



Bakalářská práce

Využití chitosanu v tkaných strukturách určených pro biomedicínské aplikace

Studijní program:

B0723A270001 Textilní technologie, materiály a nanomateriály

Autor práce:

Sabina Hrušková, BBA

Vedoucí práce:

doc. Ing. Brigita Kolčavová Sirková, Ph.D.

Katedra technologií a struktur

Konzultanti práce:

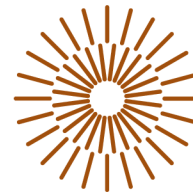
doc. Mgr. Irena Šlamborová, Ph.D.

Katedra biologie a ekologie

Ing. Karol Ježík

Katedra technologií a struktur

Liberec 2024



Zadání bakalářské práce

Využití chitosanu v tkaných strukturách určených pro biomedicínské aplikace

<i>Jméno a příjmení:</i>	Sabina Hrušková, BBA
<i>Osobní číslo:</i>	T22000007
<i>Studijní program:</i>	B0723A270001 Textilní technologie, materiály a nanomateriály
<i>Zadávací katedra:</i>	Katedra technologií a struktur
<i>Akademický rok:</i>	2023/2024

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rešerši zaměřenou na a) využití chitosanu v biomedicině, b) využití tkaných struktur v biomedicině.
2. Popište základní parametry plošné geometrie tkaniny definující konstrukci tkaniny ve vztahu k její aplikaci.
3. Navrhněte a vytkejte v laboratoři KTT FT TUL experimentální sadu tkanin ze vstupní přize obsahující úpravu chitosanem.
4. Zjistěte mikrobiologickou účinnost navržených tkaných struktur na vybrané patogenní bakterie ze skupiny G+ a G-. Otestujte stálost úpravy materiálu – proveďte test praní a po té materiál znovu otestujte z hlediska mikrobiologické účinnosti.
5. Proveďte zhodnocení vlivu konstrukčních parametrů tkaniny ve vztahu k biologické účinnosti na vybrané patogenní bakterie. Vyhodnoťte účinnost stálosti úpravy nití chitosanem použitých v navržených tkaných strukturách z hlediska výsledků mikrobiologických testů před a po pracích cyklech.

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: cca 40 stran
Forma zpracování práce: tištěná/elektronická
Jazyk práce: čeština

Seznam odborné literatury:

- [1] Nosek, S.: Struktura a geometrie tkanin, Liberec 1996.
- [2] Kovář, R.: Struktura a vlastnosti plošných textilií.
- [3] Kolčavová Sirková, B.: Systém projektování "příže – tkanina". Závěrečná zpráva. Výzkumné centrum Textil, Fakulta textilní, Technická univerzita v Liberci 2004.
- [4] Tumajer, P., Bílek, M., Dvořák, J.: Základy tkaní a tkací stroje, skripta FS TUL, Technická Univerzita v Liberci 2015.

Vedoucí práce: doc. Ing. Brigita Kolčavová Sirková, Ph.D.
Katedra technologií a struktur

Konzultanti práce: doc. Mgr. Irena Šlamborová, Ph.D.
Katedra biologie a ekologie
Ing. Karol Ježík
Katedra technologií a struktur

Datum zadání práce: 5. září 2023
Předpokládaný termín odevzdání: 20. května 2024

L.S.

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
děkan

doc. Ing. Pavel Pokorný, Ph.D.
garant studijního programu

V Liberci dne 15. dubna 2024

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědoma toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

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

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci 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.

Jsem si vědoma následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucí své bakalářské práce paní doc. Ing. Brigitě Kolčavové Sirkové Ph.D. za vedení mé práce, za její cenné rady a především za trpělivost v průběhu zpracování mé bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala konzultantům, tedy paní doc. Mgr. Ireně Šlamborové Ph.D. a Ing. Karolu Ježíkovi za velkou pomoc při zpracování experimentální části.

Poděkování patří též panu Ing. Miroslavu Frydrychovi za pomoc při praní textilních vzorků a paní Šárce Řezníčkové za pomoc v laboratoři KTT FT TUL. Také děkuji panu Ing. Markovi Dušánkovi, MBA za cenné rady.

Velké poděkování patří též mé rodině a všem, kteří mi byli velkou oporou po celou dobu mého studia.

Anotace

Bakalářská práce se zaměřuje na využití chitosanu ve tkaných strukturách určených pro biomedicínské aplikace. Práce je členěna na rešeršní a experimentální část. V rešeršní části jsou shrnuty základní informace, výskyt, formy a textilní aplikace chitosanu, dále využití tkaných struktur v biomedicině a jejich propojení s již používanými textilními aplikacemi chitosanu. Druhá část rešeršní části je věnována základním parametrům plošné geometrie tkaniny definující konstrukci tkaniny ve vztahu k její aplikaci.

Experimentální část je věnována tvorbě tří sad experimentálních vzorků tkanin, z nichž jedna byla podrobena testům v praní. U vzorků byla testována bakteriální inhibice vůči bakteriím skupiny G⁺ a G⁻ pomocí kvalitativní a kvantitativní metody.

Klíčová slova: chitosan, tkané struktury, biomedicína, textilie ve zdravotnictví, bakterie

Annotation

The bachelor thesis focuses on the use of chitosan in woven structures intended for biomedical applications. The work is divided into a research and experimental part. The research part summarizes basic information, occurrence, forms and textile applications of chitosan and the use of woven structures in biomedicine and their connection with already used textile applications of chitosan. The second part of the research section is dedicated to the basic parameters of the surface geometry of the fabric defining the construction of the fabric in relation to its application.

The experimental part is devoted to the creation of three sets of experimental woven fabric samples, one of which was subjected to washing tests. The samples were tested for bacterial inhibition against G⁺ and G⁻ group bacteria using a qualitative and quantitative method.

Key words: chitosan, woven structures, biomedicine, medical textiles, bacteria

Seznam použitých zkratek

atd.	a tak dále
např.	například
popř.	popřípadě
tzv.	takzvaně
tj.	to je
mj.	mimo jiné
et al.	a další/kolektiv (autoři)
FT	fakulta textilní
TUL	Technická univerzita v Liberci
KTT	Katedra technologií a struktur
FP	Fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická
KCH	Katedra chemie
č.	číslo
obr.	obrázek
tab.	tabulka
pozn.	poznámka
<i>E.C.</i>	<i>Escherichia coli</i>
<i>S.A.</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
G+	bakterie ze skupiny grampozitivní
G-	bakterie ze skupiny gramnegativní
USA	Spojené státy americké
PTFE	polytetrafluorethylen
PET	polyethylentereftalát
pH	potential of hydrogen
P0x	nepraný vzorek
P1x	vzorek po prvním prání
P2x	vzorek po druhém prání
P3x	vzorek po třetím prání
P6x	vzorek po šestém prání
P9x	vzorek po devátém prání

P12x

vzorek po dvanáctém praní

SEM

skenovací elektronová mikroskopie

Veličiny

CFU	[CFU/ml]	colony forming units
CV _m	[%]	hmotná nestejnomyěrnost
d	[mm]	průměr vzorku
D	[mm]	celkový průměr vzorku a inhibice
D_o	[nití/1 cm]	dostava osnovy
D_u	[nití/1 cm]	dostava útku
DDA	[%]	stupeň deacetylace
ϵ	[%]	tažnost
F	[N]	pevnost (síla při přetrhu)
h	[mm]	tloušťka tkaniny
H	[-]	chlupatost
H	[mm]	inhibiční zóna
σ	[cN/tex]	poměrná pevnost
P _c	[%]	plošná porozita (celková)
R	[%]	redukce
T	[tex]	délková hmotnost (jemnost)
T_o	[tex]	délková hmotnost (jemnost) osnovních nití
T_u	[tex]	délková hmotnost (jemnost) útkových nití
Z	[%]	plošné zakrytí
2DØ	[mm]	optický průměr

Obsah

ÚVOD	11
REŠERŠNÍ ČÁST.....	12
1 VYUŽITÍ CHITOSANU V BIOMEDICÍNĚ	12
1.1 Základní informace	12
1.2 Výskyt a formy chitosanu	12
1.3 Textilní aplikace chitosanu	13
1.4 Metody zjišťování antibakteriální aktivity	14
1.5 Bakteriální kmeny používané ke zjišťování antibakteriální aktivity	14
2 VYUŽITÍ TKANÝCH STRUKTUR V BIOMEDICÍNĚ	16
2.1 Zdravotnické výrobky vyrobené technologií odlišnou od tkání	16
2.2 Zdravotnické výrobky vyrobené technologií tkání	16
2.3 Sterilizace	17
2.4 Savé materiály	17
2.5 Obvazové materiály, bandáže a ortézy	17
2.6 Kompresní materiály a materiály sloužící k opoře a fixaci končetin	19
2.7 Materiály k ochraně kůže a tejpovací pásky	20
2.8 Operační roušky a návleky	21
2.9 Cévní náhrady	21
2.10 Textilní materiály určené přímo pro operace	22
3 ZÁKLADNÍ PARAMETRY PLOŠNÉ GEOMETRIE TKANINY DEFINUJÍCÍ KONSTRUKCI TKANINY VE VZTAHU K JEJÍ APLIKACI	23
3.1 Délková hmotnost/jemnost	23
3.2 Materiál	24
3.3 Dostava	24
3.4 Provázání	25
EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	27
1 ZÁKLADNÍ PARAMETRY POUŽITÝCH PŘÍZÍ	27
1 PŘÍPRAVA OSNOVY	28
1.1 Skaní	28
1.2 Snování	29
1.3 Navádění	30
2 TKANÍ VZORKŮ	30
3 MĚŘENÍ TLOUŠTKY TKANIN	31
4 MĚŘENÍ PLOŠNÉHO ZAKRYTÍ	32
5 TESTY V PRANÍ	33
6 TESTOVÁNÍ Vlivu CHITOSANU NA TKANÉ STRUKTURY	34
6.1 Seznam testovaných vzorků	34
6.2 Použité bakteriální kmeny	37
6.3 Použité metody testování	37
VÝSLEDKY A JEJICH DISKUZE.....	40
1 METODA Č. 1	40
1.1 Experimentální sada I	40
1.2 Experimentální sada II	40

1.3	<i>Experimentální sada III</i>	41
1.4	<i>Vzorky přízí</i>	41
2	METODA Č. 2	42
2.1	<i>Experimentální sada I</i>	42
2.2	<i>Experimentální sada II</i>	42
2.3	<i>Experimentální sada III</i>	43
2.4	<i>Vzorky přízí</i>	43
VYHODNOCENÍ		44
1	METODA Č. 1	44
2	METODA Č. 2	44
2.1	<i>Experimentální sada I</i>	44
2.2	<i>Experimentální sada II</i>	45
2.3	<i>Experimentální sada III</i>	46
2.4	<i>Vzorky přízí</i>	48
ZÁVĚR		49
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ		50
SEZNAM PŘÍLOH		53

Úvod

Tato bakalářská práce je zaměřena na využití chitosanu v tkaných strukturách určených pro biomedicínské aplikace.

Textilie jsou hojně využívány ve zdravotnickém sektoru a výzkumy v oblasti zdravotnických textilií se stále posouvají vpřed, čímž se tento sektor stává rozvinutějším.

Rešeršní část práce je zaměřena na využití chitosanu v biomedicině a využití tkaných struktur v biomedicině. Do rešeršní části je zařazena i kapitola popisující základní parametry plošné geometrie tkaniny definující konstrukci tkaniny ve vztahu k její aplikaci.

Cílem experimentální části této bakalářské práce bylo zjistit mikrobiologickou účinnost navržených tkaných struktur na vybrané patogenní bakterie ze skupiny G⁺ a G⁻ a otestovat stálost úpravy materiálu.

Rešeršní část

1 Využití chitosanu v biomedicině

1.1 Základní informace

Chitosan je biopolymer, který se získává deacetylací hojně se vyskytujícího přírodního chitinového polymeru. Chitosan je výjimečný svou jedinečnou rozpustností, chemickými a biologickými vlastnostmi a používá se v mnoha aplikacích. Kromě své biologické rozložitelnosti a biokompatibility má mnoho reaktivních postranních aminoskupin. Ty nabízejí možnosti chemické modifikace a tvorby velkého množství prospěšných derivátů. Chitosan zajišťuje textilním materiálům vynikající antimikrobiální, antivirové, protizápachové a další významné vlastnosti [1].

Antimikrobiální vlastnosti chitosanu lze měnit, a to v závislosti na stupni deacetylace, jeho molekulové hmotnosti a pH [2]. Stupeň deacetylace chitinu bývá udáván v procentech (obvyklé rozmezí je 60 – 100 %). Chitosan se vyskytuje v přírodě jen v malém množství u několika druhů hub (rod *Aspergillus* a *Mucor*) [3].

Chitin a chitosan podporují růst buněk, jak u rostlin, tak u živočichů. Chitosan má schopnost zabraňovat růstu bakterií z důvodu přítomnosti $-NH_2$ skupiny. Mezi klíčové charakteristiky chitosanu patří: DDA [%], obsah sušiny [%], obsah proteinu [%], obsah popela [%], molární hmotnost [$g \cdot mol^{-1}$] a viskozita [$ml \cdot g^{-1}$]. Tyto charakteristiky vypovídají o jeho vlastnostech. Důležitými vlastnostmi jsou též biodegradabilita a antimikrobiální vlastnosti. Ze zmíněných vlastností jsou považovány za nejvýznamnější právě DDA, biodegradabilita a viskozita, a to zejména pro využití v průmyslových oblastech [5].

1.2 Výskyt a formy chitosanu

Chitosan lze nalézt v ulitách či krunýřích koryšů, exoskeletech hmyzu, buněčných stěnách hub a planktonu [2]. Ulity koryšů se skládají z bílkovin (30 – 40 %), uhličitanu vápenatého (30 – 50 %), a chitinu (20 – 30 %). Dále obsahují pigmenty, mezi které patří astaxanthin, kanthaxanthin, lutein a β -karoten [6].

Chitin se převážně vyskytuje v buněčných stěnách ve formě neuspořádaných mikrofibril a jeho obsah se obvykle pohybuje v rozmezí 0,5% - 50%. Chitin se vyskytuje též v plísňích a kvasinkách. V některých případech se lze nalézt houby obsahující přímo chitosan [7].

Chitosan lze použít v různých formách (roztok, prášek, film). Důvodem jeho analgetického účinku je jeho polykationtová struktura. Chitosan není pouze polymer nesoucí aminoskupiny, ale jedná se též o polysacharid, který v důsledku obsahuje křehké glykosidické vazby. Tím je dána jeho biologická odbouratelnost. Chitosan lze převést do mnoha forem v závislosti na oblasti použití (hydrogel, membrána, film). Houbičky na bázi chitosanu se většinou používají jako materiály používané pro hojení ran, protože mohou z rány absorbovat exsudáty (zánětlivé výpotky z rány) a zároveň napomáhat regeneraci tkání. Také se používají jako výplňový materiál v tkáňovém inženýrství [8].

1.3 Textilní aplikace chitosanu

Jisté zdroje uvádějí, že během úprav celulóзовého a polyesterového materiálu chitosanem a jeho směsí, byl chitosan aplikován rozpuštěný v kyselině. Jednalo se obvykle o rozpuštění v kyselině chlorovodíkové nebo v kyselině octové. Taková aplikace sice vede k dobrým antimikrobiálním vlastnostem, ale není trvanlivá. Proto některé články pojednávají o možnosti zesíťování chitosanu pro zlepšení trvanlivosti úpravy [2].

1.3.1 Antimikrobiální úprava

Chitosan má pozitivní náboj z důvodu přítomnosti aminoskupin. To je výhodné pro růst a uchycení buněk. Bakterie jsou obecně považovány za záporně nabitě, což může mít za následek pozitivní inhibiční účinek, v případě, že jsou bakterie a chitosan ve vzájemném kontaktu. V minulosti byl zkoumán vztah mezi antimikrobiální aktivitou a molekulovou hmotností chitosanu a studie naznačují, že antimikrobiální účinnost chitosanu závisí jak na jeho molekulové hmotnosti, tak na typech testovaných bakterií. Antimikrobiální aktivita chitosanu proti *Staphylococcus aureus* roste se zvyšující se molekulovou hmotností chitosanu a naopak, antimikrobiální aktivita proti *Escherichia coli* s rostoucí molekulovou hmotností chitosanu klesá. Účinek molekulové hmotnosti byl výraznější při nízkých koncentracích [4]. Chitosan tedy vykazuje antibakteriální účinnost proti mnoha bakteriím ze skupiny G⁺ (*Staphylococcus aureus*) i proti mnoha bakteriím ze skupiny G⁻ (*Escherichia coli*). Chitosan též vykazuje účinnost proti houbám (při pH < 6). Dosud není zcela znám přesný mechanismus antimikrobiální účinnosti, předpokládá se však, že kladně nabitě aminoskupiny glukosaminových jednotek vzájemně působí s negativně nabitými elementy mikrobiálních buněčných membrán. Tím mění propustnost a také způsobují úbytek intracelulárního obsahu. To pak vede k buněčnému rozpadu [3].

Vlastnosti textilií ošetřených chitosanem lze zlepšit úpravou pH, výběrem chitosanu s požadovanou molekulovou hmotností a stupněm deacetylace, dále také přidáním dalších vhodných chemikálií a úpravou chitosanu prostřednictvím vhodné metody [4].

1.4 Metody zjišťování antibakteriální aktivity

1.4.1 Metoda č. 1 - zkouška šíření agarovou destičkou - dle ČSN EN ISO 20645 - plošné textilie - zjišťování antibakteriální aktivity

Jedná se o kvalitativní metodu, díky níž je možné vyhodnotit, zda se povrchová úprava uvolňuje a vytváří tzv. inhibiční zónu H - tedy po obvodu vzorku inhibuje růst bakterií.

Hodnotí se také růst bakterií pod testovaným vzorkem. Pokud se povrchová úprava uvolňuje, inhibuje růst bakterií pod vzorkem.

Jedná se o metodu, která vždy předchází kvantitativní metodě.

1.4.2 Metoda č. 2 - AATCC Test Method: 100-2019 - Antibacterial finishes on textile materials: Assessment of. *AATCC Technical Manual, American Association of Textile Chemists and Colorists, Research Triangle Park, NC.*

Jedná se o kvantitativní metodu, u které je hodnocen faktor redukce, který udává, o kolik procent došlo ke snížení inokulované koncentrace bakterií. Výsledkem je počet přeživších bakteriálních kolonií (*CFU - colony forming units*) a vypočte se *R* (redukce v %). V tomto případě je počítáno, že 1 kolonie = 1 bakterie, tedy kvantita je vyjádřena jako *CFU*, nikoli počtem bakterií. Výsledek je vždy porovnán s neošetřeným vzorkem (standardem).

1.5 Bakteriální kmeny používané ke zjišťování antibakteriální aktivity

1.5.1 *Escherichia coli* (*E.C*) - CCM 2024 (ATCC 9637)

Jedná se o gramnegativní tyčinkovitou bakterii (G-) o tloušťce 1 μm .

1.5.2 *Staphylococcus aureus* (*S.A*) - CCM 2260 (ATCC 1260)

Jedná se o grampozitivní kokovitou bakterii (G+) o průměru 1 μm .

Bakterie se dělí podle chemického složení bakteriální buněčné stěny na grampozitivní (G+) a gramnegativní (G-). První jméno bakterie označuje jméno rodové (*Escherichia*) a druhé

jméno označuje jméno druhové (*coli*). Jak *Staphylococcus aureus*, tak *Escherichia coli* patří do říše prokaryota (předjaderní) [9].

Krevní agar

Krevní agar je považován za nejpoužívanější pevnou půdu a vyrábí se přidáním beraních krvinek k chladnoucemu agaru. Na pevné půdě (krevní agár) vyrostou z jednotlivých naočkovaných bakterií tzv. kolonie. Kolonie je definována jako kopeček biomasy na povrchu pevné půdy, přičemž každá kolonie obsahuje velké množství stejných bakteriálních buněk, které odpovídají buňce původní [10].

2 Využití tkaných struktur v biomedicině

Textilní materiály se ve zdravotnictví vyskytují ve formě vláknenných surovin, tkanin, pletenin a netkaných textilií. Textilní výrobky používané ve zdravotnictví musí splňovat určité požadavky na vlastnosti a možnosti údržby, ale nesporné je, že jsou v tomto sektoru velmi hojně využívány [11].

Mezi parametry, které jsou požadovány u textilních výrobků určených pro biomedicínské aplikace, patří mj. biokompatibilita, odolnost a ochrana vůči virům a mikroorganismům a vstřebatelnost v lidském těle (biodegradabilita), antialergenní účinky atd.

2.1 Zdravotnické výrobky vyrobené technologií odlišnou od tkaní

Mezi vláknenné materiály vyrobené z bavlny nebo celulózy lze zařadit obvazovou vatu a buničinu. Do netkaných textilií hojně používaných ve zdravotnictví patří jednorázové operační krytí (např. roušky, respirátory, jednorázové operační pláště atd.), hygienické a ochranné oděvy, různé podložky, jednorázová prostěradla a povlečení lůžek a také náplasti na rány. Do materiálů vyrobených technologií pletení lze zařadit různé obvazové materiály, bandáže, implantáty a profesní zdravotnické oděvy [11].

2.2 Zdravotnické výrobky vyrobené technologií tkaní

Mezi tkané výrobky ze zdravotnického sortimentu, které přichází do přímého styku s pokožkou, lze zařadit materiály k ošetření ran, které jsou v přímém kontaktu s ránou (výrobky savé), různé druhy obvazových materiálů, bandáže a ortézy, kompresní materiály sloužící k opoře a fixaci končetin, materiály k ochraně kůže, operační roušky a návleky a např. tejpovací pásy.

Dále existují i obvazové materiály, které slouží ke krytí savého materiálu. Tyto obvazové materiály však nejsou v kontaktu s ránou a většinou nejsou ani sterilní, protože to u těchto výrobků není potřeba.

Do zdravotnického sortimentu vyrobeného tkanou technologií lze však také zařadit medicínské oděvy, ochranné potahy a prostěradla, dále také cévní náhrady a zajímavým příkladem jsou také textilní materiály, určené přímo pro operace.

Do následujícího podrobnějšího rozdělení byly zařazeny biomedicínské materiály, které přicházejí do kontaktu s kůží a v rámci tohoto rozdělení byly též zmíněny aplikace chitosanu,

které jsou již využívány ve zdravotnictví. Před samotné podkapitoly o zdravotnických materiálech je zařazena podkapitola o sterilizaci.

2.3 Sterilizace

Sterilizace je proces, při kterém jsou ničeny všechny mikroorganismy. Proces se skládá ze tří fází - předsterilizační úprava, vlastní sterilizační proces, uložení a expedice. Pokud by došlo k zanedbání jakékoliv fáze, vedlo by to k selhání celého procesu. Do předsterilizační úpravy patří činnosti předcházející vlastní sterilizaci (dekontaminace, mechanická očista, sušení a balení) [12].

V současné době jsou využívány různé druhy sterilizace - parní sterilizace, horkovzdušná sterilizace, sterilizace plazmatem a sterilizace formaldehydem. Pro zdravotnické výrobky z textilu je vhodná např. sterilizace parní [13].

K ochraně vysterilizovaných předmětů před sekundární kontaminací až do jejich použití slouží speciální sterilizační obaly, které mohou být jednorázové (papírové, polyamidové, polypropylenové,...) a pevné, opakovaně používané (kazety a kontejnery) [13].

2.4 Savé materiály

Savé materiály, které slouží k ošetření ran a jsou v kontaktu s ránou, lze rozdělit do několika tříd. Do této kategorie lze zařadit textilie, které jsou tkané a velmi porézní - většinou vysoce kvalitní bavlněné příze s porézní strukturou (nepříliš velké útkové a osnovní dostavy). Dále drenážní tkaniny, ty jsou vloženy do rány a pomáhají odvádění tekutiny. Tyto tkaniny mohou být bez přídavné tekutiny ("dezinfekce", která pomáhá k čištění rány), nebo s ní.

Dalšími příklady jsou tkaniny, které se používají k mechanickému čištění ran od přebytečné tekutiny. V neposlední řadě je do této kategorie nutno zařadit materiály, které jsou také tkané, ale jedná se o tzv. kapsy, ve kterých jsou umístěny vysoce savé netextilní materiály nebo materiály, které pomáhají k čištění rány (aktivní uhlí, stříbro atd.).

Tyto materiály jsou prakticky vždy sterilní.

2.5 Obvazové materiály, bandáže a ortézy

Tkané obvazové materiály, bandáže a ortézy mohou být vyrobené jak z přírodních (bavlna, len, hedvábí), tak ze syntetických materiálů (PAD aj.). Nejčastěji používaným tkaným obvazovým materiálem je hydrofilní mul/hydrofilní gáza. Jedná se o řídký, bílý tkaný materiál, ze kterého se vyrábí např. obinadla, mulové čtverce, konfety, břišní roušky a tampony [14].

Mezi konkrétní příklady obvazových materiálů z hydrofilní gázy patří hydrofilová obinadla. Jako hydrofilová obinadla lze označit pruhy gázy, které mají zpevněné okraje. Podle následného využití se vyrábí v různých rozměrech a lze je zakoupit ve sterilní a nesterilní podobě [15].

Mezi další příklady obvazových materiálů z hydrofilní gázy patří tampony, mulové čtverce, longety a mulové drény. Tampony se vyrábějí z mulových čtverců v různých velikostech. Longety se využívají během operací při sušení ran a jedná se o podélně založené pruhy (různé délky) mulového obinadla (šířka 8 – 10 cm). Mulové drény se zavádějí se do ran a zajišťují odvod sekretu a hnisu. Jedná se o pásy z obinadla, které se stočí do kotoučku [14]. V praxi se používají ve velké míře též elastická obinadla. Výroba elastických obinadel spočívá v tom, že vlákna bavlněné příze, která jdou v podélné ose obinadla jsou chemickým postupem (=louhováním) nařasena a zkroucena, zatímco vlákna v příčné ose obinadla jsou přímá, nejsou zkroucena a mají významnou schopnost udržovat tvar obinadla. Vetkáním pryžových nití lze dosáhnout vysoké pružnosti (zvýšení pružnosti až o 200 %) a tím dojde ke zkrácení daného obinadla zhruba o 1/3 [15].

Dalšími příklady tkaných obvazových materiálů, které se používají v praxi, jsou kaliko, obinadla z pružné síťoviny a tylexol. V případě kalika se jedná o bavlněnou tkaninu, která je odtučněná louhem, není bělená a je pevnějšího charakteru. Kaliko se používá mj. k výrobě trojčipého šátku. V případě obinadel z pružné síťoviny se jedná o úpletové bezešvé tkaniny, které mají různou velikost ok. Základem těchto obinadel je bavlněná příze, která obsahuje příměs elastických vláken [15].

Zajímavou tkaninou je již zmíněný tylexol. Jedná se o materiál, který je podobný tylu a napouští se různými mastmi nebo vazelínou. Tato tkanina je sterilní a je běžně se používá při krytí popálené plochy kůže [14].

Bandáže a ortézy se vyrábějí především k ošetření postižených částí těla a slouží k fixaci a opoře postiženého místa. V současné době jsou vyráběny z kvalitních prodyšných materiálů, které však mají tendenci udržovat místo v teple a v pohodlí. Mohou být více či méně elastické, vždy záleží na tom, k čemu přesně slouží.

2.5.1 Chitosanové bandáže k urychlení zástavy krvácení

V dnešní době jsou již známy různé procesy, které vedou k urychlení zástavy krvácení po přiložení materiálu, který obsahuje chitosan na krvácející ránu. Chitosanové bandáže jsou

užitečné díky svým antimikrobiálním vlastnostem a mají významný vliv na rychlejší hemostázu, a to díky schopnosti pevně držet na ráně. K této oblasti dokážou dokonale přilnout a kromě toho je chitosan schopný absorbovat vodu, což přispívá k tomuto procesu [16].

V současné době již existuje mnoho hemostatik obsahujících chitin nebo chitosan jako účinnou látku. Tyto produkty jsou určeny k zástavě akutního a prudkého krvácení a jsou velmi vhodná při použití v případě nekontrolovaného vnějšího krvácení. Nejsou však příliš vhodná při řešení vnitřního krvácení, protože se v těle nevstřebávají. Konkrétním používaným příkladem chitosanové bandáže je bandáž Chitoflex vyráběná americkou společností HemCon Medical Technologies [16].

2.6 Kompresní materiály a materiály sloužící k opoře a fixaci končetin

Mezi kompresní materiály a materiály sloužící k opoře a fixaci končetin lze zařadit kompresní punčochy, které však bývají obvykle vyrobené technologií pletení. Co však lze zařadit mezi tkaniny, je obinadlo s krátkým tahem, které je roztažné a současně vyvíjí tlak, je silně kompresivní a textilně elastické. Navíc je příjemně prodyšné a velmi příjemné na pokožce. Dalším příkladem kompresního materiálu je podélně elastické adhezivní obinadlo, které se používá pro podporu přirozeného pohybu při každodenních aktivitách. V tomto případě se jedná o tkaninu, která je opatřena vrstvou lepidla, propouští vzduch a je též paropropustná. Tím zajišťuje dobré větrání, a to i při překrývajících se otáčkách obinadla. Dlouhým tahem a variabilitou se vyznačuje obinadlo s dlouhým tahem, které dobře přilne k příslušné části těla. Významnou výhodou tohoto obinadla je ta skutečnost, že téměř nezvětší objem obvázané části těla. Toto obinadlo je také velmi odolné, navíc se snadno se udržuje. Do této kategorie lze též zařadit i zinkoklihoý obvaz, v tomto případě se jedná o obinadlo, které je impregnované zinkovým kličem [17].

2.6.1 Antibakteriální schopnosti kompresních materiálů

O antibakteriálním snadno nastavitelném tkaném kompresním obvazu, konkrétně na bércové vředy, pojednával Abdelhamid R. Aboalasaad et al. ve svém odborném článku v rámci studia na fakultě textilní na Technické univerzitě v Liberci. V této práci byly obvazy rozděleny do dvou tříd - obvazy normální a chytré. Struktura normálních obvazů je jednoduchá a vychází z plátňové vazby. Tyto obvazy jsou levné. Do druhé třídy byly zařazeny chytré kompresní bandáže, obsahující senzory, které uživateli umožňují přímo odečítat vyvíjený tlak na část těla při jakékoliv aktivitě. Oproti první skupině jsou však velmi nákladné [18].

Výzkumné cíle byly v rámci tohoto experimentu zaměřeny na definici struktury, následně modifikaci konstrukce a analýzu mechanických a antibakteriálních vlastností tkaných kompresních bandáží [18].

Z hlediska využití chitosanu do materiálů sloužících k opoře a fixaci končetin je jeho využití zbytečné. Jeho funkce by v tomto případě postrádala svůj smysl.

2.7 Materiály k ochraně kůže a tejpovací pásy

Mezi materiály k ochraně kůže lze zařadit náplasti. Náplastí v současné době existuje nespočet druhů a může se jednat o náplasti s polštářkem, kdy je polštářek obvykle vyroben z vaty a slouží k ošetření zranění, nebo o klasickou textilní náplast namotanou na cívce, sloužící např. pro fixaci konců obvazů a upevnění kanyl. Na klasickou náplast, která je vyrobena z textilní tkaniny se na spodek náplasti nanáší lepidlo.

2.7.1 Chitosanové náplasti

Chitosan lze nanést na náplasti s textilním polštářkem - konkrétně na polštářek. Většinou bývá tento polštářek složen ze dvou textilií a mezi nimi je savá vata, na které by chitosan mohl být také nanesen.

Příkladem výrobce nejen chitosanových náplastí, ale i dříve zmíněných chitosanových bandáží je americká společnost HemCon Medical Technologies. Příkladem výrobků jsou chitosanové náplasti HemCon, kterými byly vybaveny armádní jednotky USA během válečných konfliktů. Údajně vykazovaly výborné výsledky. V případě již dříve zmíněné chitosanové bandáže Chitoflex je materiálové složení stejné jako v případě HemCon, jiný obchodní název je výrobcem používán z důvodu odlišení menší náplasti a rozměrnější bandáže [16].



Obr. 1. Náplast HemCon a bandáž Chitoflex (HemCon Medical Technologies) [19]

2.8 Operační roušky a návleky

Operační roušky a návleky slouží k ochraně pacienta, zdravotnického personálu a zdravotnické techniky při operačních zákrocích. Mohou být vyrobeny např. z lehké paropropustné polyesterové tkaniny s přidavkem uhlíkových vláken, které se vyznačují antistatickými vlastnostmi. To platí pro méně kritickou zónu. Pro kritickou zónu platí, že jsou vyrobeny z třívrstvého laminátu [20].

2.8.1 Aplikace chitosanu do roušek

O aplikaci chitosanu do roušek či respirátorů nebyly zatím uvedeny žádné informace, ale za zmínku stojí, že 1.1.2023 byly uvedeny na trh chitosanové kosmetické masky firmou Nano Medical. Jedná se o suché kosmetické masky, jejichž výroba je založena na vlastní patentované technologii výroby nanovlákněných vrstev na bázi přírodního chitosanu. Firma zavedla jako první na světě průmyslovou výrobu nanovlákněných struktur na bázi chitosanu. Tyto výrobky jsou určeny pro aplikaci v kosmetických a zdravotnických prostředcích [21].

2.9 Cévní náhrady

Zajímavým tkaným biomedicínským výrobkem jsou umělé cévní náhrady. Mohou být tkané, pletené či lité, a v mnoha případech dokáží pacientům zachránit život. Céva musí být nahrazena co nejlépe, a proto nejsou požadavky na cévní náhrady jednoduché. Vlastnosti cévních náhrad jsou ovlivněny jak technologií výroby, tak materiálem, ze kterého jsou vyrobeny. Lité náhrady se vyrábí hlavně z PTFE, pletené a tkané se obvykle vyrábí z PET. Vlákná PET mají velkou pevnost, jsou hydrofobní a vykazují dobrou odolnost vůči kyselinám. Náhrady pletené jsou narozdíl od tkaných náhrad více prodyšné [22].

2.9.1 Aplikace chitosanu do cévních náhrad

Chitosan se uplatňuje mj. také jako antibakteriální složka pro použití cévních náhrad. K dosažení sterility cévní náhrady je nejčastěji používáno gama záření [6]. Zhu a kolektiv prokázali *in vitro*, že cévní náhrady, které obsahují chitosan vykazují výrazně nižší adhezi krevních destiček ve srovnání s cévní náhradou běžně používanou. Následně byly získané výsledky doplněny a stvrzeny pokusem *in vivo* během implantace cévní náhrady u psa [23].

2.10 Textilní materiály určené přímo pro operace

Do této kategorie lze zařadit materiály savé nebo pro krátkodobé uchování orgánů během operace. Např. při operaci střev se jejich část vkládá do “tkaných textilních vaků”, aby nepřekážela při operaci.

3 Základní parametry plošné geometrie tkaniny definující konstrukci tkaniny ve vztahu k její aplikaci

Tkanina je plošná (2D) textilie vytvořená ze dvou vzájemně kolmých soustav nití, osnovy a útku, navzájem provázaných vazbou tkaniny. V případě prostorové 3D tkaniny se jedná o vzájemné provázání vycházející ze dvou a více osnovních a dvou a více útkových soustav nití (rozdělujeme: víceosnovní, víceútkovou, vícenásobnou 3D tkaninu).

Konstrukční parametry tkaniny lze popsat jako souhrn údajů definujících tkaninu z hlediska její výroby. Je potřeba specifikovat parametry délkových textilií (osnovy a útku), dostavu osnovy a útku, provázání tkaniny, vzor snovaný a házený, délku tkaniny a tzv. paprskovou šíři. Tkaninu charakterizují i další parametry (setkání útku, gramáž - hmotnost 1m^2 tkaniny a výsledná šíře tkaniny). Ty jsou ovlivněny již zmíněnými konstrukčními parametry [24].

3.1 Délková hmotnost/jemnost

Jemnost, neboli délková hmotnost, je značena písmenem T . Jak vyplívá z názvu, tak vyjadřuje vztah mezi hmotností a délkou délkových textilií. Jemnost se běžně vyjadřuje v jednotkách tex , popř. v jejich násobcích (ktex) a dílech (dtex , mtex) [25].

Pro výpočet jemnosti obecně platí vztah $T = \frac{m [\text{g}]}{l [\text{km}]}$. Příze nese chlupatý povrch, protože je vytvořena z konečných vláken. Na základě délky konečných vláken, které máme na vstupu, je zvolena vhodná technologie předení.

Jemnost osnovních a útkových nití v obinadlech se může lišit v závislosti na konkrétním typu obinadla a jeho zamýšleném účelu. Je obecně známé, že jemnější nitě v obinadle vedou k měkčímu a pružnějšímu materiálu. Jemnost nití v obinadlech se obvykle pohybuje v rozmezí od 20 tex do 60 tex .

Příze použitá v osnově byla skaná, tj. jemnost byla 2x20 tex a jemnost pro útek byla v některých konstrukcích 20 tex (=jednoduchý útek) a 2x20 tex (=skaný útek).

Jemnost nití v případě experimentální sady I: $T_o=2x20 \text{ tex}$, $T_u=2x20 \text{ tex}$.

Jemnost nití v případě experimentální sady II: $T_o=2x20 \text{ tex}$, $T_u=20 \text{ tex}$ (jednoduchý útek), $T_u=2x20 \text{ tex}$ (skaný útek).

Jemnost nití v případě experimentální sady III: $T_o=2x6\text{tex}$, $T_u=2x20\text{tex}$.

3.2 Materiál

Obvazové materiály mohou být vyrobeny z různých materiálů v závislosti na jejich aplikaci, např. sádrové syntetické obvazy se mohou skládat mj. z polyesterové nosné vrstvy impregnované polyuretanovou pryskyřicí [26].

Obinadla s krátkým tahem mohou být vyrobena ze 100 % bavlny, přičemž k textilní elasticitě dochází díky krouceným osnovním nitím [27].

Bavlna je podstatnou surovinou pro tkaniny určené pro využití ve zdravotnickém sektoru. Někdy se však lze setkat i s výrobky, které jsou vyrobené ze směsi viskózy a bavlny. Bavlněná tkanina je významná tím, že je velmi příjemná na omak, má mj. i dobrou sorpci vlhkosti, navíc při kontaktu s pokožkou vyvolává pocit tepla [11].

Dále např. obinadla s dlouhým tahem mohou být vyrobena z 58 % bavlny, 24 % polyamidu, 8 % elastanu a 10 % viskózy [28].

Důležité je zmínit, že chování tkaniny je z 50 % ovlivňováno vstupním materiálem. Jako vstupní materiál v případě této práce byla zvolena viskózová příze. Nejen zdravotnické výrobky z viskózového vlákna mají dobrou savost a příjemný omak. Ve směsích s jinými vlákny a v závislosti na struktuře nemají tato vlákna vysokou mačkavost. K výrobě těchto vláken se využívá bukové nebo smrkové dřevo [29].

Použitá příze Crabyon od italské firmy Pozzi Electa je vyrobena z viskózy odvozené z celulózy, s přidavkem chitinu-chitosanu. Tato látka pochází z recyklace krunýře měkkýšů zvláštním výrobním procesem. Proces je celosvětově patentovaný [30].

Omi Kenshi získal patent na techniku Crabyon, což byla první úspěšná výroba vlákna a filmu z chitinu. Firma Pozzi Electa má možnost využívat tento japonský patent č. 2736868/ + Euro 0794223. Je deklarováno, že i opakované praní má způsobovat jen minimální separaci nebo rozpuštění účinné látky. Z toho vyplývá, že je deklarováno stabilní zachování antibakteriálního účinku [31].

Díky antibakteriálním a hypoalergenním vlastnostem a odolnosti vůči praní je příze Crabyon ideální pro využití ve zdravotnickém sektoru. Vyniká také svou protizápachovou funkcí [30].

3.3 Dostava

Dostava osnovních a útkových nití (D_o, D_u) definuje počet nití na určitou jednotku délky [cm^{-1}] nebo [dm^{-1}]. Dostava nití je převrácenou hodnotou rozestupu nití [mm] a liší se v závislosti na typu obinadla a funkci, kterou má dané obinadlo splňovat.

Například přířezy z gázy rolované, které jsou vytvořeny ze 100% bavlny, mají dostavu osnovy i útku 17 nití/cm. Tyto druhy obinadel jsou rolované ve 4 vrstvách za účelem dodávky potřebné jemnosti a savosti [32].

Dostavy nití v případě experimentální sady I: $D_o=27$ nití/cm, $D_u=14$ nití/cm.

Dostavy nití v případě experimentální sady II: $D_o=27$ nití/cm, $D_o=14$ nití/cm (vzorek č. 5), $D_u=14$ nití/cm (jednoduchý útek), $D_u=20$ nití/cm (skaný útek), $D_u=18$ nití/cm (vzorek č. 5).

Dostavy nití v případě experimentální sady III: $D_o=58$ nití/cm, $D_u=50$ nití/cm.

3.4 Provázání

Vazba ve tkanině definuje způsob vzájemného provázání nití (osnovy a útku) ve tkanině. Vazby lze obecně rozdělit na plátňové a neplátňové. Ve vztahu k provázání ve směru jsou pak vazby rozděleny na symetrické a nesymetrické. V případě zachování stejných parametrů tkaniny (v osnově i v útku), lze předpokládat, že konečná struktura tkaniny bude dosahovat shodných vlastností v jednotlivých směrech. Základní vazby jsou symetrické ve vztahu k provázání do směru osnovy a útku a jsou typické tím, že vlastní provázání je složeno z konstantního počtu přechodových úseků. Proměnlivý úsek lze označit jako úsek flotáže [33]. Vzornice vazby se zakresluje do čtverečkovaného vzornicového papíru, tzv. rastru. To platí pro čtvercové tkaniny. Rastr má za úkol znázornit půdorysný pohled na tkaninu. Svislé mezery představují nitě osnovní. Vodorovné mezery představují nitě útkové. Každý čtverec/obdélník tak představuje vazný bod [24].

U obdélných konstrukcí není rastr čtvercový, ale obdélníkový. Provázání v případě tkaných obinadel ovlivňuje především vzhled, strukturu a vlastnosti tkaniny.

Nejčastěji používaná vazba pro obinadla je vazba plátňová, protože je potřeba, aby bylo obinadlo tažné a základní vazba s nejvyšší tažností je právě plátno. Atlas má nejvyšší pevnost a tato vazba je používána na tlaková obinadla. Keprová vazba je v případě obinadel také používána, ale spíše v kompresních obvazech. Kepr má dobrou pružnost a je také poměrně pevný.

Např. kaliko a hydrofilní gáza (mul) jsou vyrobené v plátňové vazbě. Dále např. tylexol, tedy speciální druh tylu, je vyráběn speciální technologií výroby tkanin. Při výrobě tohoto obvazového materiálu jsou osnovní příze obtočeny přízemí útkovými [34].

Pro experimentální sadu I a II byla zvolena vazba plátňová a pro experimentální sadu vzorků č. 3 vazba atlasová, konkrétně A 1/9 (3), z důvodu toho, že osnova je ze 100% bavlny. V tomto případě byla testována z lící útkové strany s chitosanem stálost úpravy.

Experimentální část

V rámci experimentální části této práce byly nejprve v laboratoři KTT FT TUL změřeny základní parametry použitých přízí. Následně byly ve tkalcovně vytkány tři experimentální sady vzorků. Experimentální sada III byla podrobena testům v praní. Všechny experimentální sady vzorků, včetně vzorků přízí byly testovány na KCH FP TUL, za účelem zhodnocení vlivu konstrukčních parametrů tkaniny ve vztahu k biologické účinnosti na vybrané patogenní bakterie ze skupiny G+ a G-. U sady, která byla podrobena testům v praní, byla vyhodnocena stálost úpravy.

1 Základní parametry použitých přízí

V laboratoři byly zjištěny základní parametry použitých přízí. Na vijáku bylo celkem pětkrát odměřeno 100 m z každé příze (příze s chitosanem označena jako CH+, příze bez chitosanu označena jako CH-) a jednotlivá přadena byla zvážena. Do tabulky byla zanesena průměrná hodnota.

Všechny naměřené hodnoty se nachází v Příloze 1.

Pomocí vzorce pro výpočet jemnosti, tedy $T = \frac{m [g]}{l [km]}$ byla určena jemnost pro obě příze.

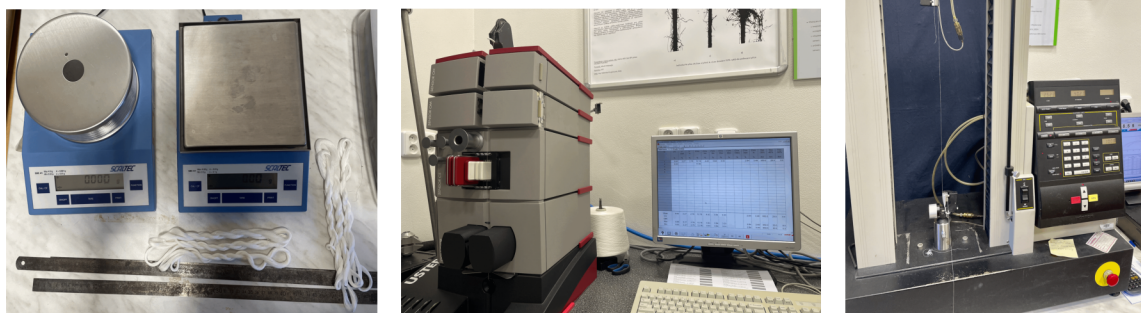
Na trhacím přístroji Instron 4411 byla provedena tahová zkouška, u každé příze byl test proveden celkem 50x. Upínací délka byla 500 mm a výsledkem měření byla pevnost [N] a tažnost [%].

Všechny naměřené hodnoty se nachází v Příloze 2.

Na základě výsledků byla spočítána poměrná pevnost [cN/tex] a ověřena tažnost [%].

Na přístroji Uster Tester byla změřena hmotná nestejnomyšnost u obou přízí a hodnota CVm [%] byla dohledaná přímo v reportu z přístroje. Na tomto přístroji byla změřena též chlupatost H [-] a optický průměr. Bylo provedeno 5 měření a použita byla průměrná hodnota.

Všechny naměřené hodnoty se nachází v Příloze 3.



Obr. 2. Ukázka přístrojů používaných při měření základních parametrů, a) váhy pro vážení přadének, b) přístroj Uster Tester, c) trhací přístroj

Tab. 1. Základní parametry použitých přízí - 1. část

Druh příze	T [tex]		F [N]		σ [cN/tex]	ε [%]	
	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka		Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka
CH+	19	0,011	2,96	0,3	15,58	11,38	1,16
CH-	20,3	0,117	3,7	0,33	18,23	13,28	1,13

Tab. 2. Základní parametry použitých přízí - 2. část - Uster Tester

Druh příze	CVm [%]		H [-]		2DØ [mm]	
	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka
CH+	13,39	0,07	5,52	0,07	0,20	0,001
CH-	11,89	0,17	5,12	0,12	0,186	0,045

1 Příprava osnovy

V rámci přípravy osnovy, tedy procesu, který v sobě zahrnuje řadu dílčích technologických operací, byly provedeny tyto operace: skaní, snování, navádění. Šlichtování v rámci tohoto experimentu nemohlo být provedeno z důvodu možného zakrytí chitosanu.

1.1 Skaní

V rámci tkání je nutné, pro některé vstupní materiály, zvýšit pevnost a snížit chlupatost. V daném případě jednoduché příze nebyly použitelné pro osnovní soustavu z pohledu pevnosti

a chlupatosti. V rámci skaní byla vytvořena dvojmo skaná příze jak pro přízi s úpravou, tak bez úpravy.

U příze bez chitosanu tedy byly dvě příze s levým zákrutem (S) skány do zákrutu pravého (Z), aby bylo zabráněno smyčkování. U příze s chitosanem tomu bylo obráceně, tedy dvě příze s pravým zákrutem (Z) byly skány do zákrutu levého (S). Z toho tedy vyplývá, že když se příze skají, tak se výsledný zákrut dává jiný za účelem eliminace smyčkování. Počet výsledných zákrutů byl 100 m^{-1} . Později však musel být počet výsledných zákrutů zvýšen na 200 m^{-1} , a to z důvodu snížení chlupatosti.

V rámci experimentu byly použity do útku jak příze skané, tak příze jednoduché, za účelem sledování vlivu konstrukčních parametrů na pozorování bakteriální inhibice vůči bakteriím ze skupiny G⁺ a bakteriím ze skupiny G⁻.



Obr. 3. Ukázka procesu skaní, a) jednoduché příze na cívkách s křížovým vinutím, b) proces skaní

1.2 Snování

Účelem snování bylo připravit osnovu o potřebném počtu nití, předepsané délky, šířky a požadovaného vzoru na osnovní vál. Ke snování byla zapotřebí cívka, ze které se stahovala nit, která se přímo navíjela na buben vzorovacího snovadla pro krátké osnovy. Pro experimentální sadu I a II se připravovala osnova různě.

V případě této práce bylo použito vzorovací snovadlo s principem přímého snování, shodného s válovým snováním.

V případě experimentální sady II byly vzorky č. 1 až 4 ze stejného válu, měly stejný počet nití. V případě vzorku č. 5 se na tkacím stroji udělal vzor pro 2-násobnou tkaninu, takže polovina nití šla do jedné tkaniny a polovina nití šla do druhé tkaniny.



Obr. 4. Ukázka procesu snování pro experimentální sadu I, a) výsledný osnovní vále s příze s chitosanem a bez chitosanu, b) navinutá osnova na snovacím bubnu, c) proces snování

1.3 Navádění

V případě plátňových vazeb byla vždy jedna nit naváděna do jednoho oka nitěnky a poté byly nitě po dvou naváděny do jednoho zubu paprsku. Paprsek udržoval osnovu při tkaní ve správné hustotě, zajišťoval pořadí nití a přirážel útek ke tkanině. Číslo paprsku bylo 13,6 zubů/1 cm.

Osnova v případě experimentální sady I a II obsahovala 1288 nití.

V případě experimentální sady III nebylo navádění prováděno. Ke tkaní se použil jehlový tkací stroj SOMET s elektronickým prošlupním zařízením STÄUBLI s již předpřipravenou osnovou. Celkový počet osnovních nití byl 8800 nití.

2 Tkaní vzorků

Po operaci navádění následovala operace samotného tkaní.

V případě této práce, sada vzorků I byla utkána s osnovním vále: $\frac{1}{2}$ osnovních nití příze s chitosanem a $\frac{1}{2}$ osnovních nití příze bez chitosanu. Do útku byla použita příze bez chitosanu i s chitosanem. Tím, že na osnovním vále byly nasnovány dva druhy nití, tak docházelo k velmi častým přetrhům osnovních nití. Příze s chitosanem jsou chlupaté (viz tabulka 2), tedy po napuštění chitosanem docházelo ke zvýšení chlupatosti. K přetrhům osnovních nití docházelo i v případě, kdy bylo sníženo napětí osnovy. Chlupatost se v osnově obvykle odstraňuje šlichtováním osnovy. Pokud by však v tomto momentu došlo ke šlichtování, došlo by

k zakrytí chitosanu, a proto byly za účelem snížení chlupatosti přidány zákruty - konkrétně byl počet zákrutů 100 m^{-1} zvýšen na 200 m^{-1} . Tím se odstávající vlákna zakroutila k přízi. Vytkané vzorky byly však použitelné k analýze a byly označeny jako vzorky experimentální sady I.

Předchozí operace tedy musely být tedy znovu zopakovány, aby mohly být vytkány vzorky experimentální sady II. Jednotlivé osnovy byly v tomto případě přiložené strečovou fólií, aby se eliminovalo spojování přízi vlivem chlupatosti - viz obr. 8. V případě vzorků experimentální sady II byla osnova stejná pro vzorky 1 až 4. Vzorek č. 5 byl vytkán jako 3D tkanina, kdy dvě řídké tkaniny, které měly o polovinu nižší dostavu osnovy než předchozí vzorky, byly přiloženy na sebe. Při testování se vzorek č. 5 rozstříhl.



Obr. 5. Přiložení strečové fólie

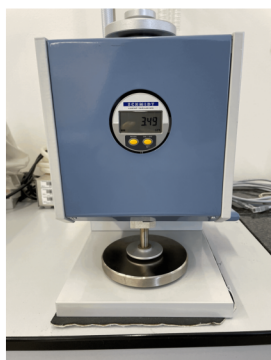
Pro experimentální sadu I a II byl použit jehlový tkací stroj CCI s elektronickým prošlupným systémem BONAS.

Pro experimentální sadu III byl použit jehlový tkací stroj SOMET s elektronickým žakárským prošlupným ústrojím STÄUBLI.

3 Měření tloušťky tkanin

U vzorků experimentální sady I a II bylo provedeno měření tloušťky tkanin. Byl použit tloušťkoměr MESDAN s předpětím 1 kPa a měřicí plochou 20 cm^2 . U každého vzorku bylo provedeno 10 měření a hodnoty byly zprůměrovány.

Všechny naměřené hodnoty se nachází v Příloze 4.



Obr. 6. Tloušťkoměr MESDAN

Tab. 3. Výsledky měření - experimentální sada I

Označení vzorku	h [mm]	
	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka
Vzorek č. 1	0,440	0,011
Vzorek č. 2	0,434	0,011
Vzorek č. 3	0,437	0,012
Vzorek č. 4	0,463	0,024

Tab. 4. Výsledky měření - experimentální sada II

Označení vzorku	h [mm]	
	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka
Vzorek č. 1	0,381	0,008
Vzorek č. 2	0,345	0,012
Vzorek č. 3	0,407	0,007
Vzorek č. 4	0,335	0,007
Vzorek č. 5	0,362	0,008

4 Měření plošného zakrytí

V případě experimentální sady vzorků I a II byla v laboratoři KTT FT TUL změřena plošná porozita jednotlivých vzorků a následně bylo vypočteno plošné zakrytí.

Všechny naměřené hodnoty se nachází v Příloze 5.

Zakrytí bylo vypočteno na základě vzorce: $\text{zakrytí} = 1 - \text{porozita}$.

Tab. 5. Experimentální sada I - plošná porozita a zakrytí

Označení vzorku	P _c [%]		Z [%]
	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	Průměrná hodnota
Vzorek č. 1	0,1	0,03	99,9
Vzorek č. 2	0,1	0,05	99,9
Vzorek č. 3	0,1	0,08	99,9
Vzorek č. 4	0,2	0,09	99,8

Tab. 6. Experimentální sada II - plošná porozita a zakrytí

Označení vzorku	P _c [%]		Z [%]
	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	Průměrná hodnota
Vzorek č. 1	0,1	0,1	99,9
Vzorek č. 2	0,1	0,08	99,9
Vzorek č. 3	0,3	0,13	99,7
Vzorek č. 4	0,1	0,06	99,9
Vzorek č. 5	6,1	1,88	93,9

5 Testy v praní

U experimentální sady III byly provedeny testy v praní, za účelem sledování úbytku chitosanu ve tkaných strukturách. Příze jednoduchá s chitosanem byla vložena pouze do útku. Osnova je 2x6 tex 100% bavlna v dostavě 58/cm. Z pohledu provázání byl zvolen A 1/9 (3) v dostavě útku 50/cm. Monitorována z pohledu biologické účinnosti byla pouze lícni strana, která obsahovala chitosan.

Pro praní vzorků byla použita bubnová pračka Miele Professional W 6071 s automatickým dávkovacím systémem pro prádelny BSL BrightStar. Praní probíhalo při teplotě 40 °C a odstředování 1200 ot/min. Sušení v závěsu probíhalo dle normy ČSN EN ISO 6330. Bylo provedeno 1, 2, 3, 6, 9 a 12 pracích cyklů.

6 Testování vlivu chitosanu na tkané struktury

6.1 Seznam testovaných vzorků

Tab. 7. Experimentální sada I - testované vzorky

Označení vzorku	D_o [nití/1 cm]	D_u [nití/1 cm]	Útek skaný/jednoduchý	Osnova CH+/CH-	Útek CH+/CH-
Vzorek č. 1 - standard	27	14	skaný	CH-	CH-
Vzorek č. 2	27	14	skaný	CH-	CH+
Vzorek č. 3	27	14	skaný	CH+	CH+
Vzorek č. 4	27	14	skaný	CH+	CH-

Tab. 8. Experimentální sada II - testované vzorky

Označení vzorku	D_o [nití/1 cm]	D_u [nití/1 cm]	Útek skaný/jednoduchý	Osnova CH+/CH-	Útek CH+/CH-
Vzorek č. 1	27	14	skaný	CH+	CH+
Vzorek č. 2	27	20	jednoduchý	CH+	CH-
Vzorek č. 3	27	14	skaný	CH+	CH-
Vzorek č. 4	27	20	jednoduchý	CH+	CH-
Vzorek č. 5	14 x 2 tkaniny	18	skaný	CH+	CH+

Tab. 9. Experimentální sada III - testované vzorky

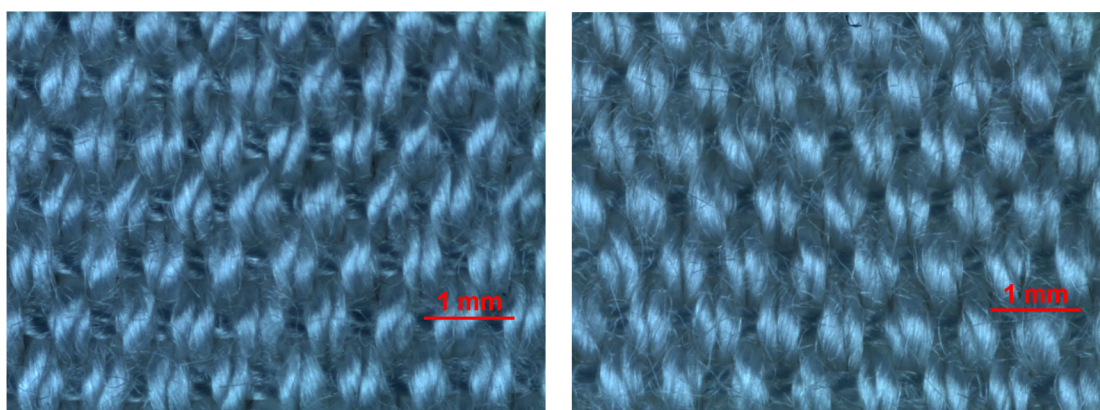
Označení vzorku	Prací cykly
Vzorek č. 1	standard - praní 0x
Vzorek č. 2	praní 1x
Vzorek č. 3	praní 2x
Vzorek č. 4	praní 3x
Vzorek č. 5	praní 6x
Vzorek č. 6	praní 9x

Vzorek č. 7	praní 12x
-------------	-----------

Tab. 10. Vzorky přízí

Označení vzorku	Příže CH+/CH-
Vzorek č. 1	CH-
Vzorek č. 2	CH+

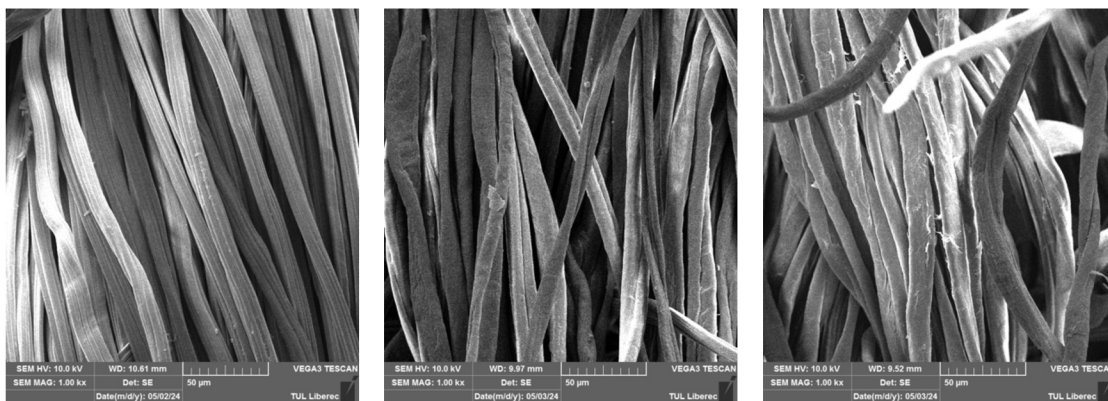
U všech experimentálních vzorků byly zhotoveny snímky pod mikroskopem, u kterých se měřila dostava osnovních a útkových nití, plošná porozita.



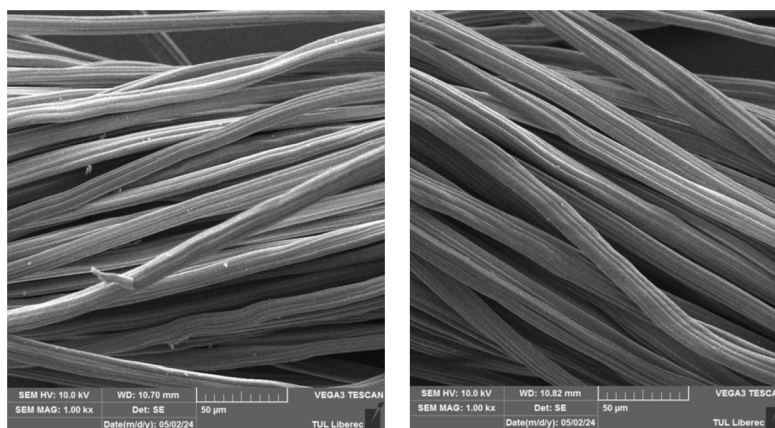
Obr. 7. Ukázka snímků experimentálních vzorků pod mikroskopem, a) experimentální sada I - vzorek č. 1, b) experimentální sada I - vzorek č. 3

Více obrázků se nachází v Příloze 6.

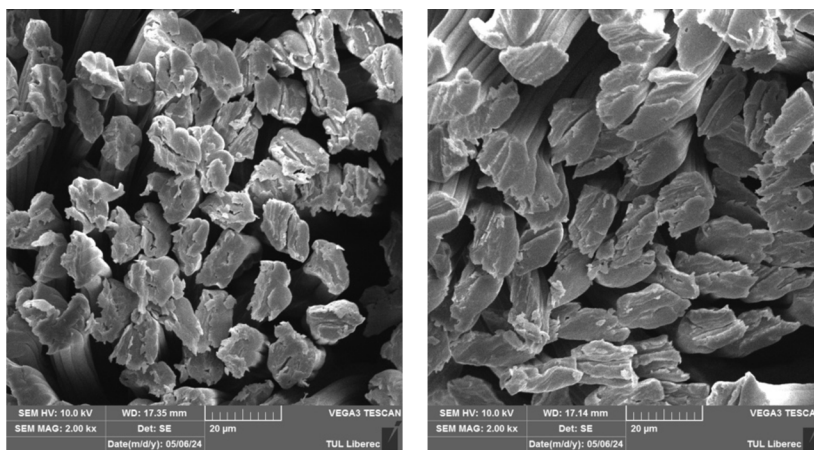
U vzorků č. 1 až 4 v případě experimentální sady I, u vzorků P0x a P12x v případě experimentální sady III a u vzorků přízí byla pozorována morfologie vzorků tkanin a přízí za pomoci SEM. Bohužel z podélného pohledu ani z příčných řezů nebyl patrný rozdíl CH+ a CH-.



Obr. 8. Ukázka snímků experimentálních vzorků – SEM (zvětšení 1000x), a) experimentální sada I – vzorek č. 1, b) experimentální sada III – vzorek P0x, c) experimentální sada III – vzorek P12x



Obr. 9. Ukázka snímků přízi – podélný pohled – SEM (zvětšení 1000x), a) CH-, b) CH+



Obr. 10. Ukázka snímků přízi – příčný řez – SEM (zvětšení 2000x), a) CH-, b) CH+

Více obrázků se nachází v Příloze 7.

6.2 Použité bakteriální kmeny

K testům byly použity patogenní bakteriální kmeny, které byly zakoupeny z České sbírky mikroorganismů Masarykovy univerzity v Brně.

Jednalo se o bakteriální kmeny *Staphylococcus aureus* a *Escherichia coli*.

6.2.3 Kultivační půdy a média potřebná k testu

Pro vytvoření agarového média byly použity krevní agary zakoupené od firmy Viamar s.r.o. Praha.

V případě živného agaru byl použit trypton pepton, phyton pepton, chlorid sodný a agar pro mikrobiologii.

Jako médium pro přípravu inokula bylo použito NB 1:500 (pH 6,8 - 7,2).

Více informací o přípravě inokula se nachází v Příloze 8.

Jako médium pro ředění a též jako vytřepávací médium byl použit fyziologický roztok (8,5 g/l destilované vody).



Obr. 11. Fyziologický roztok

6.3 Použité metody testování

6.3.1 Metoda č. 1 - zkouška šíření agarovou destičkou - dle ČSN EN ISO 20645 - plošné textilie - zjišťování antibakteriální aktivity

Postup:

1. Příprava živného agaru. Složení - trypton pepton, phyton pepton, chlorid sodný a agar. Výsledná hodnota pH = 7,2 při 20°C.
2. Sterilizace agaru - autoklávuje se při teplotě 121°C po dobu 15 minut.
3. Ochlazení agaru na teplotu 45°C.

4. Do ochlazeného agaru o objemu 150 ml se naočkuje 1 ml bakteriálního inokula ($2,5 \times 10^8$ CFU/ml).
5. Takto připravený agar se důkladně promíchá a v objemu cca 5 ml nalije do Petriho misek na základní agar – byl použit standardně dodávaný krevní agar (spodní vrstva).
6. Takto připravené agarové misky se k testování použijí za 1 hodinu po utužení agaru.
7. Do každé z misek se položí sterilní vzorek testovaného materiálu (2x2 cm) a miska se uzavře.
8. Vzorky se inkubují v termostatu o teplotě 37°C po dobu 20 hodin.
9. Po vyjmutí z termostatu se změří a vyhodnotí inhibiční zóna H (dle tabulky – viz norma) a vyhodnotí se růst bakterií pod vzorkem.

Hodnocení dle normy:

Inhibiční zóna H (mm):

- A.** $H \Rightarrow 1$ mm až inhibiční zóna do 1 mm - **dobrý antibakteriální efekt**
- B.** $H = 0$ mm - **limit antibakteriální účinnosti** (bez inhibiční zóny, pouze omezené kolonie, růst téměř zcela potlačen), neboť stejně dobře 0 růst uvádí hranice účinnosti
- C.** $H = 0$ mm - **nedostatečný efekt**

Výpočet velikosti inhibiční zóny: $H = D - d/2$

D = celkový průměr vzorku a inhibice v mm

d = průměr vzorku v mm

Tab. 11. Hodnotící kritéria

přítomná inhibiční zóna, pod vzorkem nic neroste	dobrá účinnost
bez inhibiční zóny, pod vzorkem nic neroste	dobrá účinnost
bez inhibiční zóny, růst pod vzorkem je ojedinělý	hraniční účinnost
bez inhibiční zóny, růst pod vzorkem je zhruba poloviční	nedostatečná účinnost
bez inhibiční zóny, růst pod vzorkem je silný	nedostatečná účinnost

6.3.2 Metoda č. 2 - AATCC Test Method: 100-2019 - Antibacterial finishes on textile materials: Assessment of. AATCC Technical Manual, American Association of Textile Chemists and Colorists, Research Triangle Park, NC.

Postup:

1. Vzorek o rozměrech 18x18 mm byl vložen do sterilního kontejnerku.

2. Na vzorek bylo aplikováno 100 μ l příslušného bakteriálního kmene o koncentraci $2,8 \times 10^5$ CFU/ml (je nutné, aby byl celý vzorek smočen bakteriálním inokulem).
3. Inkubace vzorků probíhala v termostatu při teplotě 37 °C 24 hod.
4. Po inkubaci bylo přidáno 10 ml fyziologického roztoku a zvortexováno.
5. Po zvortexování byl odpipetován 1 ml a vyočkován na Petriho misku s krevním agarrem (z každého vzorku vyočkovány triplety) a vypočten počet CFU, což bylo porovnáno se standardem.

Všechny testy byly provedeny v tripletech, tedy 3x. Toto platilo pro obě metody testování, výsledky byly zprůměrovány.

Všechny naměřené hodnoty se nachází v Příloze 9.

Výsledky a jejich diskuze

1 Metoda č. 1

1.1 Experimentální sada I

Tab. 12. Výsledky experimentální sady I - metoda č. 1

Označení vzorku	<i>Escherichia coli</i> - % inhibice		<i>Staphylococcus aureus</i> - % inhibice	
	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka [mm]	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka [mm]
Vzorek č. 1 - standard	0 mm, 100%	0	0 mm, 100%	0
Vzorek č. 2	0 mm, 100%	0	0 mm, 100%	0
Vzorek č. 3	0 mm, 100%	0	0 mm, 100%	0
Vzorek č. 4	0 mm, 100%	0	0 mm, 100%	0

Pozn.: první hodnota označuje velikost inhibiční zóny, druhá hodnota označuje % nárůst bakterií pod testovaným vzorkem.

1.2 Experimentální sada II

Tab. 13. Výsledky experimentální sady II - metoda č. 1

Označení vzorku	<i>Escherichia coli</i> - % inhibice		<i>Staphylococcus aureus</i> - % inhibice	
	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka [mm]	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka [mm]
Standard	0 mm, 100%	0	0 mm, 100%	0
Vzorek č. 1	1,5 mm, 100%	0,10	0,5 mm, 100%	0,10
Vzorek č. 2	0,5 mm, 100%	0,10	0 mm, 100%	0
Vzorek č. 3	2 mm, 100%	0,10	0,5 mm, 100%	0,17
Vzorek č. 4	1 mm, 100%	0,26	0 mm, 100%	0,06
Vzorek č. 5	2 mm, 100%	0,10	1 mm, 100%	0,10

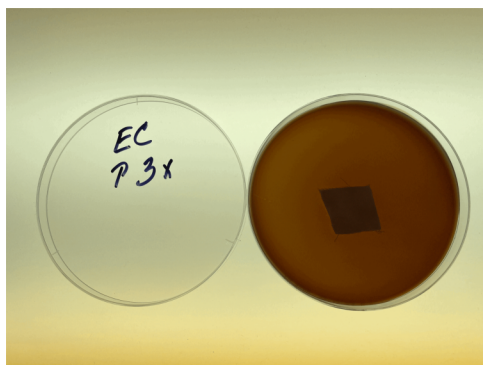
Pozn.: první hodnota označuje velikost inhibiční zóny, druhá hodnota označuje % nárůst bakterií pod testovaným vzorkem.

1.3 Experimentální sada III

Tab. 14. Výsledky experimentální sady III - metoda č. 1

Označení vzorku	<i>Escherichia coli</i> - % inhibice		<i>Staphylococcus aureus</i> - % inhibice	
	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka [mm]	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka [mm]
Vzorek č. 1 (P0x - standard)	0 mm, 100%	0	0 mm, 100%	0
Vzorek č. 2 (P1x)	0 mm, 100%	0,06	0 mm, 100%	0
Vzorek č. 3 (P2x)	0 mm, 100%	0	0 mm, 100%	0
Vzorek č. 4 (P3x)	0 mm, 100%	0,06	0 mm, 100%	0
Vzorek č. 5 (P6x)	0 mm, 100%	0	0 mm, 100%	0
Vzorek č. 6 (P9x)	0 mm, 100%	0	0 mm, 100%	0
Vzorek č. 7 (P12x)	0 mm, 100%	0,06	0 mm, 100%	0

Pozn.: první hodnota označuje velikost inhibiční zóny, druhá hodnota označuje % nárůst bakterií pod testovaným vzorkem.



Obr. 12. *Escherichia coli* - P3x - kvalitativní metoda

Více obrázků se nachází v Příloze 10.

1.4 Vzorky přízi

Tab. 15. Výsledky vzorků přízi - metoda č. 1

Označení vzorku	<i>Escherichia coli</i> - % inhibice		<i>Staphylococcus aureus</i> - % inhibice	
	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka [mm]	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka [mm]
Vzorek č. 1 (Příze CH-)	0 mm, 100%	0	0 mm, 100%	0
Vzorek č. 2 (Příze CH+)	0 mm, 100%	0	0 mm, 100%	0

Pozn.: první hodnota označuje velikost inhibiční zóny, druhá hodnota označuje % nárůst bakterií pod testovaným vzorkem.

2 Metoda č. 2

2.1 Experimentální sada I

Tab. 16. Výsledky experimentální sady I - metoda 2

Označení vzorku	<i>Escherichia coli</i> - % inhibice		<i>Staphylococcus aureus</i> - % inhibice	
	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka [%]	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka [%]
Vzorek č. 1 - standard	KV	KV	KV	KV
Vzorek č. 2	99,80%	0,06	0%	0
Vzorek č. 3	99,90%	0,10	100%	0
Vzorek č. 4	99,90%	0,06	0%	0

Pozn.: hodnota KV znamená nepočitatelné množství (kompaktní nárůst), pro výpočet inhibice se bere hodnota z ředění 10^3 CFU/ml).

2.2 Experimentální sada II

Tab. 17. Výsledky experimentální sady II - metoda 2

Označení vzorku	<i>Escherichia coli</i> - % inhibice		<i>Staphylococcus aureus</i> - % inhibice	
	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka [%]	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka [%]
Standard	KV	KV	KV	KV
Vzorek č. 1	90,80%	0,81	78,00%	1
Vzorek č. 2	78,00%	0,90	25,00%	1,50
Vzorek č. 3	99,00%	0,55	75,00%	1
Vzorek č. 4	78,00%	4,13	25,90%	0,06
Vzorek č. 5	99,90%	0,06	98,90%	0,06

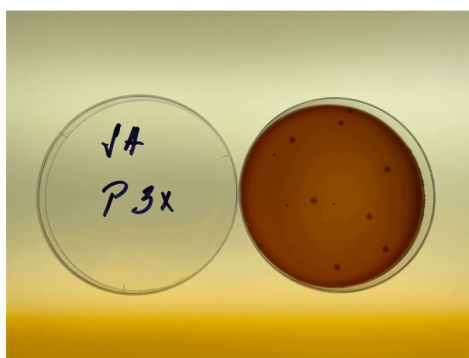
Pozn.: hodnota KV znamená nepočitatelné množství (kompaktní nárůst), pro výpočet inhibice se bere hodnota z ředění 10^3 CFU/ml).

2.3 Experimentální sada III

Tab. 18. Výsledky experimentální sady III - metoda 2

Označení vzorku	<i>Escherichia coli</i> - % inhibice		<i>Staphylococcus aureus</i> - % inhibice	
	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka [%]	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka [%]
Vzorek č. 1 (P0x - standard)	KV	-	100%	0,06
Vzorek č. 2 (P1x)	0%	0	96,90%	0,06
Vzorek č. 3 (P2x)	0%	0	94,60%	0,95
Vzorek č. 4 (P3x)	0%	0	94,40%	0,42
Vzorek č. 5 (P6x)	0%	0	90,50%	0,45
Vzorek č. 6 (P9x)	0%	0	90,00%	0,50
Vzorek č. 7 (P12x)	0%	0	88,90%	0,06

Pozn.: hodnota KV znamená nepočitatelné množství (kompaktní nárůst), pro výpočet inhibice se bere hodnota z ředění 10^3 CFU/ml).



Obr. 13. *Staphylococcus aureus* - P3x - kvantitativní metoda

Více obrázků se nachází v Příloze 10.

2.4 Vzorky přízí

Tab. 19. Výsledky vzorků přízí - metoda č. 2

Označení vzorku	<i>Escherichia coli</i> - % inhibice		<i>Staphylococcus aureus</i> - % inhibice	
	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka [%]	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka [%]
Vzorek č. 1 (Příze CH-)	0%	0	0%	0
Vzorek č. 2 (Příze CH+)	33,30%	1,46	26,40%	0,70

Vyhodnocení

Na základě provedených experimentů lze říci, že se tedy jedná o bakteriostatickou úpravu textilií. Tuto úpravu lze definovat tak, že inhibuje růst bakterií, tedy způsobuje jejich úhyn v průběhu času.

1 Metoda č. 1

Jak již bylo zmíněno, kvalitativní metoda ukazuje, zda se nějaká antibakteriální látka z materiálu uvolňuje, a pokud ano, tak jak moc (výsledek hodnocení inhibiční zóny a růstu nebo zamezení růstu bakterií pod vzorkem).

Dle dosažených výsledků v případě metody č. 1 lze konstatovat, že testované vzorky experimentální sady I a III mají nedostatečnou účinnost (viz tabulky), protože se chitosan z vláken neuvolňuje - takže to je v pořádku. U žádného vzorku se neobjevila žádná inhibiční zóna a u všech vzorků došlo k nárůstu bakterií pod vzorkem, proto hodnota 100%. Tak tomu bylo i u vzorků přízí.

V případě vzorků experimentální sady II lze dle této metody dosažených výsledků konstatovat, že testované vzorky č. 1, 2, 3, 4 a 5 mají dobrou antibakteriální účinnost na bakteriální kmen *Escherichia coli*. Vzorky č. 1, 3 a 5 mají dobrou antibakteriální účinnost na bakteriální kmen *Staphylococcus aureus*.

2 Metoda č. 2

Kvantitativní metoda pak dala odpověď na to, jaká je inhibice bakterií, protože chitosan není pro bakterie přátelský a neumožňuje jejich množení.

2.1 Experimentální sada I

Výsledky v případě testování vzorků experimentální sady I dopadly podle očekávání. Nejlépe dopadl vzorek č. 3, který obsahoval přízi s chitosanem jak v osnově, tak v útku. V porovnání se standardem došlo u vzorku č. 3 k velmi významným inhibicím na oba testované bakteriální kmeny.

U vzorku č. 2 a č. 4 byla výborná inhibice pouze na bakteriální kmen *Escherichia coli*, u bakteriálního kmene *Staphylococcus aureus* nedošlo u těchto vzorků k žádné inhibici.

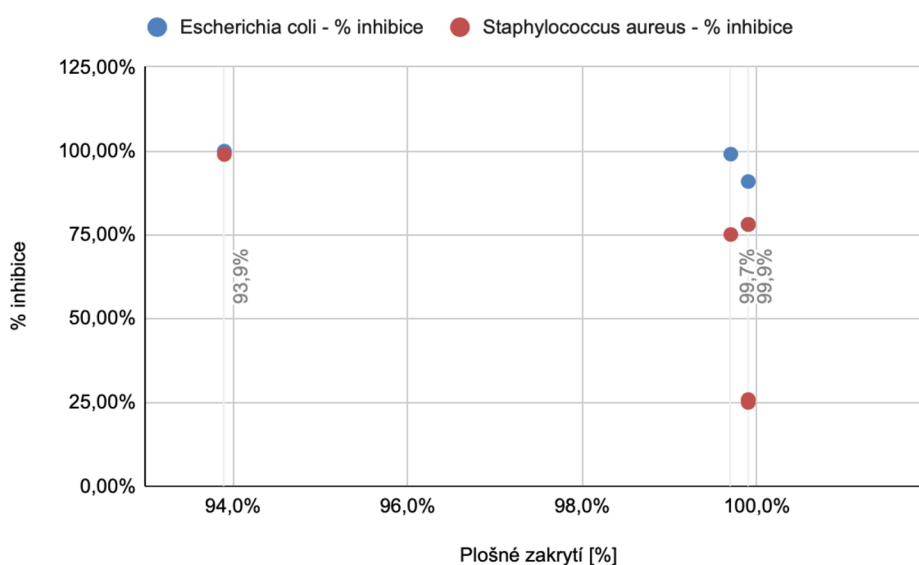
2.2 Experimentální sada II

Dle dosažených výsledků z hlediska % inhibice bakteriálních kmenů lze konstatovat, že vzorky měly velmi dobrou inhibiční účinnost na bakteriální kmen *Escherichia coli*. U vzorků, které obsahovaly příze s chitosanem i v útku, byla zjištěna velmi dobrá inhibice i na druhý testovaný kmen *Staphylococcus aureus* a to u vzorků č. 1 a 5, které obsahovaly v útku skanou přízi s chitosanem. Skaná příze mohla zapříčinit lepší kontakt mezi molekulami chitosanu a bakteriálními buňkami, čímž se mohla zvýšit antibakteriální aktivita.

Jednoznačně nejlepším vzorkem z hlediska procentuálního výsledku inhibice byl vzorek č. 5, u kterého byla zjištěna také dobrá antibakteriální účinnost (hodnoceno první uvedenou metodou). Vzorek č. 5 také obsahoval v útku skanou přízi s chitosanem, ale oproti ostatním vzorkům měl o polovinu nižší dostavu osnova. Bakterie ke svému množení potřebují kyslík, a právě to mohlo souviset s takto dobrými výsledky v případě tohoto vzorku. Dostava osnova u vzorku č. 5 byla totiž řídká a bakterie se v tomto případě mohly množit více. V případě tohoto vzorku bylo také naměřeno nejnižší plošné zakrytí a závislost mezi naměřeným plošným zakrytím a % inhibicí je znázorněna v grafu č. 1.

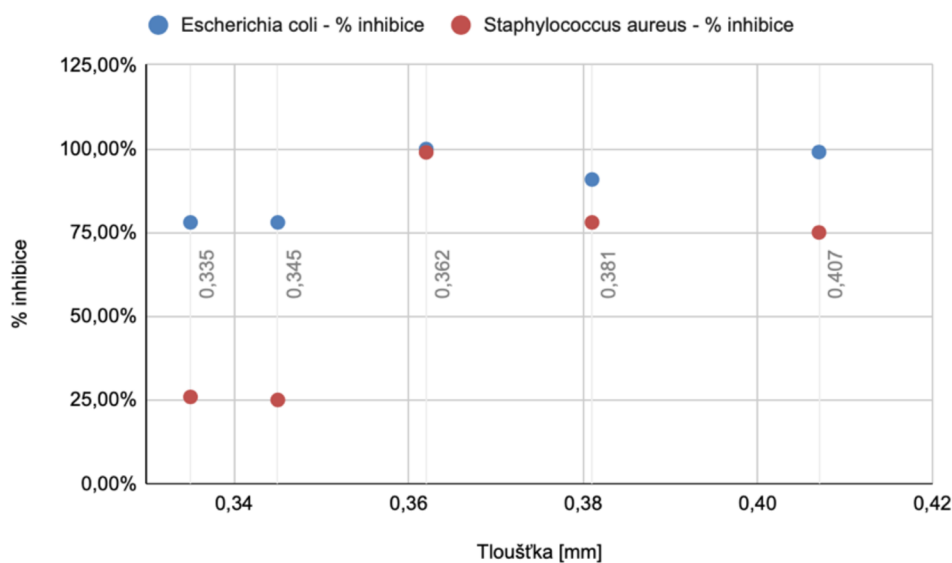
Za určitou zvláštnost se dá považovat vzorek č. 3, který vykazoval také dobrou antibakteriální účinnost, nicméně v porovnání se vzorkem č. 1 obsahoval v útku skanou přízi bez chitosanu.

Graf 1. Graf závislosti plošného zakrytí [%] na % inhibici u bakteriálního kmene *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*



Z grafů lze vyvodit, že vzorek č. 5, u kterého byla naměřena nejnižší hodnota v případě plošného zakrytí, dopadl z hlediska % inhibice na oba bakteriální kmene ze všech vzorků nejlépe. Tento vzorek měl také o polovinu nižší dostavu než vzorky ostatní a z těchto výsledků lze vyvodit, že pro výrobu zdravotnických výrobků z této tkaniny je možné použít méně materiálu pro lepší výsledek, což lze jednoznačně považovat za velkou výhodu.

Graf 2. Graf závislosti tloušťky [mm] na % inhibici u bakteriálního kmene *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*

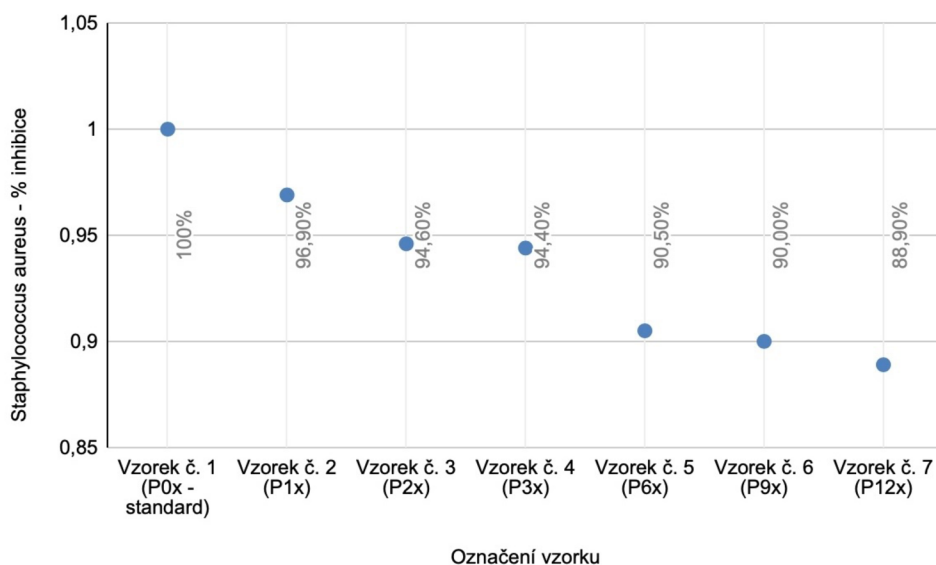


Z grafů lze vyvodit, že vzorky, u kterých byla naměřena nejnižší hodnota u tloušťky (vzorky č. 2 a 4), dopadly při testech hůř než vzorky, u kterých byla naměřena hodnota vyšší – vzorky obsahující v útku skané příze. V tomto případě z výsledků vyplývá, že vzorky obsahující skané příze (vzorek č. 1, 3 a 5) a mají tedy i větší tloušťku, mají tendenci být při testech odolnější (viz též 1. uvedená metoda).

2.3 Experimentální sada III

Výsledky testů z praní jasně ukazují, že úpravu materiálu lze považovat za stabilní. Ke snižování inhibice u bakteriálního kmene *Staphylococcus aureus* dochází postupně a i u 12x vypraného vzorku je v porovnání se standardem skoro 89% inhibice, což je velmi dobré.

Graf 3. Graf závislosti stálosti úpravy po testech v praní na % inhibici - *Staphylococcus aureus*



U bakteriálního kmene *Escherichia coli* nedošlo u žádného testovaného vzorku k žádné inhibici. Znamená to tedy, že účinek na G- bakteriální kmeny, kam patří i výše zmíněný bakteriální kmen, je nulový.

Tyto výsledky by se daly vysvětlit tím, že bakterie mohou mít různou citlivost na antimikrobiální látky v závislosti na svém stádium růstu a metabolické aktivitě. Některé studie naznačují, že chitosan může být účinnější proti bakteriím v určitých fázích jejich růstu.

Některé druhy bakterií mohou též vyvinout rezistenci vůči různým antimikrobiálním látkám včetně chitosanu, a to v důsledku různých genetických mutací nebo přirozené variability - tím by se dalo vysvětlit, proč v případě vzorků experimentální sady č. 3 nedošlo u bakteriálního kmene *Escherichia coli* u žádného vzorku k žádné inhibici, narozdíl od bakteriálního kmene *Staphylococcus aureus*.

Ve výsledcích také může hrát velkou roli koncentrace chitosanu a jeho molekulární hmotnost. Účinnost chitosanu jako antimikrobiální látky může být závislá na jeho koncentraci - nižší koncentrace chitosanu mohou být méně účinné proti nějakým druhům bakterií. Chitosan může mít rozdílné molekulární hmotnosti, které pak mohou mít odlišnou schopnost pronikat do buněčných stěn bakterií a tedy vyvolávat antimikrobiální účinky.

Důležité je též zmínit, že tato experimentální sada byla tkána na tkacím stroji s již předpřipravenou osnovou, která byla ze 100% bavlny a tudíž byla přize s chitosanem pouze v útku, což také mohlo mít významný vliv na výsledky. Pokud by měla tato experimentální sada

přízi s chitosanem jak v osnově tak v útku, mohlo by dojít k významným inhibicím na oba bakteriální kmeny. Tyto výsledky by tedy mohly být podkladem pro další experimenty.

2.4 Vzorky přízi

U vzorků přízi je bakteriální inhibice v porovnání se standardem poměrně nízká. U bakteriálního kmene *Escherichia coli* 33,3% a u kmene *Staphylococcus aureus* pouze 26,4%.

Závěr

Tato práce pomohla dokázat, že antibakteriální účinnost chitosanu nejen v tkaných obinadlech může být ovlivněna různými faktory. Proto je nutné dále provádět další testy a výzkumy, aby se dalo lépe porozumět mechanismu jeho působení, čímž může být zvýšena jeho antibakteriální účinnost.

Je však nezbytné poznamenat, že účinnost chitosanu může být mimo jiné ovlivněna také pH prostředí, teplotou a dalšími faktory, proto může být pro dosažení optimální účinnosti nutné upravit podmínky prostředí, ve kterých je chitosan používán.

Pro stanovení optimálních konstrukčních parametrů tkaniny pro zajištění maximálních antibakteriálních účinků chitosanu je nutné dále experimentovat a provádět další testy.

Nesporné je, že využití chitosanu ve tkaných strukturách již má a dále bude mít však v oblasti biomedicíny velkou budoucnost.

Výsledky experimentu budou publikovány v rámci konference AUTEK 2024 a následně v časopisecké publikaci ve větším rozsahu.

Seznam použitých zdrojů

- [1] ELAMRI, Adel, et. al. Chitosan: A biopolymer for textile processes and products. Online. *Textile Research Journal*. 2023, roč. 93, č. 5-6, s. 1456-1484. ISSN 0040-5175. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/00405175221127315>. [cit. 2023-12-08].
- [2] *The Chitosan Implementation into Cotton and Polyester/Cotton Blend Fabrics* [online]. 2020 [cit.2023-011]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7178377/>
- [3] VAVŘÍKOVÁ, Eva a VINŠOVÁ, Jarmila. *Chitosan a jeho farmaceutické aplikace*. Referát. Hradec Králové: Farmaceutická fakulta UK, Hradec Králové, 2009.
- [4] ZHOU, By Chang-E, et. al. A Review of Chitosan Textile Applications. Online. *AATCC Journal of Research*. 2019, roč. 6, č. 1_suppl, s. 8-14. ISSN 2472-3444. Dostupné z: <https://doi.org/10.14504/ajr.6.S1.2>. [cit. 2023-12-08].
- [5] KRÁTKÝ, Oldřich. *Analytické metody chitosanu pro textilní použití*. Diplomová práce. Liberec: Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní, 2004.
- [6] LAMAČKOVÁ, Lucie. *Praktické aplikace chitosanu a jeho derivátů*. Bakalářská práce. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, 2018.
- [7] KOZELKOVÁ, Aneta. *Příprava a charakterizace směsných materiálů na bázi huminových kyselin a chitosanu*. Bakalářská práce. Brno: Vysoké učení v Brně, Fakulta chemická, 2011.
- [8] Kolektiv autorů. 23. konference STRUTEX (sborník). Online. Technická univerzita v Liberci Studentská 1402/2, Liberec, 2022. ISBN 978-80-7494-621-9. Dostupné z: http://strutex.ft.tul.cz/2022/Book/STRUTEX_2022_book.pdf. [cit. 2023-10-03].
- [9] *Taxonomie, nomenklatura a systematika bakterií*. Přednáška - Mikrobiologie a virologie. Liberec: Technická univerzita v Liberci, Katedra chemie, 2023.
- [10] BEDNÁŘ, Marek. *Půdy*. Online. In: Ústav mikrobiologie. /. Dostupné z: <http://mikrobiologie.lf3.cuni.cz/mikrobiologie-nova/Prukaz-primy/Prukaz-kultivacni/Pudy/Obecne>. [cit. 2024-04-25].
- [11] VYSTAVĚLOVÁ, Lucie. *Textilní materiály používané ve zdravotnictví*. Bakalářská práce. Liberec: Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní, 2004.
- [12] *Dezinfekce a sterilizace ve zdravotnictví*. Online. In: Florence. 2005. Dostupné z: <https://www.florence.cz/odborne-clanky/florence-plus/dezinfekce-a-sterilizace-ve-zdravotnictvi/>. [cit. 2023-12-10].

- [13] MRLINOVÁ, Kristina. *Sterilizace zdravotnických prostředků*. 2022.
- [14] KELNAROVÁ, Jarmila, Martina CAHOVÁ, Iva KŘEŠŤANOVÁ, Marcela KŘIVÁKOVÁ, Zdeňka KOVÁŘOVÁ a Dana HAUSEROVÁ. *Ošetrovatelství pro střední zdravotnické školy 1.ročník* [online]. 2. přepracované a doplněné vydání. Grada Publishing, 2015 [cit. 2023-09-10]. ISBN 978-80-247-9857-8 (ePUB). Dostupné z: <https://www.knihydobrovsky.cz/e-kniha/osetrovatelstvi-pro-stredni-zdravotnicke-skoly-1-rocnik-231335300>.
- [15] PÁRAL, Jiří. *Malý atlas obvazových technik* [online]. Grada, 2008 [cit. 2023-09-10]. ISBN 978-80-247-2255-9.
- [16] ŠEVELA, Ondřej. *Příprava hemostatických textilních materiálů na bázi chitosanu*. Bakalářská práce. Brno: Masarykova univerzita, 2009.
- [17] *Komprese, opora a fixace, Kompresní terapie*. Online. Lohmann & Rauscher Česká republika/Komprese, opora a fixace/Kompresní terapie. 2023. Dostupné z: <https://www.lohmann-rauscher.com/cz-cs/produkty/komprese-opora-a-fixace/kompresni-terapie/>. [cit. 2023-10-08].
- [18] ABOALASAAD, et. al. *Antibacterial easy adjustable woven compression bandage for venous leg ulcers*. Disertační práce. Liberec: Technical University of Liberec, 2022.
- [19] *HemCon Bandage*. Online. In: JOURNAL OF EMERGENCY MEDICAL SERIES. /. Dostupné z: <https://www.jems.com/operations/hemcon-bandage/>. [cit. 2024-04-26].
- [20] *Operační roušky a návleky Medidrape*. Online. Matopat. 2023. Dostupné z: <https://matopat.cz/product/surgical-drapes-and-covers/>. [cit. 2023-11-24].
- [21] *CHITOSAN COSMETIC MASK*. Online. In: NANO MEDICAL. 2023. Dostupné z: https://nanomedical.cz/chitosan-kosmeticke-masky/#pll_switcher. [cit. 2023-11-28].
- [22] HERDA, Martin. *Vliv rychlosti zatěžování na mechanickou odezvu cévní náhrady*. Bakalářská práce. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, 2016.
- [23] ZÍTKA, ONDŘEJ et al., 2013. Nanotechnologie pro efektivnější cévní náhrady. Chemické listy. Vol. 107, no. 1, pp. 24–29.
- [24] TUMAJER, Petr; BÍLEK, Martin a DVOŘÁK, Josef. *Základy tkaní a tkací stroje*. Skriptum. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015.

- [25] DOSTÁLOVÁ, Ing. Mirka a KŘIVÁNKOVÁ, Ing. Mária. *Základy textilní a oděvní výroby*. Skripta a vysokoškolské učebnice. Liberec, Fakulta textilní, Katedra textilních struktur: Technická univerzita v Liberci, 1998.
- [26] *Cellacast® Active: Podpurný syntetický obvaz*. Online. In: Lohmann & Rauscher Česká republika. Dostupné z: <https://www.lohmann-rauscher.com/cz-cs/produkty/sadrovna/sadrovesynteticke-obvazy/cellacast-active/>. [cit. 2024-04-25].
- [27] *Rosidal® K: Obinadlo s krátkým tahem*. Online. In: Lohmann & Rauscher Česká republika. /. Dostupné z: <https://www.lohmann-rauscher.com/cz-cs/produkty/komprese-opora-a-fixace/kompresni-terapie/obinadla-s-kratkym-tahem/rosidal-k/>. [cit. 2024-04-26].
- [28] *Dauerbinde® K: Obinadlo s dlouhým tahem*. Online. In: Lohmann & Rauscher Česká republika. /. Dostupné z: <https://www.lohmann-rauscher.com/cz-cs/produkty/komprese-opora-a-fixace/kompresni-terapie/obinadla-s-dlouhym-tahem/dauerbinde-k/>. [cit. 2024-04-25].
- [29] ZEMANOVÁ, Veronika. *Hodnocení vlastností textilních ortopedických pomůcek*. Bakalářská práce. Liberec: Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní, 2010.
- [30] *Crabyon viscose*. Online. In: Pozzi Electa. /. Dostupné z: <https://www.pozzielecta.it/en/yarn-crabyon-viscose/crabyon/>. [cit. 2024-04-26].
- [31] *CRABYON*. Online. In: Omikenshi. 2019. Dostupné z: https://omikenshi.co.jp/pdf/english/CRABYON_English.pdf. [cit. 2023-12-06].
- [32] *Přířezy z gázy rolované*. Online. In: BEXAMED. /. Dostupné z: <https://www.bexamed.cz/p/prirezy-z-gazy-rolovane-20-ks>. [cit. 2024-05-02].
- [33] STAŇKOVÁ, Karina. *Vliv finální úpravy na strukturu a tloušťku tkaniny v plátňové vazbě*. Diplomová práce. Liberec: Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní, 2013.
- [34] SZEPESIOVÁ, Tereza. *Textilní obvazové materiály*. Bakalářská práce. Liberec: Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní, 2012.

Seznam příloh

Příloha 1. Jemnost přízí – naměřené hodnoty

Příloha 2. Pevnost a tažnost – naměřené hodnoty

Příloha 3. Uster Tester – naměřené hodnoty

Příloha 4. Tloušťka tkanin – naměřené hodnoty

Příloha 5. Porozita – naměřené hodnoty

Příloha 6. Snímky experimentálních vzorků pod mikroskopem

Příloha 7. Snímky experimentálních vzorků za pomoci SEM

Příloha 8. Příprava inokula

Příloha 9. Bakteriální inhibice – naměřené hodnoty

Příloha 10. Testy mikrobiologické účinnosti