

UNIVERZITA PARDUBICE

Fakulta chemicko-technologická

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2022

Jakub Slováček

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická

Studium zatěžování hedvábí  
Bakalářská práce

2022

Jakub Slováček

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická  
Akademický rok: 2021/2022

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jakub Slováček**  
Osobní číslo: **C19465**  
Studijní program: **B0531A130017 Polymerní materiály a kompozity**  
Téma práce: **Studium zatěžování hedvábí**  
Zadávací katedra: **Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek**

## Zásady pro vypracování

1. Formální stránka bakalářské práce by měla obsahovat stručnou anotaci, obsah, úvod do dané problematiky, aktuální informace zpracované formou rešerše, v závěru vlastní hodnocení, seznam literatury, seznam používaných zkratk (dle potřeby), strukturální vzorce citovaných polymerů, schémata, tabulky.
2. Doporučení pro literární rešerši:  

Proteinová vlákna, pravé hedvábí, stručná fyzikálně chemická charakteristika.  
Předúpravy pravého hedvábí se zaměřením na zatěžování.  
Hodnocení fyzikálních a chemických vlastností textilních materiálů se zaměřením na antimikrobiální chování.
3. Doporučení pro experimentální část bakalářské práce:  

U vzorků pravého hedvábí proveďte jeho zatížení.  
Porovnejte fyzikální a chemické vlastnosti vzorků před a po zatížení se zaměřením na antimikrobiální chování.  
Získané výsledky diskutujte.

Rozsah pracovní zprávy:  
Rozsah grafických prací:  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Michal Černý, Ph.D.**  
Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek

Datum zadání bakalářské práce: **17. prosince 2021**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **1. července 2022**

L.S.

---

**prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.**  
děkan

---

**doc. Ing. David Veselý, Ph.D.**  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 22. února 2022

Prohlašuji:

Práci s názvem Studium zatěžování hedvábí jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne

Jakub Slováček

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji všem, kteří se mnou spolupracovali a umožnili mi provedení této bakalářské práce. Zejména děkuji doktoru Ing. Michalu Černému, Ph.D. za trpělivost, vedení, pomoc a rady při přípravě vzorků. Dále děkuji doc. Ing. Anně Krejčové, Ph.D. za vyhodnocení provedených laboratorních zkoušek na stanovení množství uchycených prvků. Také děkuji Ing. Ivetě Brožkové Ph.D. za provedení a vyhodnocení antimikrobiálních testů. V neposlední řadě děkuji Univerzitě Pardubice za poskytnutí prostor a dalšího materiálního zabezpečení k provedení laboratorních postupů.

## **ANOTACE**

Tato práce se zabývá studiem a následnou aplikací různých typů zatěžování hedvábí a dalších aplikací aktivních látek na tkaniny hedvábí a vlny a testování těchto tkanin pro případné antimikrobiální vlastnosti. Pro srovnání účinků se tyto úpravy provádějí nejen na hedvábné tkanině, ale i na tkanině vlněné.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Hedvábí, vlna, zatěžování, antimikrobiální vlastnosti, chlorid cíničitý, chlorid zinečnatý, chitosan, síran měďnatý

## **TITLE**

Study of silk weighting

## **ANNOTATION**

This work deals with the study and subsequent treatment of different types of silk weighting and other applications of active substances on silk and wool fabrics and testing these fabrics for possible antimicrobial properties. To compare these effects, are the treatments performed not only on silk fabrics, but also on woolen fabrics.

## **KEYWORDS**

Silk, wool, weighting, antimicrobial properties, tin chloride, zinc chloride, chitosan, copper sulfate

# OBSAH

ÚVOD.....	13
1 TEORETICKÁ ČÁST.....	14
1.1 Živočišná vlákna .....	14
1.2 Hedvábí.....	14
1.2.1 Pravé hedvábí.....	14
1.2.2 Plané hedvábí.....	15
1.2.3 Vlastnosti hedvábí.....	15
1.2.4 Chemické složení .....	15
1.2.5 Chemická odolnost.....	17
1.1.1 Kyseliny a zásady.....	17
1.1.2 Ostatní činidla .....	17
1.3 Vlna.....	18
1.3.1 Mechanické vlastnosti.....	18
1.3.2 Jemnost vlny .....	18
1.3.3 Délka vláken vlny .....	18
1.3.4 Další vlastnosti vlny.....	19
1.3.5 Členění vln .....	19
1.3.6 Struktura vlny.....	19
1.3.7 Kutikula.....	20
1.3.8 Jádru vlákn .....	21
1.3.9 Dřeň vlákn .....	21
1.3.10 Chemické složení vlny .....	21
1.3.11 Chemická odolnost.....	22
1.1.3 Kyseliny a zásady.....	22
1.1.4 Ostatní činidla .....	22
1.4 Zatěžování hedvábí.....	23
1.5 Antimikrobiální úpravy .....	24
1.6 Aplikace finálních úprav textilií.....	25
1.7 Hodnocení antimikrobiálních vlastností.....	25
2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....	26
2.1 Použité materiály, chemikálie a přístroje .....	26
2.2 Pracovní postupy .....	26



2.2.1	Zatížení klasickým láznovým postupem jednotlivými anorganickými solemi...	27
2.2.2	Zatížení klocováním pomocí síranu měďnatého .....	28
2.2.3	Zatěžování klasickým láznovým postupem kombinací dvou anorganických solí 28	
2.2.4	Aplikace Chitosanu s fotoiniciátorem láznovým způsobem.....	29
2.2.5	Aplikace chitosanu a kyseliny citronové klocováním s následnými úpravami ..	30
3	VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ.....	31
3.1	Výsledky zatěžování .....	31
3.2	Kvantitativní stanovení přítomnosti anorganických kovů pomocí emisní spektrometrie.....	33
3.3	Výsledky antimikrobiálních vlastností.....	34
4	ZÁVĚR .....	39
5	POUŽITÁ LITERATURA .....	40

## SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

### Seznam obrázků:

Obrázek 1 Schematická struktura hedvábí [12] .....	17
Obrázek 2 Schematický řez vláknem vlny [29] .....	20
Obrázek 3 Disulfidické vazby mezi helixy vlny [30] .....	22
Obrázek 4 Graf příbytků hmotnosti hedvábí v % .....	32
Obrázek 5 Graf příbytků hmotností vlny v % .....	32
Obrázek 6 Vzorek J2 Vlna upravená chitosancitrátem a následně i síranem měďnatým (výsledek antimikrobiální zkoušky) .....	35
Obrázek 7 Vzorek K1 Hedvábí upravené chitosancitrátem ustáleným sodou a upravené síranem měďnatým (výsledek antimikrobiální zkoušky) .....	35
Obrázek 8 Vzorek K2 Vlna upravená chitosancitrátem ustáleným sodou a upravené síranem měďnatým (výsledek antimikrobiální zkoušky) .....	36
Obrázek 9 Vzorek K2 Vlna upravená chitosancitrátem ustáleným sodou a upravené síranem měďnatým (výsledek antimikrobiální zkoušky) .....	36
Obrázek 10 Vzorek K2 Vlna upravená chitosancitrátem ustáleným sodou a upravené síranem měďnatým (výsledek antimikrobiální zkoušky) .....	37
Obrázek 11 Vzorek I2 Vlna upravená chitosancitrátem (výsledek antimikrobiální zkoušky) .....	37
Obrázek 12 Vzorek I1 Hedvábí upravené chitosancitrátem (výsledek antimikrobiální zkoušky) .....	38

### Seznam tabulek:

Tabulka 1 Tabulka chemikálií .....	26
Tabulka 2 Tabulka použitých přístrojů .....	26
Tabulka 3 Hmotnosti hedvábí před a po zatížení  .....	31
Tabulka 4 Hmotnosti vlny před a po zatížení  .....	31
Tabulka 5 Tabulka hodnot emisní spektrometrie .....	33
Tabulka 6 Tabulka emisní spektrometrie .....	33
Tabulka 7 Výsledky antimikrobiálních vlastností .....	34

## SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

- A1 Hedvábí zatížené chloridem cíničitým
- B1 Hedvábí zatížené chloridem zinečnatým
- C1 Hedvábí upravené síranem měďnatým
- D1 Hedvábí upravené klocováním síranem měďnatým
- E1 Hedvábí upravené klocováním síranem měďnatým s následným ustálením
- F1 Hedvábí zatížené kombinací chloridu cíničitého a zinečnatého
- G1 Hedvábí zatížené kombinací chloridu cíničitého a síranu měďnatého
- H1 Hedvábí upravené Chitosanem s fotoiniciátorem
- I1 Hedvábí upravené Chitosancitrátem
- J1 Hedvábí upravené Chitosancitrátem a následně i síranem měďnatým
- K1 Hedvábí upravené Chitosancitrátem ustáleným sodou a upravené síranem měďnatým
- A2 Vlna zatížená chloridem cíničitým na
- B2 Vlna zatížená chloridem zinečnatým
- C2 Vlna upravená síranem měďnatým
- D2 Vlna upravená klocováním síranem měďnatým
- E2 Vlna upravená klocováním síranem měďnatým s ustálením
- F2 Vlna zatížená kombinací chloridu cíničitého a zinečnatého
- G2 Vlna zatížená kombinací chloridu cíničitého a síranu měďnatého
- H2 Vlna upravená Chitosanem a fotoiniciátorem
- I2 Vlna upravená Chitosancitrátem
- J2 Vlna upravená Chitosancitrátem a následně i síranem měďnatým

K2 Vlna upravená Chitosancitrátem ustáleným sodou a upravené síranem měďnatým

## ÚVOD

Pravé hedvábí i vlna jsou široce používané textilní materiály, u kterých je mimo jiné jednou z důležitých vlastností i antimikrobiální chování upravených textilií. Na rozdíl od rostlinných vláken je dosažení antimikrobiální úpravy u živočišných vláken složitější. Zejména u pravého hedvábí dochází opačnému efektu podpory tvorby bakterií, kterého se ale v praxi ve specifických případech využívá.

Cílem předkládané bakalářské práce tedy bylo provést literární rešerši na antimikrobiální úpravy pravého hedvábí se zaměřením na postup samotného zatížení, tzn. zvýšení hmotnosti tkaniny po odkližování. Následně ověřit vybrané postupy zatížení v laboratorním měřítku. Pro srovnání účinků antimikrobiálních úprav byla použita i 100% vlněná tkanina. Dále bylo cílem vyzkoušet postupy antimikrobiálních úprav, které již dříve byly s úspěchem odzkoušené na celulóзовých materiálech.

# 1 TEORETICKÁ ČÁST

## 1.1 Živočišná vlákna

Proteinová vlákna se dělí na přírodní, takzvané nativní a syntetické, označované jako regenerované. Do první skupiny patří srsti zvířat, jako je například vlna, dále pak například přírodní hedvábí. Do druhé skupiny patří vlákna připravená syntézou, například Polyamidy. Přírodní i syntetická proteinová vlákna jsou složením bílkoviny, z čehož vychází i jejich chování. Peptidické vazby, přítomnost aminoskupin a přítomnost karboxylových skupin jsou příčinou amfoterního chování bílkovinných vláken, která se mohou chovat vůči zásadám jako kyseliny a vůči kyselinám zase jako zásady. Tímto je také vymezena jejich reaktivita, která má výraznou roli při zušlechťování vlněných vláken a výrobků z nich [1, 2, 3, 4].

## 1.2 Hedvábí

Vlákna pravého hedvábí produkují housenky Bource Morušového. Housenky vytvářejí ve svém těle hustou vysoce viskózní kapalinu, kterou vytlačují jemnými otvůrkami na hlavě. Tato kapalina tuhne při kontaktu se vzduchem v jemné vlákno. Z takto vytvořených vláken si housenka utvoří kokon – zámotek, do něhož se zakuklí [1, 5].

V hedvábnickém průmyslu se zpracovávají převážně kokony uměle pěstovaných motýlů Bource. Menší význam mají kokony dalších druhů motýlů volně žijících. Z tohoto důvodu se rozlišují dva druhy hedvábí – pravé Bourcové a plané hedvábí jiných druhů [1].

### 1.2.1 Pravé hedvábí

Bourcové hedvábí je vlákno ze zámotků housenek Bourců Morušových (*Bombix mori*). Tyto housenky vytlačují dvě vlákénka hedvábí ze dvou otvorů na hlavě, která slepují hedvábným kličem, takzvaným sericinem. Takto spojí jednotlivá vlákénka do kokonového dvojvlákna. V zámotcích je cca 3000 až 4000 metrů tohoto dvojvlákna [1,5]. Vnější vrstva zámotku je složena ze značně zcuchaných vláken, vnitřní ochranná vrstva obsahuje vlákna silně slepená kličem. Souvislé, a proto nejkvalitnější vlákno lze smotat jen ze střední vrstvy v průměrné délce kolem 600 až 1200 metrů, někdy ovšem jen kolem 300 až 600 metrů a to podle jakosti kokonu. Dvojvlákno má průměr 18–24  $\mu\text{m}$ . Jednoduché odklížené vlákno má průměr 9 až 11  $\mu\text{m}$  [1].

Vlákno přírodního hedvábí je složeno z jemných protáhlých fibril, které jsou k sobě tak těsně přilehlé, že mezi nimi nejsou ani vzdušné kanálky. Pod mikroskopem se to jeví tak jako by bylo vlákénko jemně rýhované [1, 5, 6].

Hedvábí Bource Morušového se produkuje v několika velkých oblastech světa. Podle toho se taky rozeznává jako:

- I. Hedvábí evropské (italské, francouzské, španělské, švýcarské atd.)
- II. Hedvábí levantské (iránské, turecké, řecké, bulharské)
- III. Hedvábí asijské (čínské, japonské, vietnamské atd.)

Nejkvalitnější pravé hedvábí bývá japonské a čínské. Z evropských druhů to bývá nejlepší italské a francouzské hedvábné vlákno [1].

### **1.2.2 Plané hedvábí**

Jako plané hedvábí jsou označována vlákna z kokonů rozličných housenek. Nejznámější je hedvábí tussah. Toto vlákno pochází z kokonů Bourců Dubových volně žijících v Indii, Číně a Japonsku [1, 2]. Obecně mívají planá hedvábí podřadnější význam ve srovnání s pravým hedvábím Bource Morušového [1].

### **1.2.3 Vlastnosti hedvábí**

Z textilních hledisek se u přírodního hedvábí cení zejména jeho význačný lesk, plnost omaku a jeho hebkost. Tyto vlastnosti především vyniknou při odstranění obalového sericinu ze surového dvojvlákného hedvábí. Naopak sericin způsobuje u neodklíženého hedvábí tvrdost vlákna, jeho špatný omak a nevýrazný lesk tkaniny [1, 5, 7].

Měrná hmotnost surového hedvábí je 1,3 až 1,37, odklíženého hedvábí 1,25. Pevnost za sucha je 2,8 až 4,9 p/den, za vlhka se snižuje o 15 až 25 % původní hodnoty. Průtažnost kolísá v rozmezí 18 až 25 % [1].

Pravé hedvábí je špatným vodičem elektřiny, proto se může užívat jako izolant. Dále je hedvábí značně hygroskopické, tedy snadno pohlcuje a udržuje vzdušnou vlhkost. Obchodní přírážka za vlhkost je proto 11 % [1].

### **1.2.4 Chemické složení**

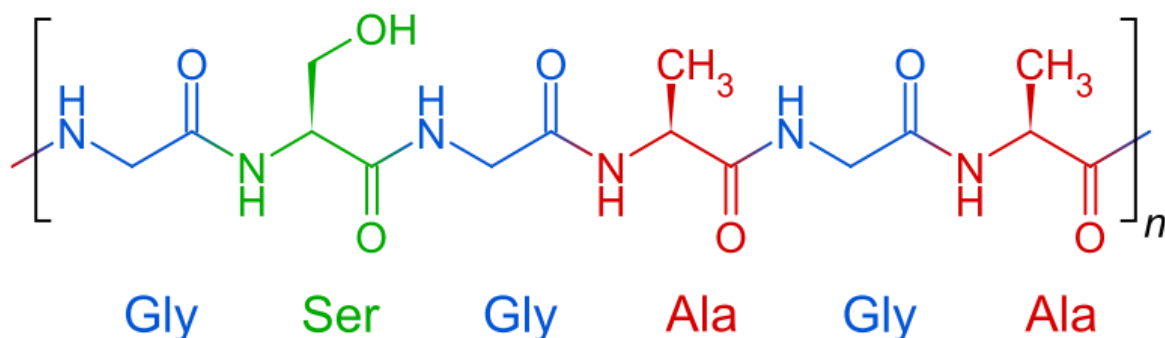
Surové vlákno sestává ze dvou jemných vláken rovnoměrně obalených sericinovou vrstvou. Vlastní vnitřní vláčenka jsou vytvořena z fibroinu. Obě složky, tedy fibroin i sericin, jsou z chemického hlediska bílkoviny [1, 2, 5].

Sericin je nerozpustný protein, po hydrolyze dává  $\alpha$ -aminokyseliny, glycin, alanin, leucin, tyrosin a další. Tyto jmenované mají největší zastoupení. Některé výzkumy zjistily, že se sericin skládá ze dvou proteinů – sericin A a sericin B. Prvně jmenovaný sericin A by měl být rozpustnější a poddajnější než sericin B, který je tužší a odolnější. Vláknina surového hedvábí obsahuje 15 až 25 % obalového sericinu [1]. Ačkoli sericin způsobuje drsný omak surového hedvábí, je z hlediska zpracování jeho přítomnost žádána, neboť působí jako ochranná vrstva. Odstraněním sericinu se začnou objevovat vlastnosti hedvábí jako je lesk a hebkost [1, 5, 7]. Sericin se odstraňuje zpravidla mýdlovým roztokem. Tento postup se označuje jako odklížení a takto upravené hedvábí se označuje jako odklížené hedvábí. Hydrolyzou fibroinu se získává 15 aminokyselin. Na rozdíl od vlny chybí hedvábí cystin, což způsobuje, že se mezi makromolekulami netvoří příčné disulfidické vazby. Nejdůležitější vlastností hedvábných vláken je poměrně značný obsah jednoduchých aminokyselin glycinu, alaninu a serinu a nepřítomnost amoniaku v hydrolyzátech hedvábí. Takže žádná z volných karboxylových skupin se nevyskytuje v amidické formě. Dále je rozdíl mezi vlnou a hedvábím v nižším množství kyselých a zásaditých skupin [1, 5]. To znamená, že množství kyselin a zásad absorbovaných do jednotlivých materiálů je u hedvábí nižší než u vlny. Absorpce kyselin zásaditými skupinami hedvábí je 0,15 ekvivalentů hmotnosti na kilogram a u vlny je 0,82 ekvivalentů. Většina polárních skupin je v hedvábí dána přítomností serinu a treoninu. Počet těchto polárních skupin je však malý v porovnání s nepolárními skupinami [1].

Vzhledem k malému počtu objemných skupin je pro hlavní řetězce možné těsné přiblížení, a proto je možné, aby se mezi nimi utvořily vodíkové můstky. Přesněji řečeno mezi jejich polárními skupinami [1, 2, 5, 6]. Na rozdíl od vlny, kde je ještě potřeba rozštěpit příčné disulfidické vazby, které brání plnému rozpuštění vlny [1].

Poměrná molekulová hmotnost fibroinu se udává v rozmezí 200 až 300 tisíc, podle stanovení koncových skupin. Rentgenogramem fibroinu pravého hedvábí bylo zjištěno, že tento protein je přítomen v natažené formě to znamená ve formě  $\beta$ , na rozdíl od vlny, která má neprotáženou strukturu, formu  $\alpha$  [1].





Obrázek 1 Schematická struktura hedvábí [12]

## 1.2.5 Chemická odolnost

### 1.1.1 Kyseliny a zásady

Zpracování hedvábí kyselinami, nebo zásadami způsobuje hydrolyzu peptidických vazeb. Stupeň hydrolyzy závisí na pH a je nejnižší v rozmezí 4 až 8. Hydrolyza kyselinami je účinnější než zásadami, kyseliny působí na peptidické vazby podél celého řetězce, kdežto zásady, zvláště z počátku, napadají pouze konce řetězců. Fibroin pravého bourcového hedvábí se rozpouští v horké koncentrované kyselině chlorovodíkové velice rychle už za 30 sekund. Hedvábí tussah je trochu odolnější a rozpouští se až za několik minut. Taktéž koncentrované kyseliny sírové nebo dusičné rozkládají fibroin. Odklížené hedvábí se rozpouští již v 80% kyselině sírové. Organické kyseliny jsou méně účinné ve zředěných roztocích, koncentrované jsou však také schopny fibroin rozpouštět. Hedvábí je louhům odolnější než vlna. Obzvláště zředěné louhy mají na hedvábí jen nepatrný účinek. Za horka jsou však schopny fibroin hydrolyzovat. Protolytické enzymy napadají fibroin, protože hlavní řetězce v hedvábí jsou velmi blízko sebe. Rovněž voda a vodní pára při teplotách nad 100 °C může způsobit značný rozklad fibroinu [1].

Oxidační činidla mohou napadat proteiny fibroinu na 3 místech, a to na bočních řetězcích, koncových skupinách a peptidických vazbách. Fibroin je na působení oxidačních činidel velmi citlivý. Peroxid vodíku, manganistany a kyselina peroctová při vyšších koncentracích hedvábí poškozují. Taktéž dlouhodobý účinek vzdušného kyslíku za spolupůsobení slunečního světla, a především UV záření způsobuje žloutnutí hedvábí [1, 5].

### 1.1.2 Ostatní činidla

Chlór napadá fibroin silněji než chlornan a reakce při tom probíhá převážně s tyrosinem. Rovněž jod a brom způsobují oxidační rozklad.

Použitím anhydridu kyseliny octové nastává acetylace volných reaktivních skupin hydroxyly a karboxyly.

Rovněž koncentrované roztoky některých solí alkalických zemin a kovů rozpouštějí fibroin. Jsou to například koncentrované roztoky rodaninu sodného, nebo vápenatého, chloridu vápenatého, chloridu zinečnatého a jiné [1].

K solím těžkých kovů má hedvábí značnou příbuznost. Například z roztoků cínicitých solí přibírá přes 100 % své původní váhy před odklížením. Což se používá k zatěžování pravého hedvábí bource morušového [1, 2, 3, 5, 6, 7, 8].

## **1.3 Vlna**

Vlna a srsti jsou střížní vlákna. Získává se především stříží ovcí. Ostatní živočišné vlasy jako je mohér, kašmířská vlna a kozí chlupy se získávají stříží angorské, kašmířské nebo domácí kozy. Velbloudí srst a srst z lamy, alpaky nebo vikuně pak stříží těchto jmenovaných zvířat [1, 2, 5].

### **1.3.1 Mechanické vlastnosti**

Vlna je stejně jako vlas ostatních savců keratoprotein, který je svým složením velice blízký kůži, nehtům, rohovině a brkům peří. Vlna má dlouhý válcovitý tvar s občasou dutinou [1, 2, 6].

### **1.3.2 Jemnost vlny**

Předpokládáme-li kruhový průřez vlněného vlákna, poté jemností vlny rozumíme velikost jejího průměru. Jemnost je vlastnost relativní, takže se používá při porovnávání s jinými vlákny. Čím je vlna jemnější, tím více se její průměr blíží tvaru kruhu. Průřez vlákna nemá po celé délce vlákna stejnou plochu, což je způsobeno několika vnějšími i vnitřními vlivy na růst vlasu [1, 6].

Každé zakadeření jemné vlny má vliv na omak a tepelně izolační vlastnosti výrobku. Jemné vlny jsou celkově kratší než vlny hrubší, což je vhodné pro plstění a nevhodné pro předení a pevnost příze [1, 2].

### **1.3.3 Délka vláken vlny**

Přirozenou délku vláken vlny lze měřit v rounu. Skutečná délka vláken se měří pod napětím, tím se narovnává zkadeření. U hodně zkadeřených vláken je potřeba dát pozor, aby se vlákna neprotahovala při narovnání zkadeření. Například česaná vlna Merino má přirozenou délku 5,5 centimetru, avšak skutečnou až 8,5 centimetru. Vlna Merino na sukna má přirozenou

délku 4 centimetry a skutečnou 6,5 centimetru. Některé velmi zkadeřené vlny na výrobu suken pak mohou mít přirozenou délku jen 2,8 a skutečnou až 5 centimetrů [1, 6].

Délka vláken závisí na několika parametrech, například na rase ovcí, na vlivu prostředí a také u jednotlivých ovcí na části těla, ze kterého je vlna ostříhána. Některé primitivní rasy ovcí mohou mít vlnu až 40 centimetrů dlouhou, takováto vlna však bývá méně ceněná. Ovcím, které nejsou stříhány, stále narůstá a až s postupem doby se růst vlny zpomalí [1].

### **1.3.4 Další vlastnosti vlny**

Zkadeření vlny je charakterizováno tvarem obloučků, jejich tvarem tedy výškou a délkou. Zkadeření se liší u jednotlivých ras ovcí, podle jejich krmení a péče o ně, podle stavby a jemnosti vlny [1, 3].

Pružnost vlny je schopnost vlny se po uvolnění napětí vrátit na svoji původní délku a zaujmout svůj původní tvar. Závisí na teplotě a vlhkosti prostředí a také na způsobech předešlého chemického a fyzikálního zpracování. Za vlhka lze vlnu opatrně protáhnout i o 70 %. A po uvolnění tahového napětí se pružně vrátí zpět do své původní polohy. Pro stanovení těchto vlastností pružnosti je nejvhodnější použít pracovní diagram závislosti prodloužení na napětí [1, 6].

Další vlastností vlny je její lesk, který je možno pozorovat u vyprané vlny. Tento lesk se může podobat lesku hedvábí. Občas se popisuje jako stříbrný nebo skleněný. Jeho intenzita poté souvisí s hloubkou obloučků vláken zkadeření vlny. Nižší lesk mívají ploché obloučky [1, 7].

### **1.3.5 Členění vln**

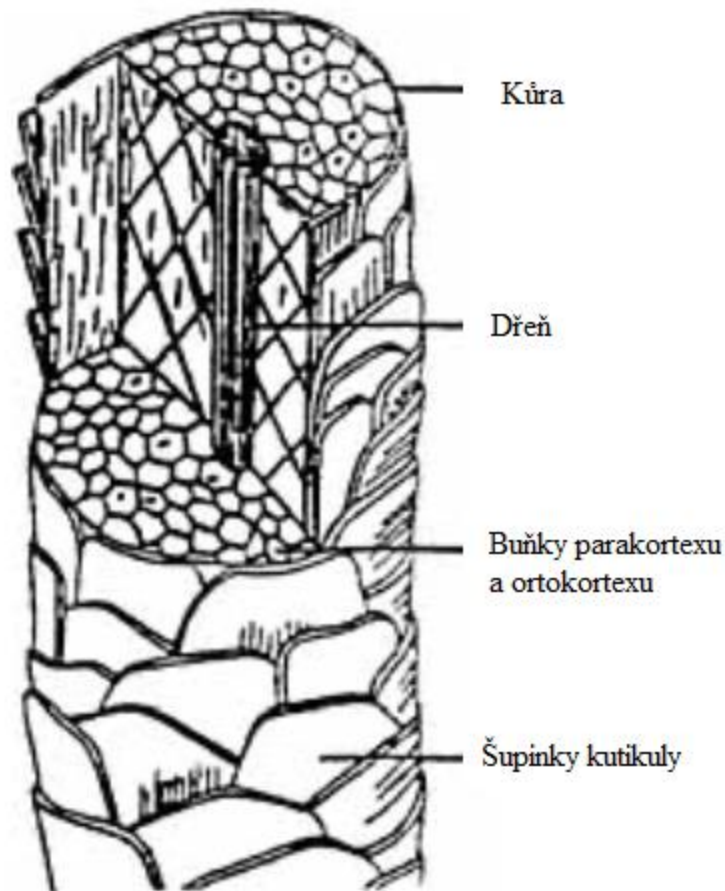
Vlnu je možné rozlišit na základě mnoha hledisek, například podle rasy ovcí jako Merino, Crossbred, Cheviot a další, dále podle země původu na australskou, východní, jihoafrickou a další [2]. Dále pak podle stavu vlny jako potní, pranou, nebo plavenou a tak dále. Podle způsobu získávání se dělí na střížní, koželužské, mazamet a mnoho dalších. Déle ještě například podle délky jako osnovní a útkovou [1].

### **1.3.6 Struktura vlny**

Vlna má značně složitější strukturu než hedvábí. Chemické složení tvoří bílkovina keratoprotein, který bývá až do vyprání nasáklý potem [1, 6].

Jednotlivé vlasy vyrůstají z vlasových folikul uložených v kůži. Vlákno má buněčnou strukturu a je složeno ze tří oblastí, a to kutikuly, která je okrajová ochranná vrstva, jádra vlákna, které se nazývá kortex a z meduly, což je vnitřní dutina vlákna. Mezi šupinovitými

buňkami povrchu a jádrem a v jádře samotném se nachází beztvary matrix fungující jako pojivo [1, 2, 6].



Obrázek 2 Schematický řez vláknem vlny [29]

### 1.3.7 Kutikula

Povrch keratinových vláken je obalen kutikulou, která má většinou tvar různě velikých šupin. Podle velikosti a uspořádání šupin se rozlišují keratinoproteinová vlákna. Buňky kutikul vlny Merino jsou při povrchu kůže jen tenké a zesilují se směrem růstu vlny od pokožky. Na špičce mohou dosahovat tloušťky kolem  $0,5 \mu\text{m}$  a výšky do  $30 \mu\text{m}$ . Tyto buňky jsou na povrchu vlákna uspořádány šindelovitě na sobě [6]. Na povrchu vlákna jsou dva druhy buněk. Hladké buňky se nacházejí na straně parakortexu a rýhované buňky, které se nacházejí na straně ortokortexu. Šupinové buňky mívají kromě různých rozměrů také různý tvar [1, 6].

Jednotlivé šupiny jsou pak ještě potaženy epikutikulou tedy pokožkou, která uzavírá buňky šupin vůči vnějšímu prostředí. Tato vrstva se při zpracování vlny porušuje a je možné, že se úpravami ztratí úplně [1].

### **1.3.8 Jádno vlákna**

Jádno vlákna neboli cortex tvoří hlavní podíl vlákna. Je uloženo pod ochranou kutikulou. Jádno se skládá z protáhlých zploštělých vřetenovitých buněk a z tmelu, který je spojuje takzvaný matrix. Vřetenovité buňky jsou složeny z mikrofibril. Ty se dále dělí na protofibrily. Délka jednotlivých fibril je asi 90 až 100  $\mu\text{m}$  [1, 6].

Mezifibrilární cement je beztvářá bílkovinná hmota s vysokým obsahem cystinu, která je rozpustná v trypsinu. Tento cement pojí jednotlivé fibrily k sobě a spojuje je do pásových útvarů [1, 5].

Dále se ještě rozlišují dva druhy cortexu jeden druh se nazývá ortocortex, který je volnější a zásadomilný. Druhý se nazývá parakortex, ten je stabilnější a strukturou hutnější, zároveň je acidofilní. Bazofilní část se nachází na vnější straně oblouku kadeření a acidofilní část na vnitřní straně oblouku. Oba cortexy jsou vůči sobě šroubovitě stočeny a poměr mezi těmito dvěma cortexy určuje kadeření vlněných vlasů [1].

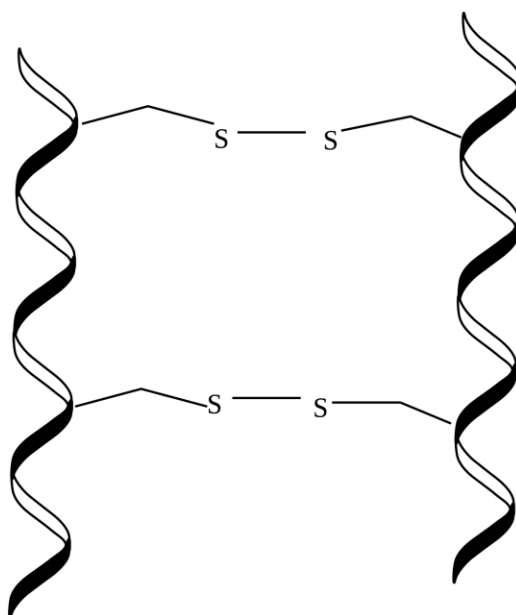
### **1.3.9 Dřeň vlákna**

Dřeňová dutina neboli medula je zřetelná pouze u tlustších vláken a pod mikroskopem. Medula je viditelná jako souvislý, nebo přerušovaný pruh tmavší nebo světlejší barvy. Tato medula je tvořena svazkem pigmentovaných plochých nebo hranatých buněk nacházejících se v ose vlákna [1, 6].

### **1.3.10 Chemické složení vlny**

Vlna je keratinoproteinové vlákno. Má vysokou odolnost vůči chemickým a biochemickým vlivům. Skládá se z aminokyselin a jejich opakovanou kondenzací se slučují do polypeptidických řetězců. Řetězce mohou být rovné nebo nejruzněji pozohýbané. Dále pak mezi sebou mohou být vázány aminokyselinami, nebo vodíkovými můstky. Aminokyseliny spojené do řetězců tvoří makromolekuly, z nichž mohou odstávat boční řetězce.

Nejčastěji se předpokládá, že vlákna vlny jsou tvořena spirálovitě uspořádanými polypeptidickými makromolekulami takzvanými helixy [1].



Obrázek 3 Disulfidické vazby mezi helixy vlny [30]

### 1.3.11 Chemická odolnost vlny

#### Kyseliny a zásady

Koncentrovaná kyselina chlorovodíková se používá na rozštěpení vlákna na jednotlivé aminokyseliny při kyselé hydrolýze. Nejprve se štěpí kyselé amidické skupiny a následně probíhá celková hydrolýza hlavního peptidického řetězce. Hydrolýzu však nelze zastavit v určitém požadovaném stupni velikosti peptidů, protože se pokaždé štěpí i jednotlivé aminokyseliny [1].

Alkálie působí rozklad vlny ve větší míře. Ale méně selektivně než kyseliny. Například 5% roztok uhličitanu sodného rozkládá vlnu za varu. Alkalickou hydrolýzou dochází k rozkladu cystinu, argininu a dalších aminokyselin [1, 7].

#### Ostatní činidla

Při delším působení může i vroucí voda vyvolat hydrolýzu disulfidických vazeb za vzniku cysteinu a kyseliny sulfenové. Při působení vroucí vody po dobu 24 a více hodin může nastat úbytek cysteinu až o 20 %.

Pro průmyslové bělení se nejčastěji používá peroxid vodíku v zásaditém roztoku. Reakce peroxidu vodíku s proteiny vlny je však pomalá [1].

Reakcí s halogeny se získává neplstivá vlna. Nejčastěji reakcí s chlorem [1, 5].

## 1.4 Zatěžování hedvábí

Před úpravami se hedvábí odklížuje. Což se nejčastěji provádí vyvařováním tkanin ve vřící mýdlové vodě. Tím se oddělí sericin z povrchu fibroinového vlákna [2].

Zatěžování hedvábí se provádí již několik stovek let. Původně pro zpětné dosažení hmotnosti hedvábí, které ztratilo hmotnost odklizením. Nejčastěji se hedvábí zatěžuje anorganickými solemi kovů, například chloridem cíničitým. Zatížení hedvábí na původní hmotnost před odklizením se nazývá „al pari“ [1, 2, 5, 8, 9].

Při použití chloridu cíničitého dochází k hydrolyze chloridu cíničitého na hydroxid cíničitý a chlorovodík. Gelovitý hydroxid cíničitý se pevně váže na vlákna hedvábí a kyselina chlorovodíková zůstává v roztoku. Určitá část chloridu cíničitého se usazuje na tkaninu nezměněná. Časem se však taky hydrolyzuje, při dalším praní.

Při další části postupu, která se nazývá fosfatizací, reaguje hydroxid cíničitý se sekundárním fosforečnanem sodným za vzniku zásaditého fosforečnanu cíničitého. Následně reaguje hydroxid sodný se sekundárním fosforečnanem sodným za vzniku terciálního fosforečnanu a také s hydroxidem cíničitým za vzniku cíničitanu sodného.

V roztoku vodního skla reaguje zásaditý fosforečnan cíničitý na trisilikát [8].

Úpravou hedvábí pomocí směsi peroxidisíranu amonného, síranu měďnatého, glycidyl methakrylátu a akrylamidu se v práci podařilo zvýšit váhu a zároveň zlepšit některé fyzikální vlastnosti hedvábí, jako například odolnost proti prodření, zadržování vlhkosti a také se zlepšila návratnost po zmačkání [18].

Zatěžování pravého hedvábí se dále zmiňuje také v další práci, kde popisují klasické zatěžování chloridem cíničitým [20]. A také popisují skvělou afinitu ke kovovým solím. Poté se zde píše o zatěžování barveného hedvábí. Většina barvených hedvábných tkanin se může takto zatěžovat před barvením chloridem cíničitým, ale tkaniny barvené na černo se zatěžují pomocí železitých solí.

Zatěžování hedvábí chloridem cíničitým má nejspíš z dlouhodobého hlediska neblahý vliv na strukturu a celkovou mechanickou odolnost látky. Nebo dřívější postupy zatěžování pomocí cíničitých solí nebyly úplně šetrné k těmto tkaninám. [21, 22, 23]

Aplikace chitosanu s fotoiniciátorem byla provedena v práci [25, 26]. Chitosan byl rozpuštěn ve 2% vodném roztoku kyseliny octové. Po rozpuštění se s roztokem pracovalo v laboratoři

bez UV osvětlení. Navázilo se potřebné množství fotoiniciátoru přibližně 2 % hmotnosti vůči naváženému Chitosanu, které se rozpustilo do roztoku Chitosanu. Poté byly do roztoku vloženy tkaniny a za stálého míchání na magnetickém míchadle se vzorky připravovaly při různých teplotách, po různě dlouhé doby. Následně se vzorky sušily. Tento postup byl zakončen ozáření UV lampou ze vzdálenosti 20 cm z každé strany po dobu jedné minuty. Z různých kombinací dob a teplot aplikací, nejlépe vycházela aplikace při 50 °C po dobu jedné hodiny. Podobný postup je i v práci [27].

### **1.5 Antimikrobiální úpravy hedvábí**

Přehled antimikrobiálních vlastností některých oxidů kovů autoři Perelshtein, Perkas a Gedanken popisují v práci [13]. Zde se snažili vytvořit textilie bez patogenních nebo zapáchajících mikroorganismů. Používali nanočástice oxidu zinečnatého, oxidu měďnatého a také kombinaci těchto dvou oxidů. Nanášení na hedvábí prováděli za pomoci ultrazvuku. A výsledky antimikrobiálních zkoušek byly i po 65 cyklech praní při teplotách 90 °C dostatečné.

Užití kombinace oxidů zinečnatého a měďnatého podporuje i práce [14]. Zde se píše, že správná nanostruktura takovýchto krystalů má až 99% biocidní účinnost do 10 minut. Nepracovali ale s textilií.

V práci autora Salama byl zmíněn rostoucí zájem o nanočástice oxidu zinečnatého jako bezpečného antimikrobiálního materiálu se širokým polem působení na mikroorganismy [15]. Dále zde zmiňují vlastnosti přírodního hedvábí jako biomateriál biokompatibilní s nízkou biodegradabilitou a celkovými výbornými vlastnostmi pro užití v medicíně. Například pro regenerace kostí, krytí ran a přenos léčiv. V neposlední řadě je v tomto článku zmínka o využití nanokompozitu chitosanu a oxidu zinečnatého s fibroinem hedvábí jako výborný antimikrobiálně aktivní materiál který bude odolávat bakteriím při krytí ran.

Antimikrobiální vlastnosti testovali na *E. Coli* a *S. aureus*. Kombinace chitosanu a fibroinu neprojevil jakýkoliv antimikrobiální účinek, ale kombinace chitosanu fibroinu a oxidu zinečnatého inhiboval růst obou bakterií. Proto se autor domnívá že tato kombinace je slibný antimikrobiální materiál pro krytí ran.

Autoři Bashari, Shakeri, Shirvan a Najafabadi ve své práci uvádějí celou řadu antimikrobiálních úprav textilií více druhů, například bavlna, vlna, hedvábí ale i syntetická vlákna [16]. Jako aktivní činidla použili například antimikrobiální stříbro, oxid zinečnatý, oxid titaničitý.



Návrhy na užití chitosanu a nanočástic oxidu zinečnatého oxidu titaničitého, nebo užití stříbra pro antimikrobiální úpravy nejen hedvábných textilií navrhuji i v práci [17].

## **1.6 Aplikace finálních úprav textilií**

Finální (zušlechťovací) úpravy včetně zatěžování hedvábí je možné provádět dvěma způsoby. První je kontinuální případně polokontinuální (klocování) a druhý je diskontinuální, to znamená aplikací klasicky láznovým způsobem.

Láznová aplikace je jednodušší. Tímto způsobem se tkanina upravuje pouze tak, že se vloží do lázně, kde se namáčí po určitou dobu při dané teplotě. Aktivní látka se postupně adsorbuje na tkaninu a v roztoku se tím mění koncentrace. Nevýhodou je nejen menší množství konečného zpracovatelného materiálu, ale i riziko vypírání finální úpravy u následných láznových operací.

Kontinuální proces, nazývaný klocováním je proces rychlejší a jednodušší. Textilie prochází klocovací lázní a pak přes fulár, kde se vymačká přebytečná lázeň a následně se finální úprava na textilním materiálu fixuje pomocí tepla. Teplota sušení a následné fixace záleží na druhu materiálu i použité finální úpravě. V našem případě se fixuje pomocí laboratorní sušárny.

## **1.7 Hodnocení antimikrobiálních vlastností**

Hodnocení antimikrobiálních vlastností je možné více postupy. Pro potřeby bakalářské práce byla použita difuzní agarová metoda. Difuzní agarová metoda slouží ke kvalitativnímu posouzení antimikrobiálního účinku na materiálu. Podle průměru inhibiční zóny kolem daného vzorku. A zároveň se zjišťuje citlivost určitého mikroorganismu k danému vzorku materiálu.

Dále se dá pomocí této metody určit, zda má, nebo nemá daný materiál baktericidní či bakteriostatický účinek.

Z kultury mikroorganismu se připravila suspenze o koncentraci  $1,0 \times 10^8$  cfu/ml (1 st. McFarlandovy zákalové stupnice). Dále bylo na agar v Petriho misce odpipetováno 0,1 ml příslušné suspenze. Přes takto připravenou agarovou půdu byl přeložen testovaný materiál a celý vzorek s agarem se překryl Petriho miskou. Takto připravené testy byly kultivovány při 37 °C po dobu 24 a 48 hodin. Všechny testy se prováděli v párech.

## 2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 2.1 Použité materiály, chemikálie a přístroje

Textilní materiály:

- Právé hedvábí 100%,
- Vlna 100%,

Tabulka 1 Tabulka chemikálií

Použité chemikálie	Sumární vzorec	Výrobce
Chlorid cíničitý	$\text{SnCl}_4$	Roth
Chlorid zinečnatý	$\text{ZnCl}_4$	Penta
Hydrogenfosforečnan sodný	$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	Lach:Ner
Síran hlinitý	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	Penta
Kyselina citrónová	$\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_7$	Lach:Ner
Vysokomolekulární Chitosan		Syntetizováno na ÚOChT
Kyselina octová 99%	$\text{CH}_3\text{COOH}$	Penta
Síran měďnatý	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Lach:Ner
Uhličitan sodný	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	Lach:Ner
Fotoiniciátor TPO-L OMNI	Ethyl(2,4,6-Trimethylbenzoyl)-fenyl fosfát	IGM Resins
Fotoiniciátor Speed cure EHA	2-ethylhexyl-4-(dimethylamino)benzoát	Lambson
Fotoiniciátor Speed cure 2-ITX	2-Isopropylthioxantát	Lambson

Tabulka 2 Tabulka použitých přístrojů

Přístroje	Výrobce	typ
Laboratorní Fulár	ERNST BENZ	
Magnetické míchadlo a plotýnka	Heidolph	MR3001
Analytické váhy	Kern and Sohn	Kern 770 DHM 005417
Předvážky	Kern and Sohn	Kern 572
Sušárna	Memmert	UFE 400

### 2.2 Pracovní postupy

Pro každé experimentální zatížení či úpravu byly připraveny vždy dvě stejně velké vzorky tkanin, a to 100% pravého hedvábí a 100% vlny. Hedvábí bylo odklíženo. Vzorky byly zváženy před a poté i po aplikaci pro zjištění přírůstku hmotnosti.

Po zvážení byly u všech připravených vzorků následně testovány antimikrobiální vlastnosti.

### 2.2.1 Zatížení klasickým láznovým postupem jednotlivými anorganickými solemi

Nejdříve byl použit obecně známí a používaný postup zatížení, který je pospaný např. v literatuře již z roku 1955 [8]. Byly vybrány následující anorganické soli, které byly použity samostatně:

- Chlorid cíničitý, 16°Be i 32°Be
- Chlorid zinečnatý 32°Be
- Síran měďnatý 32°Be

Složení jednotlivých lázní se lišilo dle použité koncentrace anorganických solí:

Složení zatěžovací lázně pro 16°Be:

- **Anorganická sůl** 6,5 g/100 ml lázně (16°Be)
- Hydrogen fosforečnan sodný 12 g /100 ml
- Síran hlinitý 3 g/100 ml
- Vodního sklo 6,7 g/100 ml

Složení zatěžovací lázně pro 32°Be:

- **Anorganická sůl** 14 g/100 ml lázně (32°Be)
- Hydrogen fosforečnan sodný 16 g/100 ml
- Síran hlinitý 3 g/100 ml
- Vodního sklo 19,3 g/100 ml

Vzorky hedvábí a vlny byly nejdříve upravovány jen vybranou anorganickou solí po dobu jedné a půl hodiny při laboratorní teplotě, poté byly fosfátovány při teplotě 50–75 °C po dobu jedné hodiny. V lázni síranu hlinitého byly následně namáčeny jeden a půl hodiny při 40–50 °C. Poslední úprava probíhala v roztoku vodního skla, kde byly vzorky namáčeny jednu hodinu při laboratorní teplotě.

Na konec byly vzorky jemně proprány ve vlažné vodě a vyždímány, poté se nechaly uschnout a suché byly zváženy za účelem zjištění příbytku hmotnosti.

### 2.2.2 Zatížení klocováním pomocí síranu měďnatého

Jednotlivé vzorky hedvábí a vlny se klocují v roztoku síranu měďnatého o koncentraci 50g/l, a to pěti průtahy. Odmačk byl nastaven na 10. Poté se vzorky suší v sušárně při 90 °C po dobu tří minut. Tento cyklus se opakoval pětkrát.

Následně se polovina tkaniny dále **ustalovala fosfátováním:**

- Hydrogen fosforečnan sodný 16 g/100 ml
- Síran hlinitý 3 g/100 ml
- Vodní sklo 19,3 g/100 ml

Následovalo fosfátování při 50–75 °C po dobu jedné hodiny. V lázni síranu hlinitého byly namáčeny jednu a půl hodiny při 40–50 °C. Poslední úprava probíhala v roztoku vodního skla, kde byly vzorky namočený jednu hodinu při laboratorní teplotě.

Na konec byly vzorky jemně proprány ve vlažné vodě a vyždímány, poté se nechaly uschnout a suché se zvážily za účelem zjištění příbytku hmotnosti.

### 2.2.3 Zatěžování klasickým láznovým postupem kombinací dvou anorganických solí

Pro čtvrtou experimentální práci byl opět zvolen klasický experimentální postup. Dvojice tkanin byla odděleně zatížena solemi o celkové koncentraci 32°Bé při dvou po sobě jdoucích aplikacích jednotlivých chloridů. Byly vybrány následující dvojice anorganických solí:

- Chlorid cíničitý / chlorid zinečnatý 90/10
- Chlorid cíničitý / síran měďnatý 90/10

Složení zatížeční lázně:

- **Chlorid cíničitý** 12,5 g/100 ml
- **Chlorid zinečnatý** nebo **síran měďnatý** 1,5 g/100 ml
- Hydrogen fosforečnan sodný 16 g/100 ml
- Síran hlinitý 3 g/100 ml
- Vodního sklo 19,3 g/100 ml

Vzorky hedvábí a vlny byly upravovány chloridem cíničitým po dobu jedné a půl hodiny při laboratorní teplotě a chloridem zinečnatým, resp. síranem měďnatým po dobu jednu a půl hodiny při laboratorní teplotě, poté byly fosfátovány při 50–75 °C po dobu jedné hodiny. V lázni síranu hlinitého byly vzorky jeden a půl hodiny při 40–50 °C. Poslední úprava probíhala v roztoku vodního skla, kde byly vzorky jednu hodinu při laboratorní teplotě.

Na konec byly vzorky jemně proprány ve vlažné vodě a vyždímány, poté se nechaly uschnout a suché se zvážily za účelem zjištění příbytku.

#### **2.2.4 Aplikace Chitosanu s fotoiniciátorem lázněným způsobem**

Tento pracovní postup byl obdobný, jako v práci autora Khana jen za použití jiných fotoiniciátorů [26]. Samotný postup lze rozdělit do několika částí:

- Rozpouštění chitosanu
- Příprava a rozpouštění fotoiniciátorů
- Aplikace chitosanu s fotoiniciátory na tkaninu
- Sušení vzorků v sušárně při 95 °C
- UV vytvrzování

Chitosan se rozpouští ve 2% vodném roztoku kyseliny octové několik hodin takže je vhodné jej nechat rozpouštět za stálého míchání při laboratorní teplotě přes noc. Po rozpouštění se roztok přemístil do tmy a pracovalo se pod osvětlením které nevyzařuje UV záření. Navázilo se odpovídající množství fotoiniciátoru TPO-L OMNI 2 %hmot., Speed cure EHA 3 %hmot. a Speed cure 2-ITX 0,5 %hmot. které se rozpustilo do roztoku chitosanu. Poté se do roztoku vložily tkaniny a za stálého míchání na magnetickém míchadle se připravovaly vzorky při teplotě 50 °C po dobu jedné hodiny. Procenta jsou vypočtena vůči hmotnosti naváženého chitosanu. Následně již bylo možno pracovat za běžného osvětlení. Vzorky byly vyjmuty z roztoků a přeneseny do sušárny, kde se sušily při teplotě 95 °C po dobu 10 minut. Tento postup byl zakončen ozářením UV lampou ze vzdálenosti 20 cm z každé strany po dobu jedné minuty.

### **2.2.5 Aplikace chitosanu a kyseliny citronové klocováním s následnými úpravami**

Namísto fotoiniciátorů byl v tomto experimentálním postupu jako vazný bod použita kyselina citronová. Použité množství chitosanu bylo 2%hmot. a 2,4%hmot. kyseliny citronové. Opět lze pracovní postup rozdělit do několika kroků:

- Rozpuštění chitosanu a přimíchání kyseliny citronové
- Aplikace chitosanu kyselinou citronovou na tkaninu na fuláru s následným sušením
- Případná deaktivaci náboje pomocí sody
- Aplikace síranu měďnatého na fuláru s následným sušením

Chitosan se opět rozpouští ve 2% vodném roztoku kyseliny octové za stálého míchání při laboratorní teplotě přes noc. Po rozpuštění byl roztok doplněn odpovídajícím množstvím kyseliny citronové a míchán do úplného rozpuštění.

Aplikování lázně na tkaniny bylo provedeno pomocí fuláru při odmačku 10 10 průtahy. Následovalo vždy sušení 5 minut při 80°C. Aplikace se poté opakoval celkem pětkrát.

Poté byla tkanina rozdělena na 3 stejné díly.

První díl se dále již neupravoval.

Druhý díl se upravoval roztokem síranu měďnatého o koncentraci 5 g/100 ml. Zde byl použit stejný postup impregnace pomocí fuláru 10 průtahy s odmačkem 10 a sušením při 80 °C po dobu 5 minut. Opět se to celé pětkrát opakovalo.

Třetí díl tkaniny se nejprve deaktivoval v roztoku sody 1 g/100 ml po dobu 20 minut při laboratorní teplotě. Poté již byl aplikován výše uvedený postup impregnace roztoku síranu měďnatého (5 g/100 ml, 10 průtahů, odmačk 10, sušení 5 min. při 80°C). Celý proces impregnace byl také pětkrát opakován.

### 3 VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ

Výše uvedenými postupy bylo připraveno 11 vzorků z pravého hedvábí různým způsobem zatížení. Paralelně bylo připraveno stejné množství vzorků ze 100% vlny, u kterých, na rozdíl od pravého hedvábí, nebylo tolik důležité samotné zatížení, jako jeho možné antimikrobiální chování.

#### 3.1 Výsledky zatěžování

Pro zjištění množství přírůstku hmotnosti u vzorků pravého hedvábí a vlny byla použita gravimetrická metoda. Výsledky jsou shrnuty v následujících tabulkách a grafech.

*Tabulka 3 Hmotnosti hedvábí před a po zatížení*

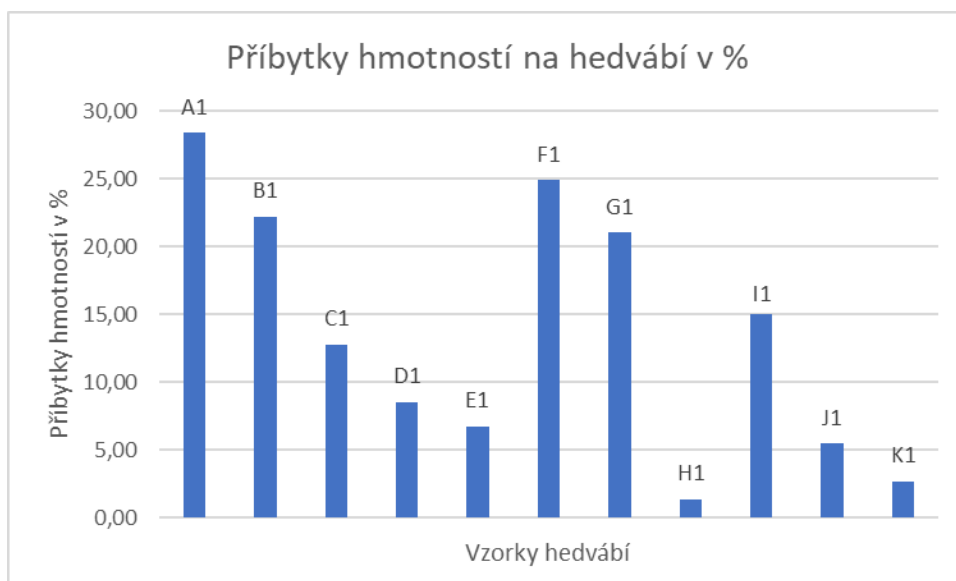
Vzorky hedvábí	Hmotnost před úpravou	Hmotnost po úpravě	Příbytek hmotností [g]	Rozdíl hmotností v %
A1	4,4878	5,7628	1,2750	28,41
B1	3,3989	4,1543	0,7554	22,22
C1	5,9216	6,6802	0,7586	12,81
D1	4,9851	5,4120	0,4269	8,56
E1	4,0030	4,2737	0,2707	6,76
F1	4,1386	5,1712	1,0326	24,95
G1	4,2334	5,1254	0,8920	21,07
H1	5,2229	5,2952	0,0723	1,38
I1	1,9701	2,2657	0,2956	15,01
J1	1,6926	1,7858	0,0932	5,51
K1	1,8502	1,9005	0,0503	2,72

*Tabulka 4 Hmotnosti vlny před a po zatížení*

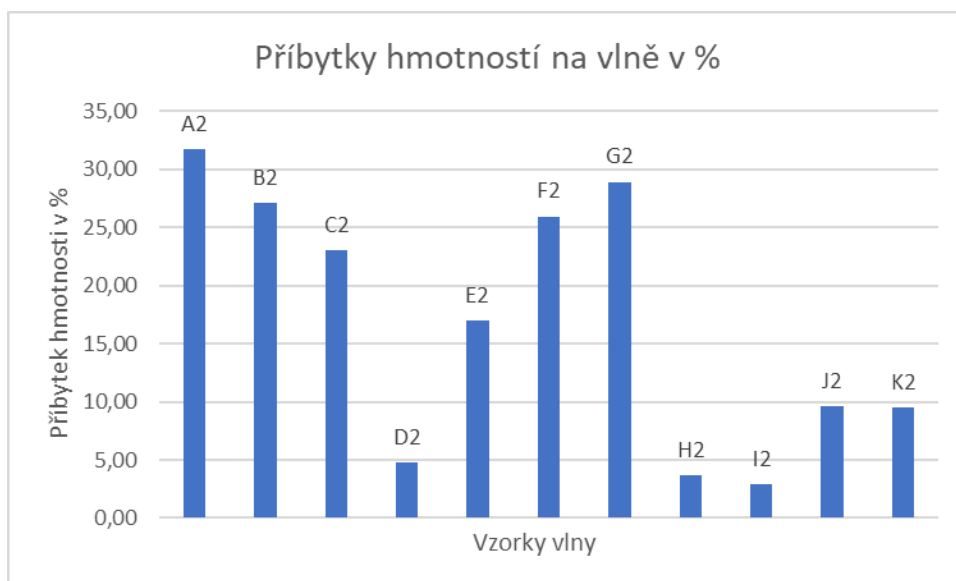
Vzorky vlny	Hmotnost před úpravou	Hmotnost po úpravě	Příbytek hmotností [g]	Rozdíl hmotností v %
A2	13,8520	18,2476	4,3956	31,73
B2	8,5083	10,8148	2,3065	27,11
C2	8,7394	10,7522	2,0128	23,03
D2	10,4521	10,9541	0,5020	0,02
E2	11,3230	13,2451	1,9221	16,98
F2	11,0512	13,9170	2,8658	25,93
G2	8,0378	10,3620	2,3242	28,92
H2	11,3295	11,7442	0,4147	3,66
I2	4,1242	4,2430	0,1188	2,88
J2	4,1242	4,5205	0,3963	9,61
K2	4,1242	4,5173	0,3931	9,53

Z tabulek 3 a 4 je zřejmé že vlna má celkově větší příbytky hmotností. Největší příbytek hmotnosti tkanin je u úpravy zatěžováním chloridem cínitým, což potvrzuje vhodnost

již historicky používanou metodu. Při kombinaci s chloridem zinečnatým a pentahydrátem síranu měďnatého je přírůstek nižší ale stále výrazný, jak je vidět z grafů na obrázcích 3 a 4. Nejmenších hodnot dosáhly úpravy klocování síranu měďnatého a úpravy chitosanem.



Obrázek 4 Graf příbytků hmotnosti hedvábí v %



Obrázek 5 Graf příbytků hmotností vlny v %



### 3.2 Kvantitativní stanovení přítomnosti anorganických kovů pomocí emisní spektrometrie

Další metodou pro kvalitativní stanovení obsahu anorganických solí byla metoda optické emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem, při které byly u vybraných vzorků stanoveny kvantitativně anorganické kovy, a to hlavně Sn a případně i další kovy.

*Tabulka 5 Tabulka hodnot emisní spektrometrie*

Vzorek	Sn [mg.kg <sup>-1</sup> ]
Čisté hedvábí	46,23
A1	54,95
A2	55,55

Touto metodou bylo stanoveno množství cínu v tkaninách (viz tabulka 5) připravených zatěžováním chloridem cíničitým. Při porovnání upravených vzorků vůči čistému hedvábí je viditelný příbytek množství cínu na hedvábí, které již obsahovalo nějaké množství cínu před úpravou.

Další test se prováděl pro tkaniny hedvábí A a vlny L zatížené opět chloridem cíničitým, tento postup zatěžování je naprosto totožný se zatěžováním hedvábí a vlny při předchozím testu metodou optické emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem. Tento test byl prováděn i pro vzorky hedvábí B a vlny M upravené chloridem zinečnatým. U všech těchto vzorků bylo také měřeno množství uchyceného hliníku a křemíku z dalších úprav ustalování.

*Tabulka 6 Tabulka emisní spektrometrie*

Vzorek	Sn %	Zn %	Al %	Si %
A1	2,476	-	1,012	3,208
A2	2,166	-	0,657	2,829
B1	-	1,910	0,741	8,612
B2	-	1,083	1,140	9,555

Z tabulky 6 je vidět, že velká část příbytku hmotnosti zaujímá křemík z vodního skla. Dále je zřejmý větší příbytek cínu než zinku. Obsah uchyceného hliníku je minimální jak u vlny, tak u hedvábí.

Testy optické emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem byly provedeny v laboratoři prvkové analýzy Ústavu environmentálního a chemického inženýrství a prováděla je doc. Ing. Anna Krejčová, Ph.D.

### 3.3 Výsledky antimikrobiálních vlastností

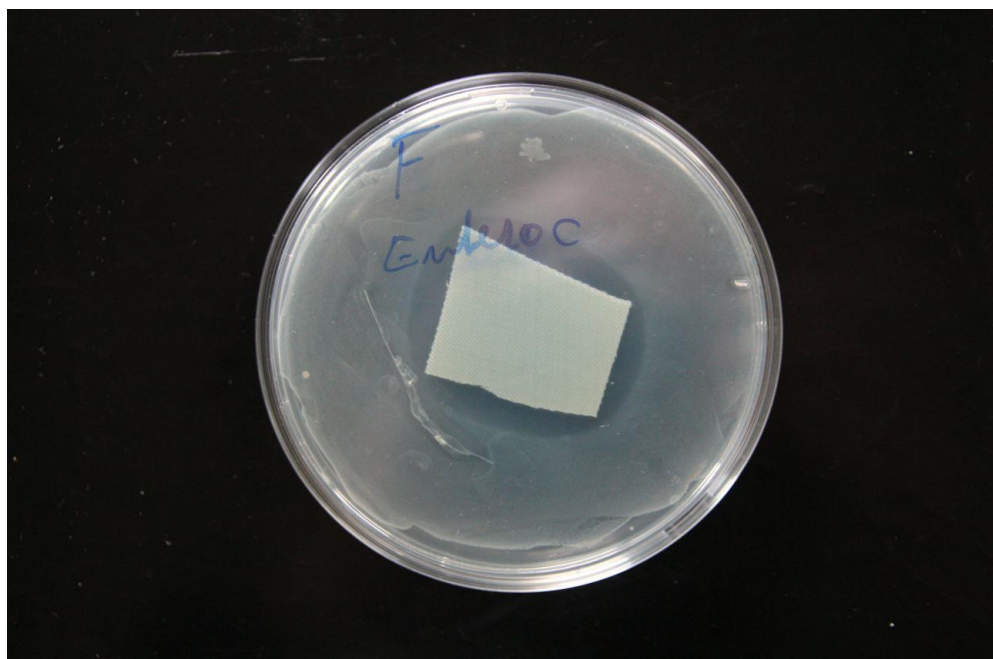
Výsledky antimikrobiálních vlastností jsou shrnuty v tabulce 7, a to jen pro vzorky upravené chitosanem. Ostatní úpravy nevykazovali žádné antimikrobiální vlastnosti. Účinnost je prokázána hlavně u úprav s Chitosanem a fotoiniciátorem, případně Chitosancitrátem. Nejlepší antimikrobiální vlastnosti prokázala úprava pomocí Chitosancitrátem deaktivovaného sodou v kombinaci s úpravou síranu měďnatého, a to jak u pravého hedvábí, tak u vlny. Obecně mělo pravé hedvábí nižší antimikrobiální aktivitu v porovnání s vlnou. Důvodem negativních výsledků předchozích finálních úprav může být nedokonale zafixovaná antimikrobiální úprava.

Tabulka 7 Výsledky antimikrobiálních vlastností

Vzorek	Průměr inhibiční zóny (mm)			
	<i>E. coli</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>St. aureus</i>	<i>Candida albicans</i>
H1	N	N	N	N
I1	N	N	N	N
J1	N	1x2 3x3	0,5x2	N
K1	0,5x1	3x2	1x1	N
	0,5x1	4x2	1x1	
H2	1x1	N	N	N
I2	N	N	N	N
J2	1x1	5x4	1x1	N
	1x1	5x5	0,5x1	
K2	2x2	8x8	1x2	1x1
	2x2	7x6	1x1	2x2

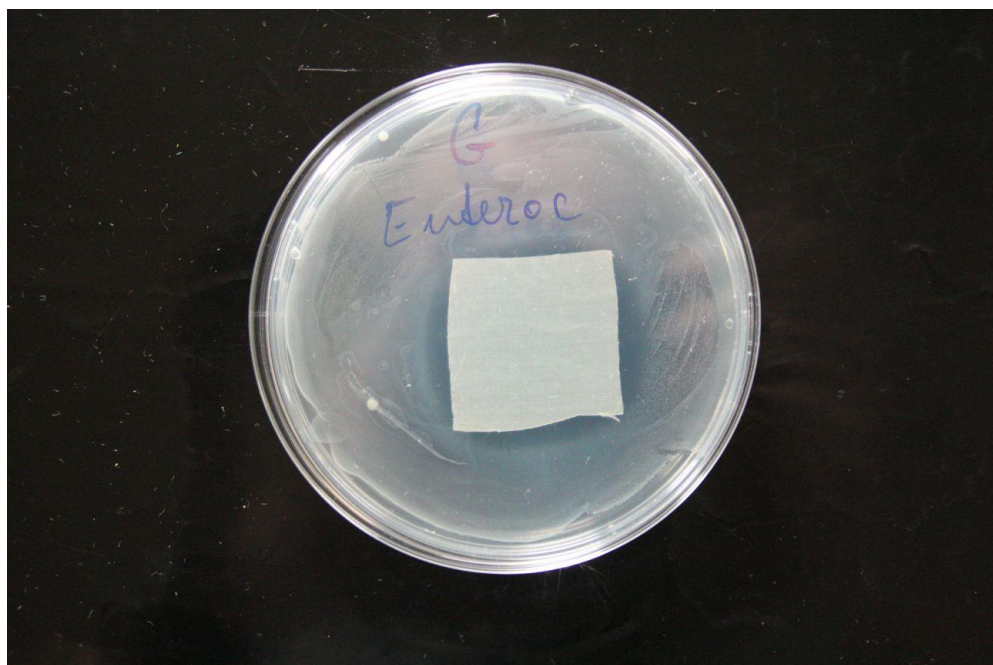
N neúčinný

Antimikrobiální vlastnosti byly testovány na Katedře biologických a biochemických věd a tyto testy prováděla Ing. Iveta Brožková Ph.D.



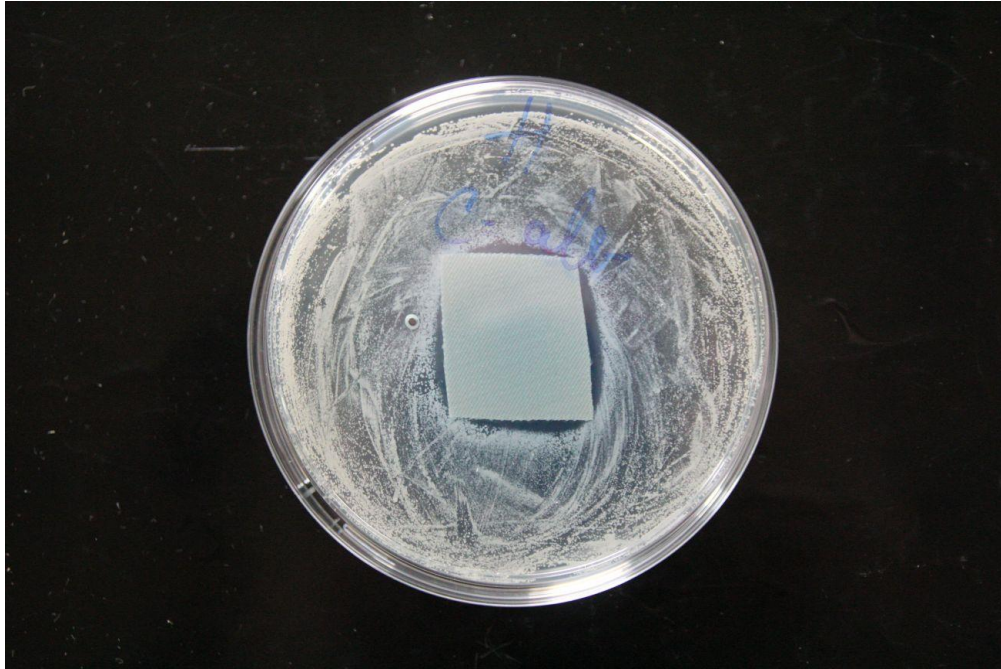
*Obrázek 6 Vzorek J2 Vlna upravená chitosancitrátem a následně i síranem měďnatým (výsledek antimikrobiální zkoušky)*

Na obrázku 7 je patrná inhibiční zóna růstu bakterie *Enterococcus faecalis* kolem tkaniny vlny J2. Tato tkanina byla upravena Chitosancitrátem a pentahydrátem síranu měďnatého.

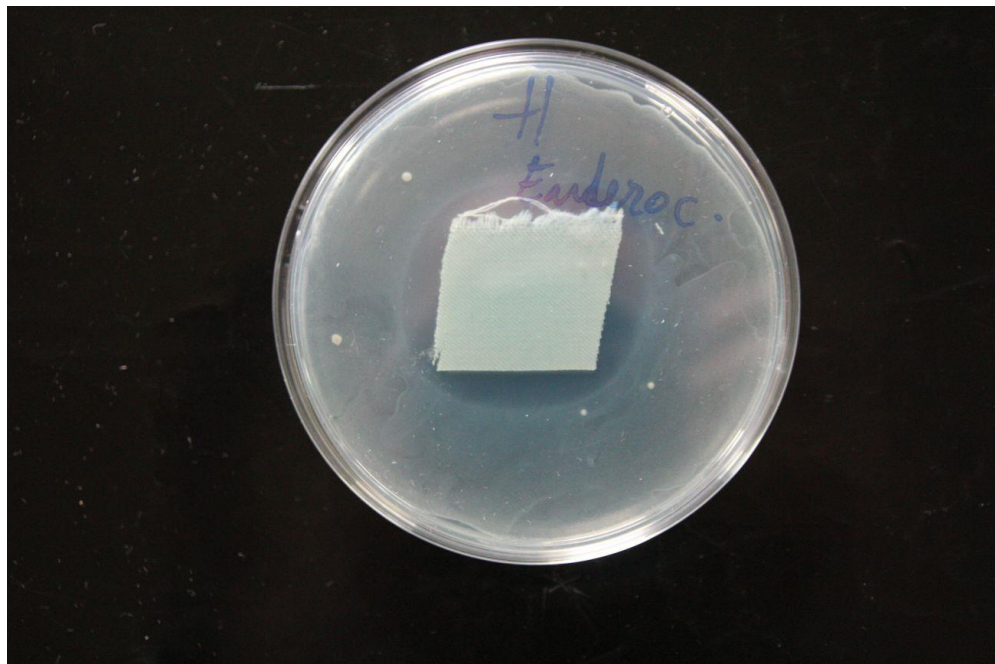


*Obrázek 7 Vzorek K1 Hedvábí upravené chitosancitrátem ustáleným sodou a upravené síranem měďnatým (výsledek antimikrobiální zkoušky)*

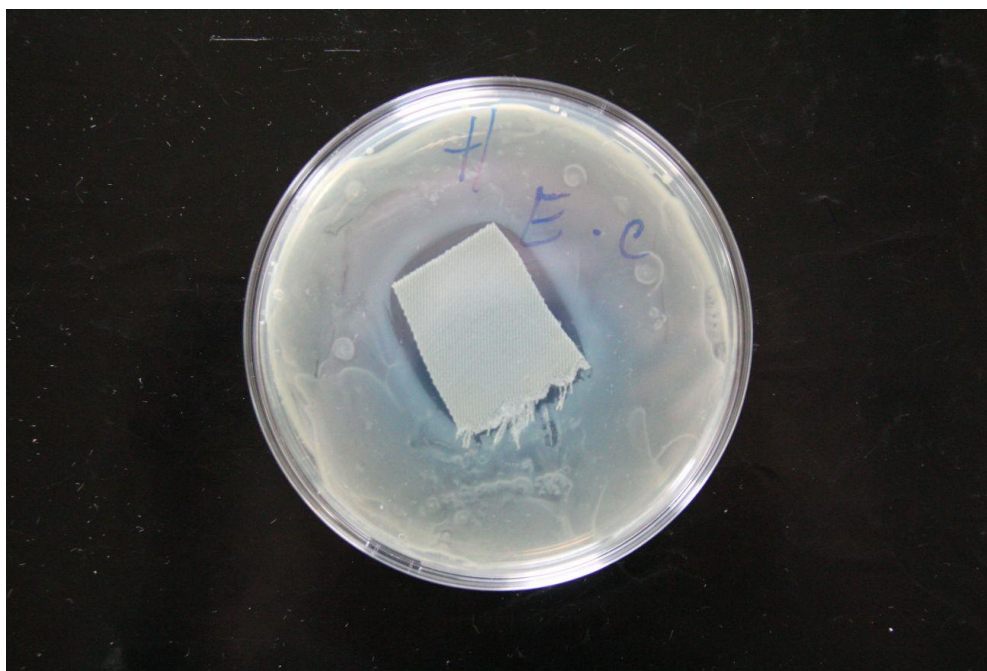
Na obrázku 8 je zřetelná inhibiční zóna růstu bakterie *Enterococcus faecalis* kolem vzorku tkaniny K1 – hedvábí upravené Chitosancitrátem ustáleným sodou a upravený pentahydrátem síranu měďnatého.



*Obrázek 8 Vzorek K2 Vlna upravená chitosancitrátem ustáleným sodou a upravené síranem měďnatým (výsledek antimikrobiální zkoušky)*

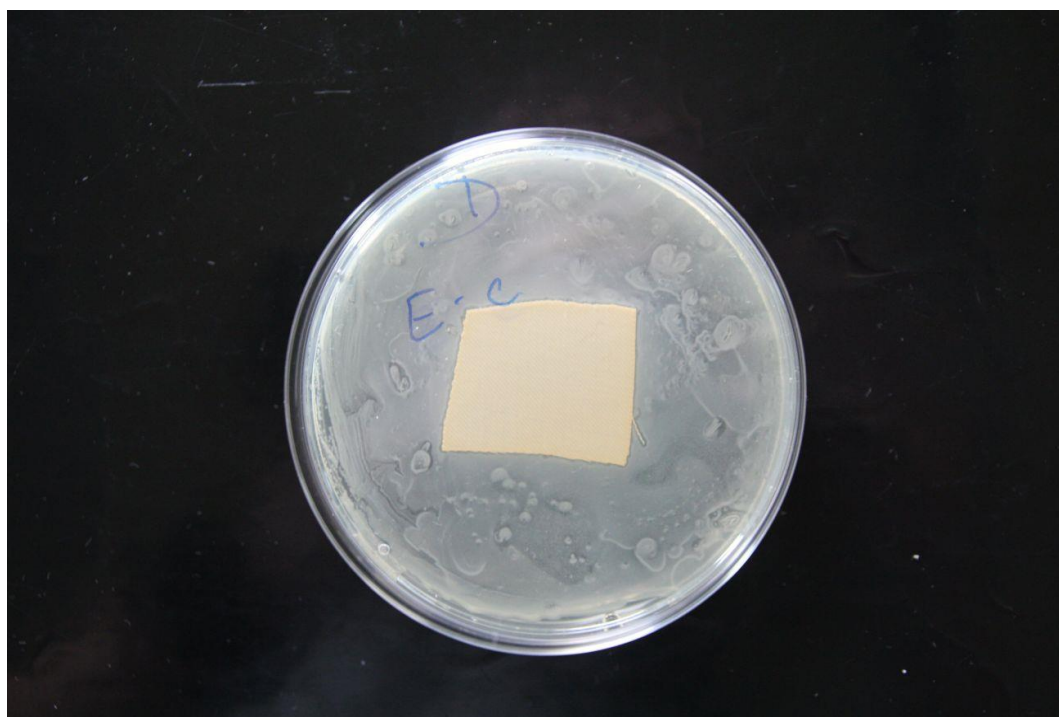


*Obrázek 9 Vzorek K2 Vlna upravená chitosancitrátem ustáleným sodou a upravené síranem měďnatým (výsledek antimikrobiální zkoušky)*



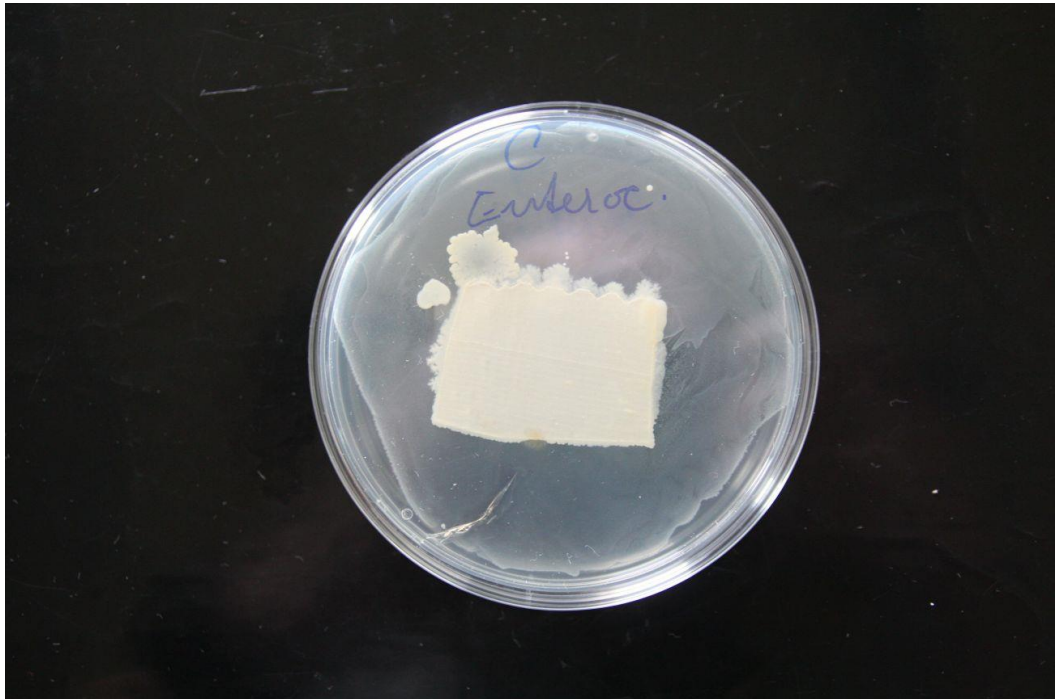
*Obrázek 10 Vzorek K2 Vlna upravená chitosancitrátem ustáleným sodou a upravené síranem měďnatým (výsledek antimikrobiální zkoušky)*

Na obrázcích 9, 10 a 11 je vidět mírná inhibiční zóna růstu bakterií *Candida albicans*, *Enterococcus faecalis* a *E. Coli*. Kolem vzorku K2 – vlny upravené pomocí Chitosancitrátu ustáleného sodou a upraveno pentahydrátem síranu měďnatého.



*Obrázek 11 Vzorek I2 Vlna upravená chitosancitrátem (výsledek antimikrobiální zkoušky)*

Obrázek 12 ukazuje případ neúčinného pokusu o antimikrobiální úpravu proti E Coli na tkanině vlny I2. Tato tkanina byla upravena jen Citosancitrátem.



*Obrázek 12 Vzorek I1 Hedvábí upravené chitosancitrátem (výsledek antimikrobiální zkoušky)*

Na obrázku 13 je tkanina hedvábí porůstající bakterií *Enterococcus faecalis*. I zde je neúspěšné provedení antimikrobiální úpravy na vzorku hedvábí I1. Tato tkanina byla upravena jen Citosancitrátem.

## 4 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo ověřit, zda má klasické zatěžování hedvábí vliv na jeho antimikrobiální vlastnosti. Což se bohužel nepodařilo potvrdit. Dalším z cílů bylo testování rešeršně zjištěných aktivních chemikálií použitelných nejen pro zatížení, ale i jako finální antimikrobiální úpravy a jejich ověření funkčnosti. Zde se jako nejvhodnější jeví kombinace chitosancitrátu s následnou deaktivací sodou s následným navázáním síranu měďnatého, a to u obou sledovaných druhů textilního materiálu. Vykazovala nejlepší antimikrobiální vlastnosti ze všech postupů.

Pravé hedvábí s antimikrobiální úpravou lze například vhodně použít pro vnitřní krytí ran. Při užití takto upraveného hedvábí by ale bylo dobré v budoucnu dále zkoumat jeho případnou toxicitu v závislosti na množství použité aktivní látky a také stálost takové úpravy, aby nedocházelo k uvolňování nežádoucích látek do těla. Dále by bylo nutno zkoumat případnou vhodnost či nevhodnost použití u člověka.

## 5 POUŽITÁ LITERATURA

- 1) HLADÍK, Vladimír a kolektiv. *Textilní Vlákna*. 1970. ISBN 04-834-70
- 2) COOK, J, Gordon. *Handbook of Textile Fibres*. 5th ed. Cambridge: Woodhead Publishing Limited. Vol.1. ISBN 978-1-85573-484-5
- 3) HÁJEK, Miroslav a kolektiv. *Textilní příručka*. 1965. ISBN 04-810-65
- 4) *Handbook of Textile Fibre Structure* ISBN 978-1-84569-730-3
- 5) KUDLÁČEK, Ladislav, BLAŽEK, Jiří, LAURUSKÝ, Vasil. *Technologie chemických vláken pro 3. a 4. ročník středních odborných učilišť*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury. 1986. ISBN 04-620-86
- 6) *Handbook of Textile and Industrial Dyeing* ISBN 978-1-84569-695-5
- 7) *Příručka pro textilního barvíře a tiskaře*. Sdružení pro odbyt dehtových barviv Praha. 1976.
- 8) MERTL, Oldřich. *Chemická technologie textilu*. Státní nakladatelství technické literatury Praha. 1955.
- 9) CHINN, Marion, PHELPS, I, Ethel. *Industrial and Engineering chemistry: Silk Weighting*. 1935. (209-211)
- 10) FERRERO, Franco, PERIOLATTO, Monica, BURELLI, Sara, CARLETTO, A, Ricardo. *Silk Grafting with Chitosan and Crosslinking Agents*. 11(2). 2010. (185-192) DOI 10.1007/s12221-010\*0185-7
- 11) KAUR, Jasjeet, RAJKHOWA, Rangam, AFRIN, Tarannum, TSUZUKI, Takuya, WANG, Xungai. *Facts and Myths of Antibacterial Properties of Silk*. 2013. DOI 10.1002/bip.22323
- 12) Wikimedia Commons [online] 2010 [cit. 2022] Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Silk\\_fibroin\\_primary\\_structure.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Silk_fibroin_primary_structure.svg)
- 13) PERELSHTEIN, Ilana, PERKAS, Nina, GEDANKEN, Aharon. Ultrasonic coating of textiles by antibacterial and antibiofilm nanoparticles. *Handbook of Ultrasonics and Sonochemistry* (967–9931) 2016 cit. 2022
- 14) WU, Runrun, ZHANG Hongbo, PAN Jianming, ZHU Hengjia, MA Yue , CUI Wenguo, SANTOS Hélder A., PAN Guoqing. *Spatio-Design of Multidimensional Prickly Zn-Doped CuO Nanoparticle for Efficient Bacterial Killing* 2016 dostupné z <https://doi.org/10.1002/admi.201600472>
- 15) SALAMA, Ahmed. Chitosan/silk fibroin/zinc oxide nanocomposite as a sustainable and antimicrobial biomaterial 2017 dostupné z [https://cellulosechemtechnol.ro/pdf/CCT9-10\(2018\)/p.903-907.pdf](https://cellulosechemtechnol.ro/pdf/CCT9-10(2018)/p.903-907.pdf)
- 16) BASHARI, Azadeh, SHAKERI, Mina, SHIRVAN, Anahita, Rouhani, NAJAFABADI, Seyyed Abbas Noorian. Functional Finishing of Textiles via Nanomaterials. *Nanomaterials in the Wet Processing of Textiles*. (1–7012) 2018 cit. 2022



- 17) ZILLE, Andrea, ALMEIDA, Luis, AMORIM, Teresa, CARNEIRO Noémia, ESTEVES, Maria, Fátima, SILVA, Carla, J, SOUTO, António, Pedro. *Application of nanotechnology in antimicrobial finishing of biomedical textiles*. Materials Research Express. 2014 cit 2022. DOI: 10.1088/2053-1591/1/3/032003
- 18) RAMADAN, A. M., MOSLEH S., GAWISH S. M. Weighting and improvement of silk properties. *Journal of applied polymer science*. 2004 cit. 2022. Dostupné z <https://doi.org/10.1002/app.20611>
- 19) SAKAGUCHI, Ikuzo. Cumulative Tin-Weighting of Silk with Stannic Chloride. *Textile research journal*. 1969 Dostupné z <https://doi.org/10.1177/004051756903901109>
- 20) SAIKIA, Shilpa, SAIKIA, Monimala. Physical and chemical properties of Indian silk fibres. *The Pharma Innovation*. 2022 11(3) ISSN (E): 2277–7695
- 21) HACKE, Marei. Weighted silk: History, analysis and conservation. *Studies in Conservation* 2009 (3-15) DOI: 10.1179/sic.2009.54.Supplement-1.3
- 22) GARSIDE Paul, MILLS Graham A, SMITH James, WYETH Paul. An investigation of weighted and degraded silks by complementary microscopy techniques. 2014 ISSN: 1581-9280
- 23) MILLER, Janet, E., REAGAN, Barbara, M. Degradation in Weighted and Unweighted Historic Silks. *Journal of the American Institute for Conservation*. 1989. 28(2)
- 24) RATHER, Waseem, MUHEE, Amatul, BHAT, RA, HAQ, Abrar, Ul, NABI, SU, MALIK, HU, TAIFA, S. Antimicrobial activity of copper sulphate and zinc sulphate on major mastitis causing bacteria in cattle. *The Pharma Innovation*. 9(4) 2020. ISSN (E): 2277–7695
- 25) PERIOLATTO, Monica, FERRERO, Franco, VINEIS, Claudia. Antimicrobial chitosan finish of cotton and silk fabrics by UV-curing with 2-hydroxy-2-methylphenylpropane-1-one. *Carbohydrate Polymers*. 2012 (201-205)
- 26) SHI, Chenglong, PU, Xiaobing, ZHENG, Guan, FENG, Xinglong, YANG, Xuan, ZHANG, Baoliang, ZHANG, Yu, YIN, Qingshui, XIA, Hong. An antibacterial and absorbable silk-based fixation material with impressive mechanical properties and biokompatibility. 2016. DOI: 10.1038/srep37418
- 27) ALAM, Rashidul, KHAN, Mubarak A., KHAN, Ruhul A., GHOSHAL, Sushanta, MONDAL, M. I. H. Study on the Physico-mechanical Properties of Photo-cured Chitosan Films with Oligomer and Acrylate Monomer. 2008 (213-219) DOI: 10.1007/s10924-008-0099-2
- 28) KHAN, Abdel-Rahman. Disertace, 2016. (56) dostupné z <https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/66905/Rasha-Thesis-2016-final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 29) Silvernite [online] [cit. 2022] dostupné z <https://silvernite.cz/o-vlne>
- 30) Wblogwiki [online] [cit. 2022] dostupné z <https://wblog.wiki/cs/Alpha-keratin>