou barvu. Stěna bakterie je tlustší. G+ bakterie se barví fialově. Patří k nim například stafylokoky, streptokoky.

Gram-negativní bakterie (G-)

Označuje skupinu bakterií, které se Gramovým barvením neobarví (pro rozlišení se barví dodatečně růžově). Stěna bakterie je tenčí, ale složitěji uspořádaná, než u G+ bakterie.

Patogen, patogenita, patogenní

Patogen znamená chorobný činitel.

Patogenita je schopnost mikroorganismu vyvolat chorobu.

Patogenní znamená choroboplodný, způsobující chorobu. Patogenní bakterie způsobují lidská onemocnění (např. salmonela, streptokok)

Baktericidní

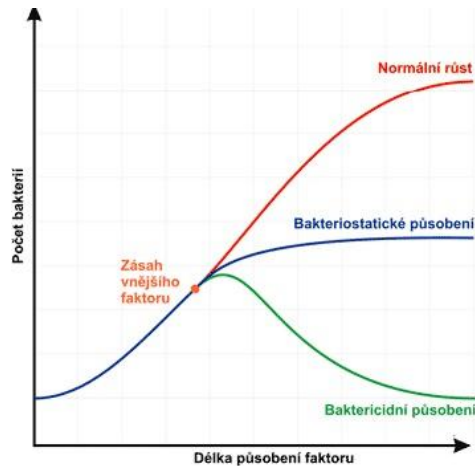
Ničící („zabíjející“) bakterie

Baktericidní prostředky

Látky, které patří k prostředkům, zařazovaným do širší skupiny antimikrobiálních přípravků (ty potlačují rozmnožování mikroorganismů nebo mikroorganismy usmrcují).

Bakteriostatický

Tlumící růst bakterií [6].



Graf. 1. Rozdíl mezi bakteriostatickým a baktericidním působením [17].

Toxikóza, toxin

Chorobný stav vyvolaný toxinem.

Toxin je látka produkovaná živým organismem, která má škodlivé účinky a vyvolává onemocnění, popřípadě smrt. Patří sem endotoxin, součást stěny některých G- bakterií a exotoxiny, které produkují a uvolňují do okolí některé bakterie.

Sepse

Těžká infekce, která je provázena celkovými projevy zánětu při výrazné aktivaci zánětových mechanismů. Klasický stav, při němž se z infekčního ložiska v těle se občas či trvale uvolňují choroboplodné zárodky do krve a poškozují ostatní orgány. Vyvolavatelem sepse jsou obvykle bakterie, vzácněji houby.

Nozokomiální, nozokomiální nákaza

Nozokomiální znamená nemocniční.

Nozokomiální nákaza (NN) je nákaza vzniklá při pobytu v nemocnici nebo v příčinné souvislosti s tímto pobytem. Na vzniku NN se podílí přítomnost určitých mikrobů v nemocničním prostředí, oslabení organismu nemocí i diagnostické a léčebné zásahy do organismu. (např. cévkování, operace aj.). Nejčastějšími vyvolavateli jsou bakterie E.coli, Klebsiella, Proteus, Pseudomonas, Stafylokok aj. Mnohé NN jsou obtížně léčitelné pro značnou rezistenci bakterií. Za NN se nepovažují nákazy vzniklé před přijetím, ale projevující se až po přijetí.

Biocid

Látka, která rozkládá či zabíjí živé organismy, zejména mikroorganismy.

Malignita

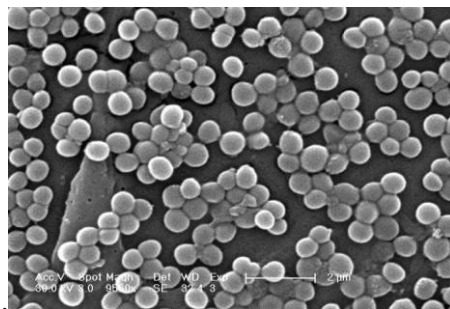
Označuje se tak zhoubné onemocnění (ve smyslu nádoru) [6].

5. Bakterie použité v diplomové práci

V experimentální části této diplomové práce se pracuje se třemi různými bakteriálními kmeny, které se často vyskytují v nemocničním prostředí.

5.1. Staphylococcus aureus

Staphylococcus aureus neboli zlatý stafylokok (gram-pozitivní bakterie) patří do rodu stafylokoků. Jedna z nejvýznamnějších bakterií v humánní medicíně.



Obr. 6. Staphylococcus aureus pod mikroskopem [10].

Biochemicky velmi aktivní mikroorganismus s produkcí řady látek, které se uplatňují v jeho patogenitě. Může kolonizovat kůži a sliznici a zejména při oslabení organismu se může stát patogenem. Vyvolává jednak invazivní onemocnění s průnikem do tkání, se vznikem hnisavého zánětu často abscedujícího charakteru, jednak toxikózy. K invazivním onemocněním patří kožní choroby (pyodermie), mastitidy, ranné infekce a jiné. Infekce mají často chronický charakter, mohou recidivovat, metastazovat, v některých případech vedou ke vzniku sepse. Ke stafylokokovým toxikózám patří syndrom toxického šoku, syndrom opažené kůže. Léčba stafylokokových onemocnění zahrnuje lokální léčbu a podávání antibiotik.[6].



Obr. 7. Kožní infekce způsobená *Stafylokokem* [11].

5.2. *Klebsiella pneumoniae*

Klebsiella je rod gram-negativních bakterií z čeledi Enterobacteriaceae. Vyznačují se polysacharidovým pouzdem. Vyskytují se v přírodě (voda, půda) a mohou být přítomny v trávicím či dýchacím ústrojí. Jsou podmíněné patogeny, mohou způsobovat nozokomiální infekce.

Klebsiella pneumoniae je hlavním představitelem rodu *Klebsiella*. Patří k významným původcům nozokomiálních infekcí. Způsobuje bronchopneumonie, infekce močových cest, sepse, zejména u oslabených osob může vyvolat meningitidy [6].

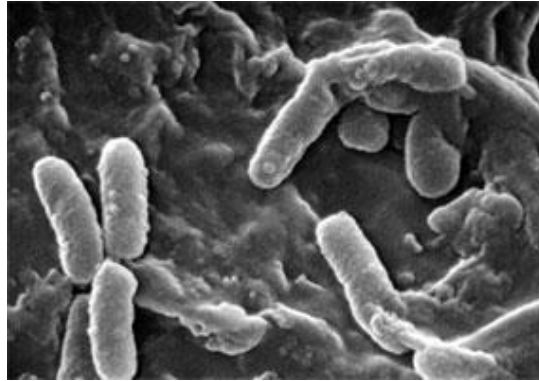


Obr. 8. *Klebsiella pneumoniae* pod mikroskopem [7].

5.3. *Pseudomonas aeruginosa*

Pseudomonas je rod gramnegativních aerobních pohyblivých bakterií tvaru tyček. Nejvýznamnější je *Pseudomonas aeruginosa* gramnegativní bakterie tyčkového tvaru. Lze ji kultivovat na běžných půdách, vytváří kolonie, které mají kovově stříbrný až lesklý vzhled. Vytváří pigmenty (modrozelený pyocyanin a žlutozelený fluorescein). Je přítomná v odpadních vodách, v močových cestách. Může kolonizovat sliznici, přičemž závisí na imunitním stavu hostitele, zda dojde ke vzniku onemocnění. Závažná je kontaminace

zdravotnických zařízení a přístrojů vedoucích k nozokomiálním infekcím rezistentními kmeny. U oslabených osob vznikají závažné infekce (močových cest, pneumonie, sepse aj.) Ohroženi jsou pacienti s malignitami, popáleninami, dlouhodobě zavedenými katetry a rovněž novorozenci. [6].



Obr. 9. *Pseudomonas aeruginosa* pod mikroskopem [9].

6. Antibakteriální úpravy firmy RUDOLF GROUP

Pro tuto diplomovou práci jsem zvolila antibakteriální úpravy, které vyrábí německá firma RUDOLF GROUP. Tato firma představuje inovativní, moderní společnost a spolehlivého a kompetentního partnera celosvětového textilního průmyslu. Vyvíjí inovativní produkty šité na míru pro všechny členy textilního řetězce. Historie této firmy začala v roce 1922 ve městě Varnsdorf v severních Čechách. Založil ji chemický inženýr Reinhold Rudolf. Dnes má tato firma sídlo v Německu ve městě Geretsried.

Antibakteriální úprava je určena k zamezení nebo zmírnění růstu bakterií, ke snížení množství bakterií nebo k usmrcení bakterií.

6.1. RUCO-BAC MED

Jedná se o preventivní technologii antibakteriální a anti-alergenní úpravy pro všechny typy vláken, zvláště pro textilie, které mají přímý kontakt s lidskou pokožkou. Ruco-bac med snižuje riziko vzniku alergií.

Vlastnosti úpravy také zabraňují množení roztočů, tím že přerušují jejich potravinové řetězce. Je odolná vůči praní, chemickému čištění, slané vodě, chlóru, vysoké teplotě sušení. Nemá žádný vliv na stálobarevnost textilie.

Rozsah působení Ruco-bac med předurčuje tento výrobek pro antibakteriální úpravu textilií.

Hlavní složkou Ruco-bac med je klinicky testována účinná látka triclosan. Technologie Ruco-bac med využívá jejího antibakteriálního účinku. Vhodná technologie umožňuje široké využití v textilním průmyslu.

6.1.1. Aplikace RUCO-BAC MED

Ruco-bac med je šetrný k životnímu prostředí. Obsahuje biologicky snadno rozložitelná rozpouštědla. Může být použita v závislosti na požadavcích, až jako finální úprava.

Aplikace stanovená výrobcem:

Poměr lázně:	1:10
Koncentrace Ruco-bac med [%]	3-6
Teplota procesu [°C]	40-50
Doba procesu [min]	15-30 min

Po této aplikaci se textilie vyjme bez oplachování a následně se suší až do 170°C [12].

6.2. RUCO-BAC AGP

Produkt Ruco-bac agp také nazývaný Silverplus. Jedná se o unikátní technologii založené na prvku stříbra, která vykazuje antibakteriální účinky. V současné době se stříbro používá jako účinná bakteriostatická látka v nejrůznějších oborech, jako je například kosmetika nebo medicína.

Silverplus se hodí pro všechny typy vláken. Je vysoce odolný vůči praní, speciálně vhodný pro textilie, které mají přímý kontakt s lidskou pokožkou. Je schopný zabraňovat infekcím na klinikách a v nemocnicích, které jsou způsobené například kmenem Staphylococcus aureus. Například v Německu umírá přibližně 15000 lidí na infekce, které způsobují bakterie rezistentní na antibiotika. Silverplus může přispívat v prevenci proti dalším infekcím v nemocnicích [21].

6.2.1. Aplikace RUCO-BAC-AGP

V závislosti na požadavcích může být použita, až jako finální úprava.

Aplikace stanovená výrobcem:

Poměr lázně:	1:10
Koncentrace Ruco-bac agp [%]	0,2-0,5
Teplota procesu [°C]	40-50
Doba procesu [min]	15-30 min

Po této aplikaci se textilie vyjme bez oplachování a následně se suší až do 170°C [20].

6.3. Metody pro zjištění antibakteriálního účinku výrobce Rudolf Group

Výrobce doporučuje tři metody, jak zjistit antibakteriální účinnost:

1. Mléčný test, který je nejrychlejší
2. AATCC Test method 147 – zkušební metoda vyvinutá American Association of Textile and Colorists
3. AATCC Test method 100 – zkušební metoda vyvinutá American Association of Textile and Colorists

V podmínkách Laboratoří Technické univerzity v Liberci je možné testovat antibakteriální účinek pomocí mléčného testu a AATCC Test Method 147.

6.3.1. Mléčný test

Nejrychlejší test, jak zjistit antibakteriální účinek.

Potřebné vybavení:

2x skleněná uzavíratelná láhev

Pipeta

Nepasterizované mléko

Postup testu:

Na vzorky neošetřeného textilu i ošetřeného textilu nanese se 3-4 kapky mléka. Každý vzorek uzavře se zvlášť do skleněných láhví a necháme uzavřené 2-3 dny.

Vyhodnocení testu:

Po 2-3 dnech otevřeme láhve se vzorky a hodnotíme podle pachu.

Neošetřený vzorek = sýrový zápach

Ošetřený vzorek Ruco-bac med = bez zápachu [13].

6.3.2. AATCC Zkušební metoda 147 – Antibakteriální posouzení účinnosti textilních materiálů: Paralelní pruhová metoda

Jedná se o zkušební metodu vyvinutou v roce 1976 Americkou asociací textilních chemiků a koloristů (AATCC). Naposledy byla tato metoda revidována a znovu schválena v roce 2004.

Způsob této metody naplňuje potřebu aktivně rychle a snadno stanovit antibakteriální aktivitu ošetřených textilních materiálů. Způsob paralelních pruhů se ukázal jako účinný v průběhu mnoha let, při poskytování průkazu při antibakteriální účinnosti.

Vzorky zkušebnímu materiálu, včetně vzorků neošetřeného materiálu, jsou umístěny v těsném kontaktu s živným agarem, na který bylo nanášeno inokulum testované bakterie. Po inkubaci se hodnotí nárůst bakterie pod vzorkem a velikost inhibiční zóny. Pracuje se standardními kmeny bakterií, které jsou uvedené v daném testu. *Staphylococcus aureus* a *Klebsiella pneumoniae* mohou být použity, jako reprezentativní organismy.

Terminologie:

Aktivita: měřítko účinnosti činidla

Antibakteriální činidlo: v textilním průmyslu každá chemická látka, která likviduje bakterie, nebo zasahuje do množení, růstu nebo aktivity bakterií.

Zóna inhibice (pozastaveného růstu bakteriálního kmene): oblast, kde neroste žádný mikroorganismus, kultivovaný na povrch agarové půdy

Zkušební organismy:

Testované bakterie:

- *Staphylococcus aureus* CCM 3953 – gram-pozitivní bakterie
- *Klebsiella pneumoniae* CCM 4415 – gram-negativní bakterie

Zkušební vzorky:

Zkušební vzorky mohou být řezány ručně nebo strojově. Doporučují se vzorky 25x50 mm, aby ležely přes všech 5 paralelně očkovacích pruhů. Pruhy jsou od sebe vzdálené 10 mm.

Příprava živné půdy:

Kultivace mikroorganismů se provádí ve sterilních živných médiích. Základní složkou je destilovaná voda a potřebné živiny.

Příslušné množství továrně vyráběných sušených médií nebo navážky jednotlivých složek se suspendují v určeném množství destilované vody, ponechají se asi 10 minut nabobtnat a po případné úpravě pH (6,8 pH +/- 1) na požadovanou hodnotu se sterilizují určeným způsobem. Nejběžnější způsob je autoklárování (tedy záhřev na 121 °C při zvýšeném tlaku vodních par po dobu 15-25 minut). Po sterilizaci a samovolném ochlazení na cca 50°C se provádí aseptické rozlévání do sterilních Petriho misek. Půda musí být dokonale promíchána, ale

nemá docházet k tvorbě bublin. Půda se rozlévá do jednotlivých Petriho misek, aby v nich vznikla vrstva 0,5 cm. Uzavřené misky se ponechají ve vodorovné poloze pro ztuhnutí agaru, cca 5-10 minut.

Postup:

Očkování živných půd se provádí bakteriologickou kličkou. Inokulum se nanese na povrch sterilní agarové plotny tak, že se pomocí kličky nanese pět paralelních pruhů. Pruhy jsou od sebe vzdáleny 10 mm. Klička se během nánosu nedoplňuje. Dbá se na to, aby se nenarušil povrch agaru. Jemně se přiloží zkušební vzorek na plochu agaru tak, aby přesahoval všechny pruhy. Toto se provádí pinzetou, která byla bezprostředně před použitím sterilizována plamenem a následně ochlazená vzduchem.

Inkubuje se při teplotě 37 °C po dobu 18-24 hodin.

Zhodnocení:

Hodnotí se nárůst bakterií k okrajům vzorku a pod vzorkem ošetřené textilie. Šířka zóny inhibice lze vypočítat dle následující rovnice:

$$W=(T-D)/2$$

W = šířka jasné zóny inhibice v mm

T = průměr zkušební vzorku a jasné zóny v mm

D = průměr zkušební tělesa v mm

Ošetřené materiály by měly být porovnány s materiálem bez antibakteriální úpravy. Zpráva o výsledcích bude zahrnovat hodnocení zón inhibice a nárůstu pod tkaninou pokud je bakterie přítomna. Kritérium pro vyhovění zkoušky musí být odsouhlaseno zúčastněnými stranami. Aby byla antibakteriální úprava přijatelná, nesmí být žádná kolonie bakterie pod vzorkem v kontaktní oblasti. [14].

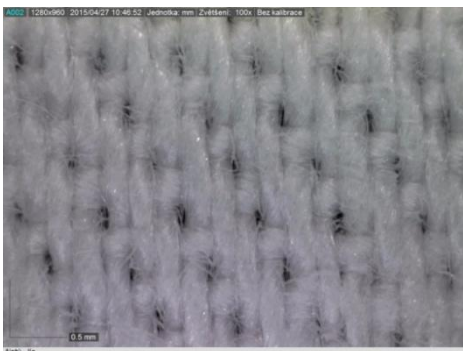
EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

7. Rozbor tkaniny

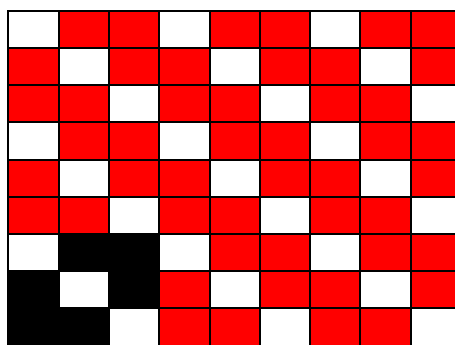
Rozbor textilního materiálu (tkaniny) používaného pro tuto diplomovou práci:

Typ tkaniny: bavlnářská

Vazba tkaniny: osnovní třívazný kepr levého směru



Obr. 10. Vzorek tkaniny



Obr. 11. Vazba tkaniny

Dostava nití osnovních (na 100 mm): 425

Dostava nití útkových (na 100 mm): 215

Plošná hmotnost tkaniny (v g/m^2): 162

Symbole údržby:



Výrobek se může prát při maximální teplotě 95°C, může se bělit všemi obvykle používanými způsoby, může se sušit v bubnové sušičce při nižší teplotě sušení, žehlit se může při maximální teplotě žehlicí plochy 150°C a výrobek se může chemicky čistit tetrachlorethenem, monofluortrichlormethanem a všemi rozpouštědly uvedenými pod symbolem F, obvyklé postupy čištění jsou bez omezení.

8. Aplikace a zkoušení antibakteriální úpravy

Prvním úkolem diplomové práce je ošetřit textilie antibakteriální úpravou. Aplikace úpravy probíhala v laboratoři Technické univerzity v Liberci, a to v budově L, v oddělení nanomateriálů v přírodních vědách.

V tab. 1. a 2. jsou znázorněny objemy úpravy podle koncentrace z celkové váhy materiálu.

Tab. 1. Koncentrace úpravy Ruco-bac med

RUCO-BAC-MED			
	3%	4,5%	6%
OBJEM Ruco-bac-med [ml]	1,17	1,76	2,35
Poměr lázně	1:25	1:25	1:25
Hmotnost materiálu [g]	40	40	40

Tab. 2. Koncentrace úpravy Ruco-bac agp

RUCO-BAC AGP			
	0,2%	0,35%	0,5%
OBJEM Ruco-bac-agp [ml]	0,07	0,13	0,18
Poměr lázně	1:25	1:25	1:25
Hmotnost materiálu [g]	40	40	40

Postup, který je stanoven výrobcem, nám udává koncentraci úpravy. Pro porovnávání výsledků jsme vybrali tři koncentrace. U RUCO-BAC MED se jedná o koncentrace 3 %, 4,5% a 6 % produktu z celkové váhy materiálu. U RUCO-BAC AGP se jedná o koncentrace 0,2%, 0,35% a 0,5% produktu z celkové váhy materiálu. Aplikace se provádí tzv.: vytahovacím způsobem.

Vzorky textilu se tedy vloží do jednoho litru čisté vody, kam se přidá RUCO-BAC MED. Voda se zahřívá na 50 °C. Při této teplotě se nanáší po dobu 20 minut. Je velice důležité, aby byla úprava nanášena rovnoměrně. Proto jsme použili magnetické míchadlo, které nám zaručí

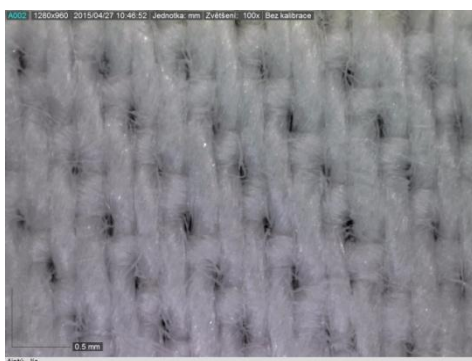
rovnoměrné nanesení úpravy. Po 20 minutách se textilie vytáhne z vody, nijak se neoplachuje a nechá se uschnout.

8.1. Testování mléčným testem

Mléčný test je jeden z nejrychlejších a nejjednodušších testů, jak vykultivovat bakterie nebo plísně. Pro tento test musí být použito nepasterizované mléko. Nepasterizované mléko je čerstvé, nijak zpracované, proto v sobě uchovává bakterie. Aby bylo mléko zbaveno bakterií, musí projít teplotou varu.

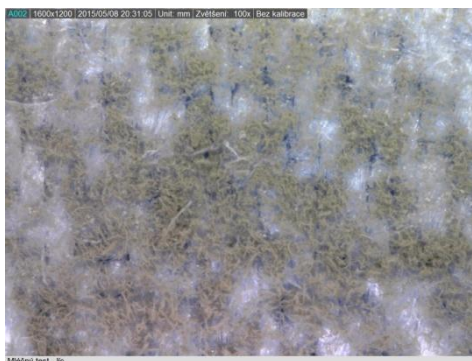
Na ošetřenou a neošetřenou textilii nanese 3-4 kapky mléka, zavřeme do skleněných láhví s víkem a 2-3 dny necháme v klidu působit. Po 3 dnech můžeme vyhodnotit výsledek, který se hodnotí dle pachu textilie.

Textilie ošetřená antibakteriální úpravou je bez jakéhokoliv zápachu, zatímco textilie bez úpravy má silný zápach po sýru. Na povrchu je vidět zelená plíseň. Čím déle je textilie uzavřená v láhvi, tím více plíseň roste.



Obr. 12. Mléčný test na ošetřené textilii

Z obr. 12. a 13. jsou vidět rozdíly, kdy nejen pachem, ale i zrakem můžeme posoudit účinnost úpravy.



Obr. 13. Mléčný test na neošetřené textilii

8.2. Testování metodou AATCC 147

Vzhledem k tomu, že textilie, které jsou upraveny danými produkty, mají být používány ve zdravotnických zařízeních, je důležité, aby byla účinnost úpravy co nejlepší. Mléčným testem jsme zjistili, že úpravy účinkují proti bakteriím mléčného kvašení.

Antibakteriální úprava je však cílena do prostředí nemocnic. V nemocnicích se tyto bakterie vyskytují zřídka. Proto jsme zvolili druhou testovací metodu a jiné bakteriální kmeny.

Ve zkušební metodě, která se nazývá metoda paralelního pruhování se pracuje se zástupci gram-pozitivních bakterií, kterým je *Staphylococcus aureus* a jedním zástupcem gram-negativních bakterií *Klebsiella pneumoniae*. Po konzultaci s mikrobiologickou laboratoří Technické univerzity v Liberci, která sídlí v budově Ústavu pro nanomateriály, pokročilé inovace a technologie, jsme se rozhodli, že otestujeme ještě bakterii *Pseudomonas aeruginosa*, která se velice často vyskytuje v nemocnicích, a vykazuje vysokou rezistenci.

Na začátku celého experimentu je důležité se seznámit se základy aseptické práce a bezpečnosti práce v laboratoři.

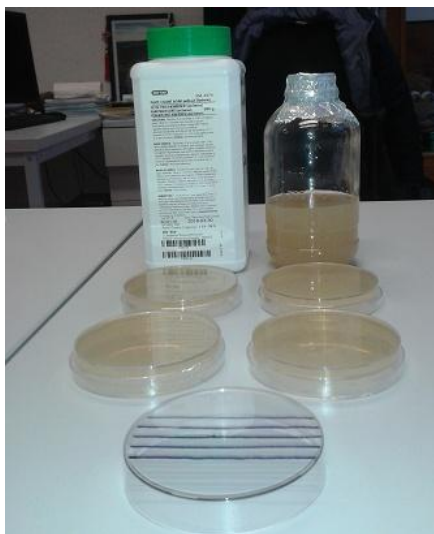
Při jakékoliv mikrobiologické práci je nutno mít stále na paměti skutečnost, že všude kolem nás v prostředí se vyskytuje velké množství mikroorganismů. Mohou znečistit a znehodnotit vzorky, se kterými pracujeme, a tak zcela zkreslit požadované výsledky. Také je nutné zabránit přenosu mikroorganismů na osoby pracující v laboratoři, neboť některé mikrobiální kultury mohou vyvolávat infekční onemocnění. Základním rysem práce je používání sterilních pomůcek, takových, které byly zbaveny všech živých mikroorganismů. V rámci bezpečnosti v laboratoři, by měl mít každý ochranný pracovní oděv, rukavice a přezůvky. Mělo by se dbát na důsledné mytí rukou, desinfekci pracovních ploch lihem. Při práci nejíst ani nepít.

8.2.1. Příprava živných půd

Jak již bylo zmíněno výše, aby se mohl mikroorganismus (bakterie) kultivovat, potřebuje proto vhodné prostředí, kterým je sterilní živná půda. V tomto případě jde o pevnou půdu (tzv. agarová půda). Tato půda musí vyhovovat všem nárokům příslušného mikroorganismu na výživu, pH a osmotický tlak. Pro test byla použita Plate Count Agar Dextrose od firmy Biorad.

Půda se naváží a rozpustí v určeném množství destilované vody. Sterilizuje se autoklávaváním, kdy se zahřeje na 121°C při zvýšeném tlaku vodních par po dobu 15 minut.

Po této sterilizaci a samovolném ochlazení na cca 50°C se provádí rozlévání do sterilních Petriho misek, kde se nanáší vrstva 0,5 mm. Uzavřené misky se ponechají ve vodorovné poloze ztuhnout.



Obr. 14. Živná půda v Petriho miskách

Na obr. 14. je připravený Plate Count Agar pro kultivaci bakterií. Na čisté Petriho misce jsou znázorněny paralelní pruhy. Tato miska slouží, jako šablona pro nanášení inokula na živnou půdu.

8.2.2. Příprava inokula

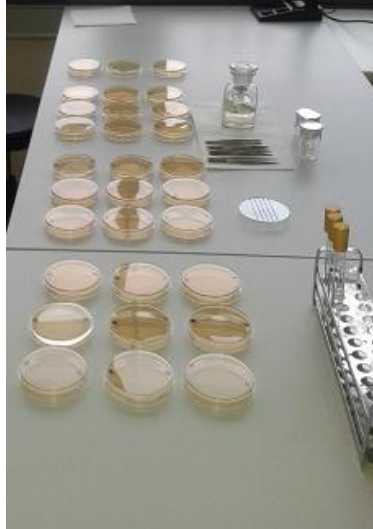
Disk bakteriálního kmene se kultivuje do 10 ml sóji (Soyabean Casein Digest medium od firmy Himedia), což je tekutá půda. Po 24 hodinách kultivace při 37 °C se odebere 1 ml z této kultury a naředí se 1 ku 9 ml do fyziologických roztoků (fyziologický roztok = 8,5 g chloridu sodného na 1 litr).



Obr. 15. Příprava inokula všech 3 bakterií

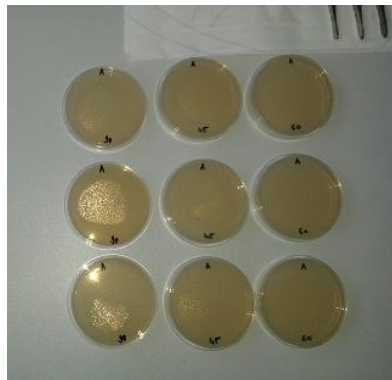
8.2.3. Očkování živných půd (inokulace)

K inokulaci jsou připraveny agarové plotny (Petriho misky se ztuhlou půdou). 3 plotny pro neošetřené vzorky, 9 ploten pro každou bakterii, z toho vždy 3 plotny pro dané koncentrace (Ruco-bac med: 3% 4,5% 6%, Ruco-bac agp: 0,2% 0,35% 0,5%).



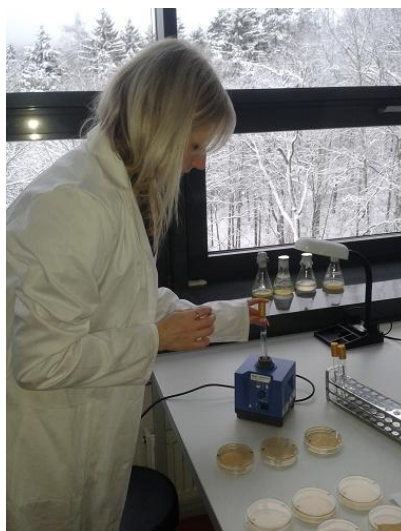
Obr. 16. Předpřipravené agarové plotny

Pro snadnou orientaci při inokulaci je každá plotna řádně označená. Značkami pro bakterie A – *Staphylococcus aureus*, B – *Pseudomonas aeruginosa*, C – *Klebsiella pneumoniae* a 0 – neošetřený vzorek. Dále jeho koncentrací.



Obr. 17. Označení jednotlivých agarových ploten

Po přípravě agarových ploten se provádí samotná inokulace. Velice důležitým bodem v této fázi je dokonalé promíchání inokula v ředění 1:9. K této fázi se používá třepačka Vortex, která zaručí dokonalé promíchání.



Obr. 18. Práce s třepačnou Vortex v laboratoři

Po dokonalém promíchání inokula nastává samotná inokulace pomocí bakteriální kličky, která musí být pro každou plotnu sterilní. Inokulum se nanese na povrch agarové plotny pomocí bakteriologické kličky pět paralelních pruhů. Klička se namáčí pouze jednou, proto bude na začátku prvního pruhu nejvíce inokula a v pátém pruhu nejméně inokula, což se jasně projeví při kultivaci. Před každým namočením se klička sterilizuje vyžháním v plameni a nechá se zchladnout. Během celé inokulace se dbá na to, aby nedošlo k poškození agarové půdy.

Nyní se na agarovou plotnu přiloží vzorky textilií. Pro snadné umístění vzorků se používá pinzeta, která se rovněž před každým použitím sterilizuje. Pokud vzorek nepřilne k půdě, použije se tzv.: skleněná hokejka, pomocí které se textilie přitiskne k půdě. Hokejka musí být také sterilní.

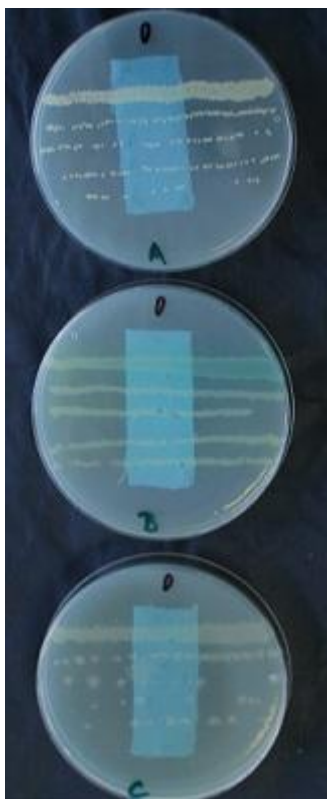
Kultivace probíhá po dobu 24 hodin při 37°C v termostatu.

8.2.4. Zhodnocení výsledků prvního testování

Po 24 hodinové kultivaci se vzorky vyndají z termostatu a vyhodnocuje se jak inhibiční zóna (oblast, kde neroste žádný mikroorganismus, kultivovaný na povrch agarové půdy), tak růst pod vzorkem ošetřené textilie ve srovnání s neošetřenou textilií.

Neošetřená textilie

Na neošetřených textiliích je jasně znát nerušený nárůst bakterie k textili, i pod textili. Viz.: obr. 19. označení A značí bakteriální kmen *Staphylococcus aureus*, B značí bakteriální kmen *Pseudomonas aeruginosa* a C značí bakteriální kmen *Klebsiella pneumoniae*.

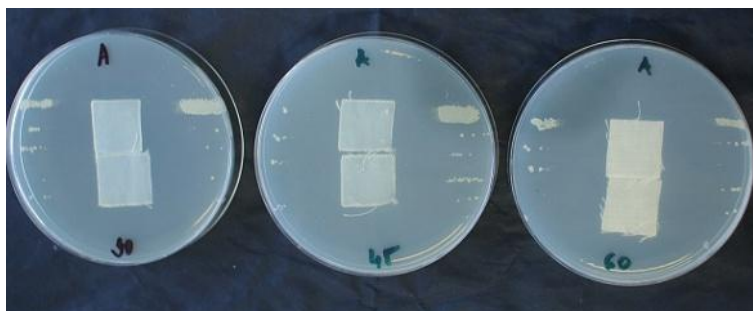


Obr. 19. Výsledek kultivace neošetřených vzorků

Výsledky RUCO-BAC MED

Ošetřené textilie – citlivost *Staphylococcus aureus* k antibakteriální úpravě

Antibakteriální účinnost textilie vůči Stafylokokovi dopadla velice dobře. Šířka inhibiční zóny byla v rozmezí 1,9 až 3 cm v závislosti na koncentraci, proto můžeme antibakteriální efekt považovat za přijatelný. Bakterie nenarůstala ani pod textilií, ani v přímém kontaktu s textilií.



Obr. 20. Výsledek kultivace *Staphylococcus aureus*, Ruco-bac med

V následující tab. 3. jsou vyčísleny hodnoty inhibičních zón.

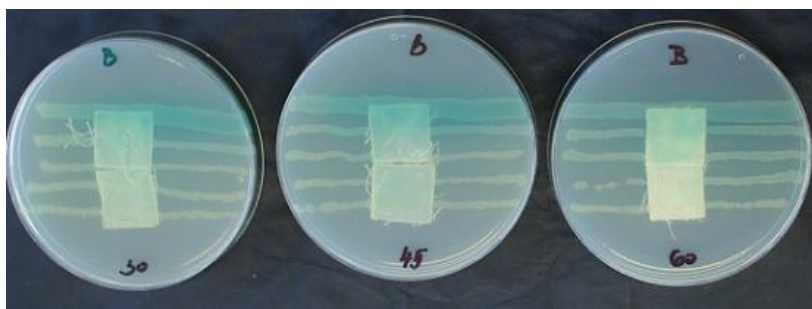
Tab. 3. Inhibiční zóny růstu bakterie *Staphylococcus*, Ruco-bac med

Staphylococcus aureus			
	3%	4,5%	6%
Inhibiční zóna 1. vzorku [cm]	2,9	2,9	3,1
Inhibiční zóna 2. vzorku [cm]	2,5	2,5	2,7
Inhibiční zóna 3. vzorku [cm]	1,9	2,6	3
Průměrná hodnota zóny [cm]	2,4	2,7	2,9

Z posledního řádku v tab. 3. je jasně zřejmé, že se silnější koncentrací se zvětšuje i inhibiční zóna. Z toho vyplývá, že silnější koncentrace se podílejí na lepším výsledku bakteriálního účinku.

Ošetřené textilie – citlivost *Pseudomonas aeruginosa* k antibakteriální úpravě

U *Pseudomonas* jsou nulové inhibiční zóny, tak kolonie bakterií narostly nerušeně k textiliím i pod textiliím. Výsledek je nepřijatelný. Proto už nebude *Pseudomonas aeruginosa* dále používána v měření úpravy Ruco-bac med.



Obr. 21. Výsledek kultivace bakterie *Pseudomonas aeruginosa*, Ruco-bac med

V odborných člancích se můžeme dočíst, že *Pseudomonas aeruginosa* má vrozenou rezistenci na triclosan. V buňce bakterie jsou přítomny látkové odtokové pumpy, které vyčerpávají triclosan ven z buňky.

Tab. 4. Inhibiční zóny růstu bakterie *Pseudomonas aeruginosa*, Ruco-bac med

Pseudomonas aeruginosa			
	3%	4,5%	6%
Inhibiční zóna 1. vzorku [cm]	0	0	0
Inhibiční zóna 2. vzorku [cm]	0	0	0
Inhibiční zóna 3. vzorku [cm]	0	0	0

Ošetřené textilie – citlivost *Klebsiella pneumoniae* k antibakteriální úpravě

Antibakteriální účinnost ošetřené textilie vůči *Klebsielle* se podobá *Stafylokokovi*. Vzhledem k tomu, že nárůst bakterie není pod textilií a ani v těsném kontaktu s textilií. Můžeme ji považovat za přijatelnou.



Obr. 22. Výsledek kultivace bakterie *Klebsiella pneumoniae*, Ruco-bac med

V následující tab. 5. jsou taktéž vyčísleny hodnoty inhibičních zón. Opět můžeme vidět, že se silnější koncentrací se inhibiční zóna zvětšuje, což zajišťuje lepší antibakteriální účinek.

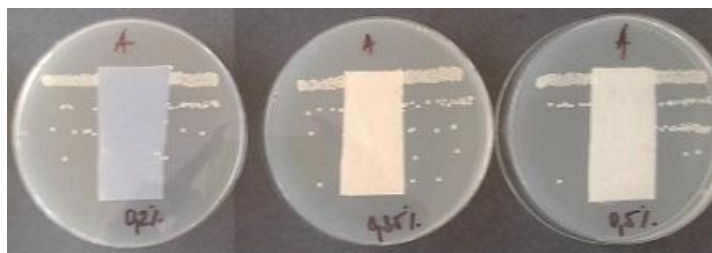
Tab. 5. Inhibiční zóny růstu bakterie *Klebsiella pneumoniae*, Ruco-bac med

Klebsiella pneumoniae			
	3%	4,5%	6%
Inhibiční zóna 1. vzorku [cm]	2,4	2,7	3,1
Inhibiční zóna 2. vzorku [cm]	2,2	2,7	3,1
Inhibiční zóna 3. vzorku [cm]	2,2	2,7	3
Průměrná hodnota zóny [cm]	2,3	2,7	3,1

Výsledky RUCO-BAC AGP

Ošetřené textilie – citlivost *Staphylococcus aureus* k antibakteriální úpravě

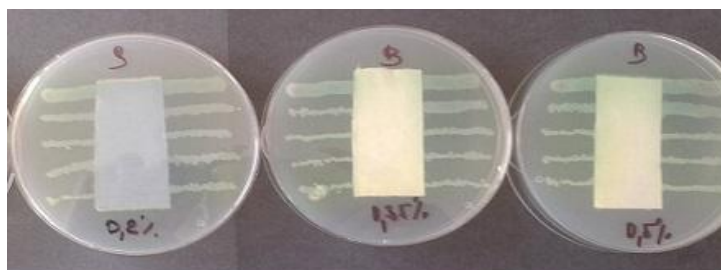
Stříbro, které je součástí této úpravy dokáže ochránit textílii před bakteriemi. Nedokáže však vytvořit inhibiční zónu jako triclosan, který je použit v první antibakteriální úpravě. *Staphylococcus* naroste až k textilu, ale pod textilem neroste. Splňuje hranici přijatelnosti bakteriální účinnosti. Nepůsobí tedy bakteriocidně, ale můžeme říci, že působí bakteriostaticky.



Obr. 23. Výsledek kultivace bakterie *Staphylococcus aureus*, Ruco-bac agp

Ošetřené textilie – citlivost *Pseudomonas aeruginosa* k antibakteriální úpravě

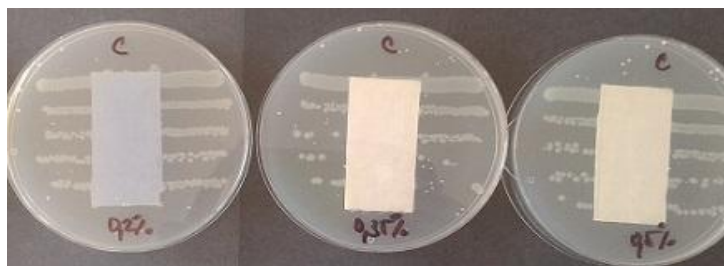
Bakteriální kmen *Pseudomonas aeruginosa* je rezistentní i v tomto případě bakteriální úpravy. Kmen při kultivaci narostl jak k textilii, tak i pod textilii. Dochází k tzv. nerušenému nárůstu. Antibakteriální efekt je tedy nepřijatelný.



Obr. 24. Výsledek kultivace bakterie *Pseudomonas aeruginosa*, Ruco-bac agp

Ošetřené textilie – citlivost *Klebsiella pneumoniae* k antibakteriální úpravě

Výsledek u tohoto bakteriálního kmenu je zcela totožný s bakteriálním kmenem *Staphylococcus aureus*. Bakterie naroste až k textilii, ale pod textilii nikoliv. Opět splňuje hranici přijetí úpravy za antibakteriální s bakteriostatickým účinkem.



Obr. 25. Výsledek kultivace bakterie *Klebsiella pneumoniae*, Ruco-bac agp

9. Ověření trvanlivosti úpravy po vícenásobném praní

Další bod zadání diplomové práce je ověřit trvanlivost úpravy i po vícenásobném praní, vzhledem k tomu, že výrobce garantuje dlouhodobou odolnost vůči praní.

Symboly údržby textilních výrobků použité v této diplomové práci udávají, že se výrobky mohou prát při teplotě 95°C.

Laboratorní praní nám udává dva způsoby postupu praní:

- a) Praní, máchání a sušení.
- b) Praní, máchání.

Z důvodu časové náročnosti byla zvolená metodika laboratorního praní s dvěma postupy praní a máchání.

Bylo zvoleno testování textilií zkušební metodou AATCC 147 po prvním praní a pak po desátém praní u Ruco-bac med. U Ruco-bac agp jsme zvolili testování až po desátém praní. Ruco-bac med jsme testovali i po prvním vyprání, vzhledem k tomu, že jsme nevěděli, jaký můžeme očekávat výsledek.

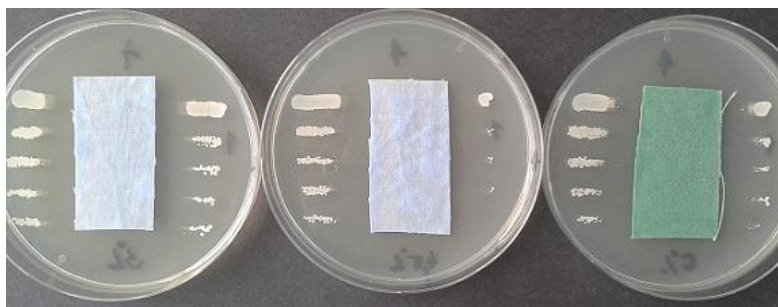
9.1. Výsledky vícenásobného praní úpravy RUCO-BAC MED

Vzhledem k výsledkům první kultivace bakteriálních kmenů, kdy byla úprava přijatelná v případě *Staphylococcus aureus* a *Klebsiella pneumoniae*, bylo zbytečné pokračovat v dalším testování bakteriálního kmene *Pseudomonas aeruginosa*.

Proto pro další testování byly použity bakteriální kmeny *Staphylococcus aureus* a *Klebsiella pneumoniae*.

Výsledky RUCO-BAC-MED – 1 x prané

Výsledky kultivace u textilie jednou prané je znát, že antibakteriální účinnost úpravy v případě *Staphylococcus aureus* je stále přijatelná, ale inhibiční zóna se viditelně zmenšila oproti prvnímu testování, kdy byly inhibiční zóny daleko větší.



Obr. 26. Výsledek kultivace *Staphylococcus aureus*, Ruco-bac med, 1x prané

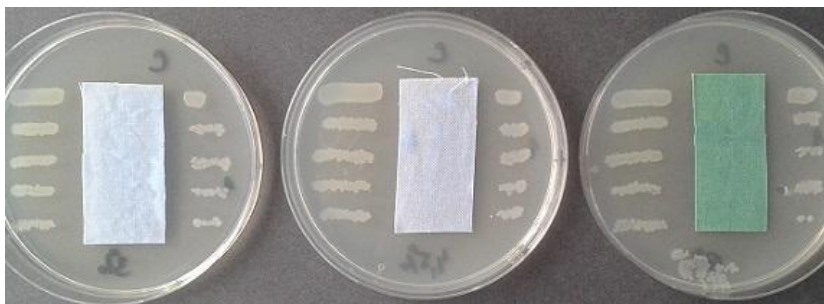
Na obr. 26. je v levé Petriho misce textilie se 3% koncentrací, uprostřed je 4,5% koncentrace a v krajní pravé misce je nejsilnější 6% koncentrace úpravy. Písmeno A značí bakteriální kmen *Staphylococcus aureus*.

V tab. 6. jsou znázorněny inhibiční zóny jednou prané úpravy Ruco-bac med.

Tab. 6. Inhibiční zóny růstu bakterie *Staphylococcus aureus*, Ruco-bac med, 1x praná

Staphylococcus aureus			
<i>RUCO BAC MED - 1x prané</i>			
	3%	4,5%	6%
Inhibiční zóna 1. vzorku [cm]	1,7	2	2
Inhibiční zóna 2. vzorku [cm]	1,7	2,1	2,3
Inhibiční zóna 3. vzorku [cm]	1,8	2	2,3
Průměrná hodnota zóny [cm]	1,7	2	2,2

U bakteriálního kmene *Klebsiella pneumoniae* dopadlo první vyprání hůř, než u předchozí bakterie. Inhibiční zóny se ve všech třech koncentracích zmenšili až o půlku.



Obr. 27. Výsledek kultivace *Klebsiella pneumoniae*, Ruco-bac med, 1x praná

Na obr. 27. je jako v předchozím případě zleva Petriho miska s textilií upravenou 3% koncentrací, uprostřed úprava s 4,5% koncentrací a na pravém kraji je miska s 6% koncentrací. Písmeno C značí bakteriální kmen *Klebsiella pneumoniae*.

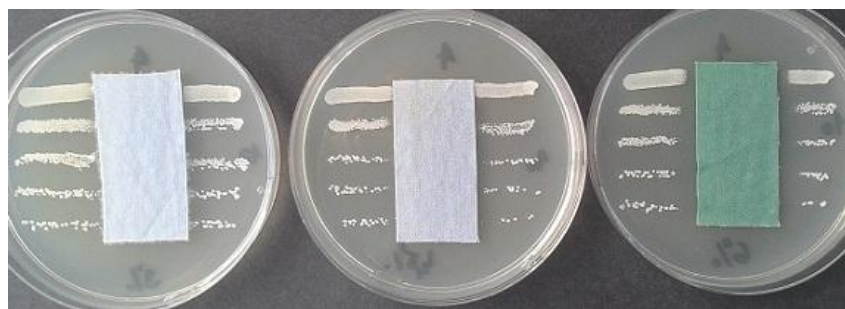
V tab. 7. jsou taktéž znázorněny inhibiční zóny jednou prané úpravy Ruco-bac med.

Tab. 7. Inhibiční zóny růstu bakterie *Klebsiella pneumoniae*, Ruco-bac med, 1x prana

<i>Klebsiella pneumoniae</i>			
<i>RUCO BAC MED - 1x prané</i>			
	3%	4,5%	6%
Inhibiční zóna 1. vzorku [cm]	1,1	1,2	1,6
Inhibiční zóna 2. vzorku [cm]	1,3	1,3	1,5
Inhibiční zóna 3. vzorku [cm]	1,3	1,3	1,4
Průměrná hodnota zóny [cm]	1,2	1,3	1,5

Výsledky RUCO-BAC MED – 10x prané

Při testování po desátém vyprání bylo zjištěno, že při kultivaci obou bakteriálních kmenů jsou výsledky skoro totožné, na rozdíl od inhibičních zón, které jsou viditelně rozdílné ve srovnání s prvním vypráním. Inhibiční zóna se vytvořila jen u nejsilnější 6% koncentrace. V případě 3% a 4,5% koncentrace bakterie narostla až k textilii, ale pod textilii nenarostla.



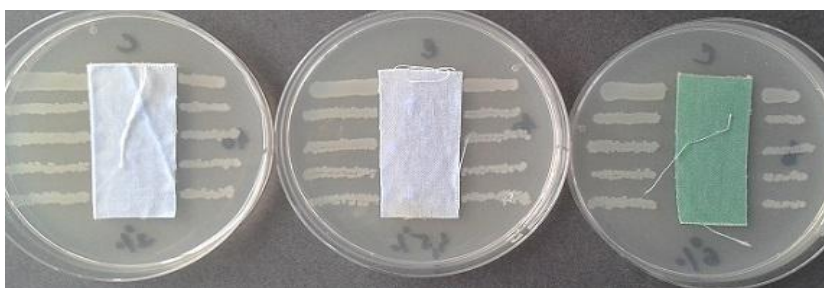
Obr. 28. Výsledek kultivace *Staphylococcus aureus*, Ruco-bac med, 10 x praná

Na obr. 28. je na kraji vlevo Petriho miska s nejslabší koncentrací, kde je jasně znát, že bakterie narostla až k textilii, stejně jako u misky uprostřed a na pravém kraji je miska s nejsilnější 6% koncentrací, kde je vidět inhibiční zóna.

Tab. 8. Inhibiční zóny růstu bakterie *Staphylococcus aureus*, Ruco-bac med, 10x praná

Staphylococcus aureus			
<i>RUCO BAC MED - 10x prané</i>	3%	4,5%	6%
Inhibiční zóna 1. vzorku [cm]	0	0	0,6
Inhibiční zóna 2. vzorku [cm]	0	0	0,5
Inhibiční zóna 3. vzorku [cm]	0	0	0,6
Průměrná hodnota zóny [cm]	0	0	0,6

Z tab. 8. je znát, že inhibiční zóna zůstala opravdu jen u nejsilnější 6% koncentrace.



Obr. 29. Výsledek kultivace *Klebsiella pneumoniae*, Ruco-bac med, 10 x praná

Na obr. 29. je vidět výsledek Ruco-bac med po desátém vyprání u kultivace bakteriálního kmene *Klebsiella pneumoniae*. Výsledek je skoro totožný s předchozí bakterií. Inhibiční zóna se vytvořila jen v pravé Petriho misce, kde je nejsilnější koncentrace.

Tab. 9. Inhibiční zóny růstu bakterie *Klebsiella pneumoniae*, Ruco-bac med, 10x praná

Klebsiella pneumoniae			
<i>RUCO BAC MED - 10x prané</i>	3%	4,5%	6%
Inhibiční zóna 1. vzorku [cm]	0	0	0,7
Inhibiční zóna 2. vzorku [cm]	0	0	0,6
Inhibiční zóna 3. vzorku [cm]	0	0	0,5
Průměrná hodnota zóny [cm]	0	0	0,6

Z tab. 9. je vidět, že inhibiční zóna tohoto bakteriálního kmene po 10 vyprání je stejná jako u předchozího bakteriálního kmene po 10 vyprání.

Výsledky RUCO-BAC AGP 10 x praná

Vzhledem k prvním výsledkům testování úpravy Ruco-bac agp jsme se rozhodli, že trvanlivost u této úpravy ověříme, až po desátém vyprání. Výrobce garantuje dlouhou trvanlivost úpravy, až 50 cyklů.



Obr. 30. Výsledek kultivace *Staphylococcus aureus*, Ruco-bac agp, 10 x praná

Na obr. 30. je opět vidět, že má bakterie nerušený nárůst až k textilii, ale pod textilií neroste. Zde můžeme říci, že trvanlivost úpravy po desátém vyprání se nezměnila. Výsledek je totožný, jako při prvním testování nevypraných vzorků. Bakteriostatický účinek úpravy zůstal neměnný.



Obr. 31. Výsledek kultivace *Klebsiella pneumoniae*, Ruco-bac agp, 10 x praná

Na obr. 31. je opět vidět, že má bakterie nerušený nárůst až k textilii, ale pod textilií neroste. Trvanlivost úpravy po desátém vyprání se nezměnila. Výsledek je totožný, jako při prvním testování nevypraných vzorků.

10. Celkové zhodnocení výsledků

10.1. RUCO-BAC MED

Výsledek zkušební metody AATCC 147 je považován za přijatelný, pokud bakterie nenaroste při kultivaci pod vzorkem v kontaktní oblasti. V našem případě můžeme antibakteriální úpravu RUCO-BAC-MED přijmout u kmene *Staphylococcus aureus*, kdy nebyl nárůst bakterie ani pod, ani k textilii. To samé můžeme říci o kmeni *Klebsiella pneumoniae*, kdy rovněž bakterie nenarostly pod textilii, ani k textilii. Upravená textilie si kolem sebe vytvořila inhibiční zónu. Jediná z testovaných bakterií, která je rezistentní vůči antibakteriální úpravě RUCO-BAC MED je *Pseudomonas aeruginosa*, ale jak bylo zmiňováno výše tato bakterie má vrozenou rezistenci na triclosan.

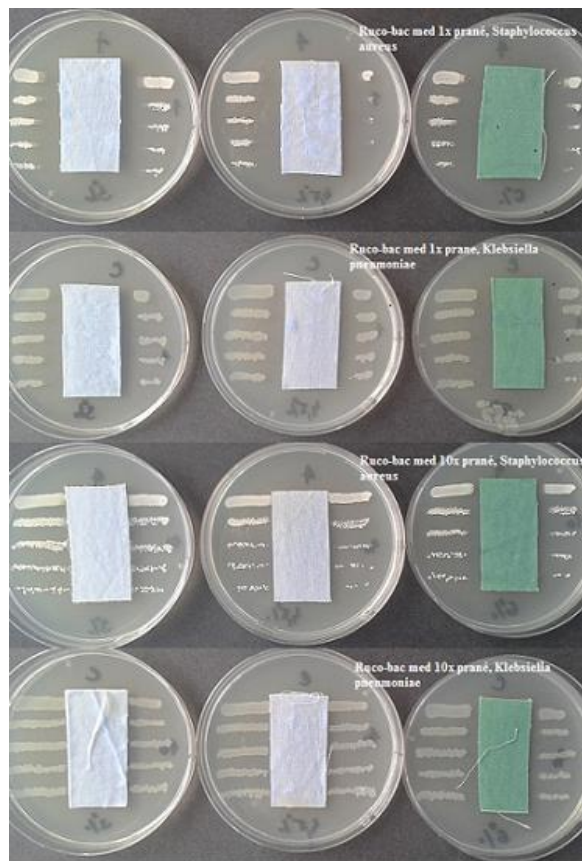
Vzhledem k požadavkům zkušební metody, kdy jsou uvedeny jako testovací bakterie pouze *Staphylococcus aureus* a *Klebsiella pneumoniae*, můžeme říct, že úprava RUCO-BAC MED je přijatelná jako antibakteriální. Vykazuje baktericidní účinnost na dané bakteriální kmeny.

Ověření trvanlivosti úpravy je vyhodnoceno pomocí vícenásobného praní. Biocidní látka triclosan vykazuje velice dobré výsledky. Vzhledem k tomu, že nevíme, jaký můžeme očekávat výsledek, zda úprava vůbec bude fungovat i po prvním vyprání, rozhodli jsme se úpravu testovat po prvním a pak po desátém vyprání.

Po prvním vyprání bylo zjištěno, že úprava je stále aktivní, ale inhibiční zóny se viditelně zmenšily na rozdíl od prvního testování nevyprané textilie. Po desátém vyprání zůstaly zóny pouze při nejsilnější 6% koncentrace. U 3% a 4,5% koncentrace bakterie narostla až k textilii, ale pod textilii nikoliv. Vyčíslené výsledky jsou znázorněny v tab. 10., která uvádí rozdíly inhibičních zón mezi samotnou úpravou bez vyprání, po prvním a desátém vyprání. Znamená to, že z baktericidního účinku se stál účinek bakteriostatický. Posun růstu inhibičních zón je vidět na obr. 32.

Tab. 10. Celkové zhodnocení inhibičních zón, Ruco-bac med

RUCO-BAC MED	Staphylococcus aureus			Pseudomonas aeruginosa			Klebsiella pneumoniae		
	3%	4,5%	6%	3%	4,5%	6%	3%	4,5%	6%
Inhibiční zóna [cm]	2,4	2,7	2,9	0	0	0	2,3	2,7	3,1
Inhibiční zóna po 1 vyprání [cm]	1,7	2	2,2	x	x	x	1,2	1,3	1,5
Inhibiční zóna po 10 vyprání [cm]	0	0	0,6	x	x	x	0	0	0,6



Obr. 32. Posun růstu inhibičních zón, Ruco-bac med

10.2. RUCO-BAC AGP

Dle zkušební metody AATCC 147 můžeme tedy úpravu považovat za přijatelnou, pokud bakterie nenarůstají pod textilií v přímém kontaktu s ní. V našem případě bakterie narostly až k textilií, ale pod textilií ne. Z čehož vyplývá přijatelný výsledek. Stříbro, antibakteriální látka v této úpravě, je uváděno výrobcem, jako bakteriostatická látka, která má tlumit růst bakterií. Splňuje tedy všechny charakteristiky stanovené výrobcem a také dané metody hodnocení antibakteriální účinnosti.

Určitě můžeme říci, že stříbro zde účinkuje jako antibakteriálně bakteriostatická látka.

Tento výrobek firmy Rudolf Group splňuje zahraniční normy EPA (USA Environmental Protection Agency) a OEKO TEX (International Association for Research and Testing in the Field of Textile Ecology). EPA je americká organizace ochrany životního prostředí a OEKO TEX je Mezinárodní sdružení pro výzkum a testování v oblasti textilní ekologie.

Výsledky po desátém vyprání dopadly stejně, jako při prvním testování. Úprava neztratila svůj bakteriostatický účinek. U všech třech koncentrací funguje úprava stejně, výsledky nejsou rozdílné. Není nutné dávat nejsilnější možnou koncentraci 0,5% z celkové váhy materiálu, když koncentrace 0,2% z celkové váhy materiálu vykazuje stejné výsledky.

10.3. Srovnání RUCO-BAC MED a RUCO-BAC AGP

Jak bylo uváděno výše v textu, tak mezi zvolenými antibakteriálními úpravami jsou dva základní rozdíly. Produkt Ruco-bac med se skládá z aktivní biocidní látky triclosan, zatímco Ruco-bac agp se skládá z bakteriostatické látky, kterou je stříbro. Z popisu těchto látek je jasné, že biocidní aktivní látka rozkládá či zabíjí živé mikroorganismy na rozdíl od stříbra, které tlumí a zabraňuje růstu mikroorganismů. Proto stříbro nevykazuje stejné výsledky jako triclosan. Je důležité brát na vědomí, že Evropská unie změnila legislativu o aktivních biocidech a to, že zakázala používání triclosanu od roku 2017.

Produkt Ruco-bac agp splňuje americké normy ochrany životního prostředí a taky normy mezinárodní asociace pro výzkum a testování v oblasti textilní ekologie.

Trvanlivost úpravy byla ověřena vícenásobným praním, kdy stříbro ve srovnání s triclosanem dopadlo daleko lépe. Po desátém praní není vidět žádný rozdíl. U triclosanu jsou znát rozdíly mezi nevypranou, jednou a desetkrát pranou textilií. Po desátém vyprání se vytvoří inhibiční zóna jen u nejsilnější 6% koncentrace.

Můžeme tedy říct, že z dlouhodobého hlediska splnění účelu úpravy, je výhodnější, protože neškodí životnímu prostředí Ruco-bac agp. I když biocidní látka dokáže usmrtit mikroorganismy, tak na druhé straně škodí životnímu prostředí a lidskému zdraví, což taky dokazuje změna v legislativě EU. Pro životní prostředí a zdraví člověka více vyhovuje produkt Ruco-bac agp.

ZÁVĚR

Tématem diplomové práce bylo „Hodnocení antibakteriální úpravy textilních výrobků používaných ve zdravotnictví“. Jejím zadáním bylo vytvořit rešerši na dané téma se zaměřením na speciální požadavky pro textilie ve zdravotnictví. Další bod směřoval k metodám zjišťování antibakteriálního účinku upravených textilií v podmínkách laboratoří Technické univerzity v Liberci. Cílem práce bylo tedy ošetřit textilní výrobky pro zdravotnický personál antibakteriální úpravou a tuto úpravu následně otestovat zvolenými metodami. Poté ještě trvanlivost otestovat i po vícenásobném praní.

Teoretická rešeršní část byla vytvořena ze zdrojů odborné literatury a odborných textů, tak aby byla dobře pochopena problematika zadání diplomové práce. Úvod rešerše nastiňuje téma textilie ve zdravotnictví, požadavky na tyto výrobky. Důležitým bodem je další část rešerše, která popisuje bakteriální buňku. Její stavbu, prostředí, množení a zneškodňování. Zajímavým tématem k této části je kapitola o bakteriích způsobující onemocnění člověka. Rešerše dále pokračuje tématem antibakteriální úprava s podkapitolami antibakteriální látky v textilním průmyslu, způsoby provedení a hodnocení antibakteriální úpravy. Před samotným popisováním zvolených antibakteriálních úprav je kapitola, která vysvětluje lékařské termíny a pojmy. Poslední body rešerše popisují bakterie použité při testování antibakteriální účinnosti v experimentální části diplomové práce a v posledním bodě popisují zvolené antibakteriální úpravy.

První antibakteriální úpravou v této práci byl produkt od německé firmy RUDOLF GROUP s názvem Ruco-bac med. Jedná se o produkt, jehož hlavní složkou je biocidní aktivní látka triclosan. Během tvorby této práce a testování bylo zjištěno, že došlo ke změně v legislativě EU o biocidních aktivních látkách. Došlo k zákazu dalšího používání této látky od 1. března roku 2017. Proto byla zvolena alternativa antibakteriální úpravy, kterou je rovněž produkt firmy RUDOLF GROUP s názvem Ruco-bac agp. Jedná se o produkt, kde je hlavní složkou stříbro, které vykazuje bakteriostatické účinky. Také je důležité vědět, že tento produkt splňuje podmínky EPA a OEKO TEX Association. EPA je sdružení amerických ochranářů životního prostředí a OEKO TEX je Mezinárodní sdružení pro výzkum a testování v oblasti textilní ekologie.

Následně byly tedy textilie pro zdravotnický personál ošetřeny zmiňovanými úpravami dle návodu aplikace stanovené výrobcem. Výrobce určuje možné rozmezí koncentrace v %, která je stanovena z celkové váhy materiálu. Pro Ruco-bac med byly použity tři koncentrace 3%, 4,5% a 6%. Pro Ruco-bac agp pak koncentrace 0,2%, 0,35% a 0,5%. Aplikace probíhala v poměru lázně 1:25. V jednom litru vody bylo ošetřeno 40 g textilie danou koncentrací. Textilie se nechala za stálého míchání ve vodní lázni po dobu 20 min při teplotě 50°C. Poté se vytáhla bez oplachování a nechala uschnout.

Pro hodnocení antibakteriální účinnosti byly tedy zvoleny dvě metody, tak aby se daly provést v podmínkách laboratoří TUL. Jednalo se o nejjednodušší test, kterým je mléčný test a dále o zkušební metodu Americké asociace textilních chemiků a koloristů AATCC 147. Tato metoda se nazývá Antibacterial Activity Assessment of textile materials: Parallel streak method. Pro mléčný test se používá nepasterizované mléko, které se nakape na ošetřenou a neošetřenou textilii. Rozdíl je jasně znát. Po 3 dnech se v uzavřené nádobě na neošetřených textiliích vykultivují bakterie mléčného kvašení, zatímco na ošetřených textiliích není viditelná jakákoliv změna. Výsledek může být hodnocen i pachem. Protože bakterie mléčného kvašení se vyskytují málo v nemocničním prostředí, bylo potřeba zvolit další metodu testování. Jedná se tedy o metodu AATCC 147. Tato metoda je založena na principu kultivace bakterií na agarové plotně, kde je živná půda. Na plotnu se naočkují bakterie v několika paralelních pruzích pod sebe, pak se přes tyto pruhy pokládá ošetřená textilie. Výsledek se odečte za 24 hodin, kdy se nechají bakterie kultivovat v inkubátoru. Pro tento test jsou předepsány bakterie *Staphylococcus aureus*, což je zástupce gram-pozitivních bakterií a zástupce gram-negativních bakterií *Klebsiella pneumoniae*. Vzhledem k účelu použití textilií byla pro testování přidána ještě bakterie *Pseudomonas aeruginosa*, která se také často vyskytuje v nemocničním prostředí. Úprava textilie je přijatelná v případě, že bakterie nenaroste pod textilií v přímém kontaktu.

Výsledky prvního testování vykazují rozdílné výsledky mezi dvěma různými úpravami. Triclosan vykazoval bakteriocidní účinky, což znamená, že dokáže mikroorganismy usmrtit. Zatímco Stříbro vykazovalo bakteriostatické účinky, které zamezují a omezují růst bakterií. Triclosan si dokázal vytvořit inhibiční zóny, které jsou vidět na obrázcích v diplomové práci. Stříbro nenechalo bakterii narůst pod textilií, ale bakterie dorostly až k textilií. U triclosanu je také znát, že se silnější koncentrací se vytvořila větší inhibiční zóna.

Dalším cílem bylo úpravu ověřit po vícenásobném praní. Z důvodu časové náročnosti byl zvolen postup dle metodiky laboratorního praní, který zahrnuje dva cykly. Praní a následné máchání. Praní probíhalo při teplotě 95°C. Výsledky vícenásobného praní dopadly tak, že vykazují rovněž rozdíly. Inhibiční zóny u úpravy Ruco-bac med se viditelně zmenšily už po prvním praní. Po desátém praní zůstal bakteriocidní účinek jen u 6% koncentrace. 3% a 4,5% koncentrace vykazuje bakteriostatický účinek.

Ze všech výsledků testování a z dané skutečnosti, kterou je zákaz používání biocidní látky Triclosan vyplývá, že pro životní prostředí a lidské zdraví více vyhovuje produkt Ruco-bac agp se složkou stříbra, který také z dlouhodobého hlediska splňuje daný účel úpravy. V dnešní době je velice kladen důraz na to, aby dané prostředky nijak neškodily lidské pokožce, zdraví a životnímu prostředí. Dané částice těchto látek by měly zůstat v textilu a neměly by difundovat na kůži.

Použitá literatura:

- [1] KOLEKTIV AUTORŮ. *Lékařské textilie. 2.díl* Praha: Asociace inovačního podnikání ČR, 2008
- [2] HAVLOVÁ M. *Standardizace textilních výrobků-textilie ve zdravotnictví*. Liberec: Tul
- [3] *Bakterie* [online] pos.rev: 2013. [cit.2015-02-11] Dostupné z:
<<http://www.bakterie.eu/>>
- [4] *Bakterie* [online] pos.rev: 23.10.2014. [cit.2015-02-11] Dostupné z:
<<http://www.biomach.cz/mikrobiologie/bakterie>>
- [5] *Mikroorganismy* [online] pos.rev: 13.3.2012. [cit.2015-02-11] Dostupné z:
<<http://www.wikiskripta.eu/index.php/U%C5%BEivatel:Katkel/P%C3%ADskovi%C5%A1t%C4%9B3>>
- [6] VOKURKA, M., HUGO, J., KOLEKTIV. *Velký lékařský slovník* Praha: Maxdorf, 2002. ISBN: 80-85912-43-0
- [7] *Klebsiella* [online] pos.rev: 09.02.2015 [cit.2015-02-15] Dostupné z:
<<http://symbinator.com/Klebsiella-clanek-588.html>>
- [8] ZÁVODSKÁ, R. *Biologie buněk* Praha: Nakladatelství Scientia, 2006. ISBN: 80-86960-15-3
- [9] *Eubacteria* [online] pos.rev: 2004 [cit.2015-02-15] Dostupné z:
<<http://www.tolweb.org/Eubacteria/2>>
- [10] *Staphylococcus aureus* [online] pos.rev: 19.12.2013 [cit.2015-02-15] Dostupné z:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Staphylococcus_aureus>
- [11] *Staphylococcus aureus* [online] pos.rev: 15.4.2010 [cit.2015-02-15] Dostupné z:
<<https://www.withfriendship.com/user/boss/methicillin-resistant-staphylococcus-aureus.php>>
- [12] RUDOLF, G. *Ruco-bac-med – návod k použití* 33408/11/20120731
- [13] RUDOLF, G. *Preventive hygiene technology and allergic protection on textile* RUDOLF CHEMIE. Version 2007-06-22
- [14] AATCC. *Technical manual – Test method 147-2004* USA: American Association of Textile and Colorists, 2009
- [15] ZÁHRADNICKÝ, J., KOLEKTIV. *Mikrobiologie a epidemiologie*, Avicenum zdravotnické nakladatelství, Praha 1987. ISBN: 08-007-87
- [16] SHAHIDI, S., WIENER, J. *Antibacterial agents in Textile industry*. Technical university in Liberec and Iran
- [17] DRAŠAROVÁ, J., *Vysocefunkční textilie pro zdravotnictví*. Liberec: Tul
- [18] *Mikrobiologie* [online] pos.rev.:2014 [cit.2015-05-03] Dostupné z:

<<http://www.tzu.cz/mikrobiologie-CZ12409> >

[20] RUDOLF, G. *Ruco-bac-agp* – návod k použití 33710/21/2013106

[21] RUDOLF, G. *Earth's antimicrobial the leading silver ion technology*. RUDOLF GROUP. Version 2013-07-31

Seznam obrázků:

1. Základní tvary bakterií [4]
2. Anatomie bakteriální buňky [5]
3. Bakteriální flóra získaná otiskem prstu ruky
4. Působení Ag⁺ na bakterii [17]
5. Rozdíl ve stavbě buněčné stěny G⁺ (vpravo) a G⁻ (vlevo) [6]
6. *Staphylococcus aureus* pod mikroskopem [10]
7. Kožní infekce způsobená *Stafylokokem* [11]
8. *Klebsiella pneumoniae* pod mikroskopem [7]
9. *Pseudomonas aeruginosa* pod mikroskopem [9]
10. Vzorek tkániny
11. Vazba tkániny
12. Mléčný test na ošetřené textilii
13. Mléčný test na neošetřené textilii
14. Živná půda v Petriho miskách
15. Příprava inokula všech 3 bakterií
16. Předpřipravené agarové plotny
17. Označení jednotlivých agarových ploten
18. Práce s třepačkou Vortex v laboratoři
19. Výsledek kultivace neošetřených vzorků
20. Výsledek kultivace bakterie *Staphylococcus aureus*, Ruco-bac med
21. Výsledek kultivace bakterie *Pseudomonas aeruginosa*, Ruco-bac med
22. Výsledek kultivace bakterie *Klebsiella pneumoniae*, Ruco-bac med
23. Výsledek kultivace bakterie *Staphylococcus aureus*, Ruco-bac agp
24. Výsledek kultivace bakterie *Pseudomonas aeruginosa*, Ruco-bac agp
25. Výsledek kultivace bakterie *Klebsiella pneumoniae*, Ruco-bac agp
26. Výsledek kultivace *Staphylococcus aureus*, Ruco-bac med, 1 x praná
27. Výsledek kultivace *Klebsiella pneumoniae*, Ruco-bac med, 1 x praná
28. Výsledek kultivace *Staphylococcus aureus*, Ruco-bac med, 10 x praná

29. Výsledek kultivace *Klebsiella pneumoniae*, Ruco-bac med, 10 x praná
30. Výsledek kultivace *Staphylococcus aureus*, Ruco-bac agp, 10 x praná
31. Výsledek kultivace *Klebsiella pneumoniae*, Ruco-bac agp, 10 x praná
32. Posun růstu inhibičních zón, Ruco-bac med

Seznam grafů:

1. Rozdíl mezi bakteriostatickým a baktericidním působením [17]

Seznam tabulek:

1. Koncentrace úpravy Ruco-bac med
2. Koncentrace úpravy Ruco-bac agp
3. Inhibiční zóny růstu bakterie *Staphylococcus aureus*, Ruco-bac med
4. Inhibiční zóny růstu bakterie *Pseudomonas aeruginosa*, Ruco-bac med
5. Inhibiční zóny růstu bakterie *Klebsiella pneumoniae*, Ruco-bac med
6. Inhibiční zóny růstu bakterie *Staphylococcus aureus*, Ruco-bac med, 1 x praná
7. Inhibiční zóny růstu bakterie *Klebsiella pneumoniae*, Ruco-bac med, 1 x praná
8. Inhibiční zóny růstu bakterie *Staphylococcus aureus*, Ruco-bac med, 10 x praná
9. Inhibiční zóny růstu bakterie *Klebsiella pneumoniae*, Ruco-bac med, 10 x praná
10. Celkové zhodnocení inhibičních zón, Ruco-bac med