

Výroba a možnosti aplikace materiálu z bakteriální celulózy

Tereza Helánová

Bakalářská práce
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta multimediálních komunikací

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta multimediálních komunikací
Ateliér Design oděvu

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Tereza Helánová
Osobní číslo:	K22053
Studijní program:	B0212A310004 Multimédia a design
Specializace:	Design oděvu
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Výroba a možnosti aplikace materiálu z bakteriální celulózy

Zásady pro vypracování

1. Teoretická část:

Prostudování a analýza dostupných materiálů a informací, obrazová příloha, vlastní závěry v minimálním rozsahu 20-25 normostran. Teoretická část se zabývá výrobou a optimalizací materiálu z bakteriální celulózy.

2. Praktická část:

Praktická část vychází z poznatků teoretické části a zjištění výzkumu. Rozsah praktické části minimálně 4–6 produktů z bakteriální celulózy. Výtvarné zpracování a realizace finálních návrhů. Teoretická a technická příprava projektu, sběr potřebných informací. Dokumentace realizace dle zadaných parametrů: moodboard, storyboard, skici, celkový náhled kolekce, barevnost, popis materiálů, technické nákresy modelů, technické opisy, stříhová řešení, módní doplňky a styling kolekce. Práce musí být doplněna o dokumentační fotografie z procesu tvorby a módními nebo produktovými fotografiemi.

Rozsah práce: minimálně 30 normostran. Formát A4. Odevzdejte 1 černobílý výtisk pro archivaci UTB a 2 barevné stejnopisy v pevné vazbě (1 může být kroužková). Součástí předané písemné práce je dodání elektronické verze na Flash disku, který bude obsahovat také samostatné fotografie v tiskové kvalitě z praktické části diplomové práce. Formát pro bitmapové podklady: JPEG, barevný prostor RGB, rozlišení 300 dpi, 250 mm delší strana. Formát pro vektory: AI, EPS, PDF. Loga a texty v křivkách.

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

Seznam doporučené literatury:

- HESSMANN – KOSARIS, Anita a Anděla KRAMLOVÁ. Zázračná kombucha: Prastaré léčivé prostředky: [energetický nápoj s jemnou léčivou silou]. Olomouc: Fontána, 2002, 161 s. ISBN 80-86179-81-8.
- KHAN, Sher Bahadar a Tahseen KAMAL, ed. Bacterial Cellulose: Synthesis, Production, and Applications [online]. Boca Raton: CRC Press, 2021, 228 s. [cit. 2024-10-23]. ISBN 978-1-003-11875-6. Dostupné z: <https://doi.org/10.1201/9781003118756>
- MUTHU, Subramanian Senthilkannan, ed. Sustainable Innovations in Textile Chemistry and Dyes [online]. Springer, 2018 [cit. 2024-10-24]. Textile Science and Clothing Technology. ISBN 978-981-10-8600-7. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/978-981-10-8600-7>
- MUTHU, Subramanian Senthilkannan a R. RATHINAMOORTHY. Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles [online]. Springer, 2021, 160 s. [cit. 2024-10-23]. ISBN 978-981-15-9581-3. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/978-981-15-9581-3>
- ŠKOPOVÁ, Jitka. Textil a experiment / Textile and Experiment. UMPRUM, 2017, 253 s. ISBN 978-80-87989-28-9.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. MgA. Kristýna Petříčková, Ph.D.**
Ateliér Design oděvu

Oponent bakalářské práce: **MgA. Simona Maciková**
Ateliér Design oděvu

Datum zadání bakalářské práce: **1. listopadu 2024**

Termín odevzdání bakalářské práce: **23. května 2025**

L.S.

Mgr. Josef Kocourek, Ph.D.
děkan

doc. MgA. Kristýna Petříčková, Ph.D.
vedoucí ateliéru

Ve Zlíně dne 2. prosince 2024

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

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

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně, dne

.....

podpis autora

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá výrobním procesem a možnostmi optimalizace materiálu z bakteriální celulózy pro využití v textilním průmyslu. Teoretická část se věnuje otázce udržitelnosti textilního odvětví a poskytuje přehled ekologických alternativ textilních materiálů, mezi něž patří i bakteriální celulóza. Experimentální část je zaměřena na kultivaci buničitého filmu prostřednictvím bakterie kmene *Acetobacter xylinum* a biologických procesů fermentace v nekvalifikovaných podmínkách. Parametry získaného materiálu jsou měřeny laboratorními metodami podle specifických postupů, které odpovídají požadavkům ČSN EN ISO/IEC 17025:2018. Experiment dále zahrnuje soubor vzorků vytvořený z kombuchové kultury. Výstupem práce je realizace produktové řady obsahující nejméně 4 produkty, soubor vzorků a výsledky laboratorních analýz bakteriální celulózy. Cílem je rovněž představit možnosti optimalizace a potenciál využití tohoto materiálu v různých kreativních oborech.

Klíčová slova: bakteriální celulóza, udržitelnost, experiment, textilní materiál, kombucha

ABSTRACT

The bachelor's thesis focuses on the production process and potential optimization of bacterial cellulose for application in the textile industry. The theoretical part addresses sustainability issues within the textile sector and provides an overview of ecological alternatives to conventional textile materials, including bacterial cellulose. The experimental part is dedicated to the cultivation of a cellulosic film using the *Acetobacter xylinum* strain through biological fermentation processes in non-laboratory conditions. The properties of the resulting material are evaluated using laboratory methods in accordance with the procedures defined by ČSN EN ISO/IEC 17025:2018. The experiment also includes a set of samples produced from kombucha culture. The outcome of the thesis consists of a product line comprising at least four items, a set of experimental samples, and results from laboratory analyses of bacterial cellulose. The aim is also to explore the potential for optimization and application of this material across various creative disciplines.

Keywords: bacterial cellulose, sustainability, experiment, textile material, kombucha

Děkuji doc. MgA. Kristýně Petříčkové za odborné vedení této práce.

Velké poděkování patří mé rodině, za výjimečnou pomoc a podporu.

Děkuji Johnymu a Lucce za veškerou spolupráci.

Lindušce, Sofince a Tami děkuji za sdílení radosti a inspirace.

V neposlední řadě děkuji všem kombuchářům, kteří mi věnovali své SCOBY.

OBSAH

ÚVOD.....	13
I TEORETICKÁ ČÁST	15
1 PŘÍKLADY ALTERNATIVNÍCH MOŽNOSTÍ UDRŽITELNÝCH TEXTILNÍCH MATERIÁLŮ.....	16
1.1 SEACELL	16
1.2 MYCELIUM.....	19
1.3 ORANGE FIBER.....	20
1.4 BAKTERIÁLNÍ CELULÓZA.....	23
2 BAKTERIÁLNÍ CELULÓZA	25
2.1 SLOŽENÍ BAKTERIÁLNÍ CELULÓZY	25
2.2 CHARAKTERISTIKA A VLASTNOSTI	27
2.3 KULTIVACE BC	28
2.4 PRODUKCE BC	31
2.5 SKLIZEŇ A UCHOVÁNÍ	33
3 APLIKACE BAKTERIÁLNÍ CELULÓZY NAPŘÍČ VYBRANÝMI OBORY	36
3.1 POTRAVINÁŘSTVÍ.....	36
3.2 KOSMETIKA.....	38
3.3 FARMACIE A LÉKAŘSTVÍ.....	40
3.4 PAPÍRENSKÝ PRŮMYSL	42
3.5 OBALOVÝ MATERIÁL.....	44
3.6 PERSPEKTIVA APLIKACE BAKTERIÁLNÍ CELULÓZY	44
4 POTENCIÁL BAKTERIÁLNÍ CELULÓZY V TEXTILNÍM PRŮMYSLU	47
4.1 ETICKÁ ALTERNATIVA TRADIČNÍCH TEXTILÍ	47
4.2 OPTIMALIZACE VLASTNOSTÍ PRO TEXTILNÍ ZPRACOVÁNÍ	48
4.3 NÁKLADY NA VÝROBU	50
4.4 UDRŽITELNOST A CÍRKULÁRNÍ VÝROBA	50
4.5 DESIGN.....	52
5 FIRMY A ZNAČKY VYUŽÍVAJÍCÍ BC V TEXTILNÍM PRŮMYSLU	54
5.1 SUZANNE LEE.....	56
II EXPERIMENT.....	59
6 OPTIMALIZACE PRODUKCE	60
6.1 SLOŽENÍ KULTIVAČNÍHO MÉDIA	66

6.2	SKLIZEŇ, SUŠENÍ A PŘÍPRAVA BAKTERIÁLNÍ CELULÓZY	71
7	VÝSLEDKY LABORATORNÍHO MĚŘENÍ BC.....	74
8	SPOJOVACÍ PROCES.....	79
8.1	KONVENČNÍ SPOJOVACÍ METODA	79
8.2	NEKONVENČNÍ SPOJOVACÍ METODA	81
9	ÚPRAVY VLASTNOSTÍ.....	85
9.1.1	Vodoodpudivá úprava	85
10	ESTETICKÉ ÚPRAVY	87
10.1	BARVÍCÍ METODY	87
10.1.1	Přírodní barviva	91
10.1.2	Syntetická barviva	93
10.2	POTISK A TETOVÁNÍ.....	95
10.3	LASER A GRAVÍROVÁNÍ	100
III	PRAKTICKÁ ČÁST	103
11	KONCEPTUÁLNÍ ZÁMĚR PRODUKTOVÉ ŘADY	104
11.1	CÍLOVÁ SKUPINA	104
11.2	NÁLADA PRODUKTOVÉ ŘADY	105
11.2.1	Moodboards.....	106
11.3	BAREVNICE A VZOROVÁNÍ.....	109
11.4	MATERIÁLY.....	111
11.5	HLEDÁNÍ TVAROSLOVÍ A VÝVOJ NÁVRHŮ	112
12	NÁVRHY.....	116
12.1	MODEL 1	124
12.2	PROCES PRÁCE NA MODELU 1	128
13	MODEL 2	140
13.1	POSTUP PRÁCE NA MODELU 2	145
14	ODĚVNÍ DOPLŇKY	151
14.1	TVAROVANÝ BARET SE VZOREM.....	151
14.1.1	Postup práce na tvarovaném baretu	154
14.2	BARET S BC APLIKACÍ.....	156
14.2.1	Postup práce na baretu s aplikací BC	158
14.3	BUCKET BAG	160
14.3.1	Postup práce na kabelce bucket bag	162
14.4	KABELKA TYPU ENVELOPE BAG.....	164
14.4.1	Postup práce na kabelce typu envelope bag	166

14.5	POUZDRO NA SLUCHÁTKA	167
14.5.1	Postup práce na pouzdře.....	168
14.6	SVĚTELNÉ STÍNIDLO	170
14.6.1	Proces práce na světelném stínidlu	170
14.7	SADA VZORKŮ BAKTERIÁLNÍ CELULÓZY	172
IV	PROJEKTOVÁ ČÁST	174
15	PRODUKTOVÁ FOTODOKUMENTACE	175
16	KONCEPTUÁLNÍ FOTODOKUMENTACE.....	197
	ZÁVĚR	209
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	212
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ K OBRÁZKŮM.....	219
	SEZNAM OBRÁZKŮ	221
	SEZNAM TABULEK.....	226
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	227
	SEZNAM PŘÍLOH.....	228

ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá optimalizací materiálu z bakteriální celulózy především pro segment textilního průmyslu, který svým působením patří mezi odvětví s největší zátěží pro planetu. Od dob, kdy lidé přirozeně usilovali o maximální využití surovin beze zbytku, se poměry ve výrobě či spotřebě změnily. Čelíme době, ve které módní trendy nejsou vázány pouze na roční období a nadprodukce oděvů se stává běžnou záležitostí. Zpracování odpadu, emise skleníkových plynů nebo čerpání vody a její znečištění představují každým rokem sílící problém. To je ovšem pouze vrchol ledovce, na jejímž spodku spočívají následky všech faktorů. Z tohoto důvodu se myšlenky výrobců a spotřebitelů čím dál více soustředí na udržitelné přístupy, směřující k ekologické odpovědnosti. S tím souvisí i vývoj nových technologií či materiálů, které mají za cíl šetrně zacházet s přírodními zdroji a minimalizovat negativní dopady na životní prostředí.

Teoretická část přibližuje problematiku udržitelnosti textilního průmyslu současnosti. První kapitola představuje možné alternativy udržitelných textilních materiálů, jejichž součástí je i samotná bakteriální celulóza. Ta se stává hlavním předmětem bakalářské práce, ve které je na ni pohlíženo z oblasti biochemie, obecné či textilní aplikace.

Druhá polovina teoretické části se zaměřuje především na symbiotický útvar složený z různých druhů bakterií a kvasinek – bakteriální celulózu. Obsahuje informace o bakteriálním biofilmu, včetně jejího složení, vlastností a procesu kultivace. Kapitola také uvádí příklady aplikace bakteriální celulózy ve vybraných oborech, které ukazují její široké možnosti využití. Práce se rovněž věnuje potenciálu bakteriální buničiny v oděvním průmyslu a oděvních firmách, které tento materiál využívají ve své produkci. Svým přínosem se práce snaží nastínit možné vize pro uplatnění konceptu *biocouture* v budoucnosti.

Experimentální část obsahuje osobní zkušenosti autorky získané během optimalizace bakteriální celulózy v nekvalifikovaných podmínkách. Tato část pokrývá celkový proces výroby bakteriálního materiálu, počínaje kultivačním médiem a konče možnostmi povrchových či estetických úprav. Reflektuje proces výroby a soustředí se dosažitelné vlastnosti biofilmu.

Praktická část vychází z poznatků získaných experimentem. Cílem je zhotovení produktové řady, z materiálu bakteriální celulóza, doprovázenou souborem vzorků vzniklých při objevování možností daného materiálu. Tato bakalářská práce nepředstavuje

odborný výzkum. Bakteriální pelikula, vypěstovaná v nekvalifikovaných podmínkách, byla testována v laboratorním prostředí na základě normy ČSN EN ISO/IEC 17025:2018, za účelem zjištění vlastností pro textilní průmysl. Materiál z bakteriální celulózy je posuzován z perspektivy oděvního designu a hledá uplatnění především pro textilní odvětví.

I TEORETICKÁ ČÁST

1 PŘÍKLADY ALTERNATIVNÍCH MOŽNOSTÍ UDRŽITELNÝCH TEXTILNÍCH MATERIÁLŮ

V oblasti materiálového vývoje neustále přibývají nové druhy materiálů založené na textilním základě.¹ Aktuální snahy v oděvním průmyslu se zaměřují na dosažení rovnováhy mezi ekonomickým rozvojem a ochranou životního prostředí.² K identifikaci environmentálních dopadů tohoto odvětví se využívají vědecké metody, které hodnotí celkový výrobní proces. Mezi aspekty ovlivňujícími výsledky měření patří řada kritérií, jako je získání a nakládání se vstupními surovinami, spotřeba vody a energií nebo konečné zpracování produktu a minimalizace odpadu.³

V následující kapitole jsou představeny vybrané alternativní udržitelné textilní materiály, které mají potenciál nahradit materiály na ropné bázi nebo suroviny získávané neudržitelnými metodami. Na základě informací uvedených níže lze nabýt tvrzení, že tyto vybrané textilní produkty spojuje využití obnovitelných zdrojů nebo odpadních produktů, jejich dobrá rozložitelnost v přírodě, inovativní přístup k získávání surovin a široké možnosti uplatnění. Zároveň se však liší původem vstupních surovin, technologickými procesy výroby a fyzikálními vlastnostmi. Popis jednotlivých materiálů je uveden v následujících podkapitolách.

1.1 SeaCell

Textilní průmysl přináší podstatný globální ekonomický přínos, nicméně je také spojen s výrazným čerpáním přírodních rezerv. Do popředí se proto dostávají materiály na bázi *lignocelulózy*⁴, které již ve fázi své výroby zodpovědně nakládají se vstupními surovinami a představují udržitelnou alternativu k neobnovitelným zdrojům.⁵ S rostoucí populací zároveň stoupá i poptávka po textilní produkci, což zvyšuje u vláken z lesní biomasy spotřebu dřeva a štěpek, které se získávají štěpením větví, kmenů nebo dřevního odpadu. Podle A. Maarit, v článku *Wood-based textile fibre market as part of the global forest-based bioeconomy*, dřevní buničina významně přispívá k ekologicky šetrným procesům a odporuje nezávislosti na neobnovitelných zdrojích. Současně se však objevují nová řešení, která by

¹ ŠKOPOVÁ, *Textil a experiment*, 2017.

² TARGOSZ-WRONA, *Ecolabelling as a Confirmation of the Application of Sustainable Materials in Textiles*.

³ MUTHU, *Sustainability in the Textile Industry*, 2017.

⁴ Stěna rostlinné buňky biomasy skládající se zejména z celulózy, hemicelulózy a ligninu.

⁵ SANDIN et al., *Moving down the cause-effect chain of water and land use impacts: An LCA case study of textile fibres*, 2013.

mohla do budoucna zmírnit tlak na spotřebu dřevní suroviny v rámci lesního biohospodářství.⁶ Řasy, které volně rostou na dně oceánů a moří, se svým obsahem celulózy stávají potencionální surovinou pro všestranné využití, spojenou s ekonomicky udržitelnými metodami.⁷

První pokusy výroby textilií z *makrořas*⁸ se objevily již v první polovině 20. století. Ovšem snahy o vytvoření rovnoměrné příze tehdy selhaly. Myšlenka využití mořské flóry pro zhotovení vláken byla i přes počáteční neúspěchy zachována. Opět získala pozornost až o téměř sto let později, kdy technologie pokročily. Díky svým vlastnostem se materiál postupně uplatnil zejména v lékařství, kde byl využíván například jako bandážní prostředek.⁹ V roce 2005 byl tento inovativní produkt z mořských řas patentován pod názvem SeaCell™LT společnostmi Smartfiber AG a Lenzing AG.¹⁰



Obrázek 1 Proces sklizně mořských řas za pomoci speciálního stroje¹¹

SeaCell je celulózové vlákno, které obsahuje mořské řasy rodu *Ascophyllum nodosum*, rostoucí v chladných vodách severozápadního pobřeží Islandu.¹² Každé čtyři roky se tyto fjordské plantáže mořských lesů sklízí, přičemž je zachována regenerační část rostliny.

⁶ KALLIO, *Wood-based textile fibre market as part of the global forest-based bioeconomy*, 2021.

⁷ CENKKUT GÜLTEKIN, *Bleaching of SeaCell® active fabrics with hydrogen peroxide*, 2016.

⁸ Skupinu fotosyntetických mořských organismů.

⁹ GREGERSEN et al., *A feasibility study on Blue Fashion using cultivated seaweed for textile production: TaraTekstile*, 2019.

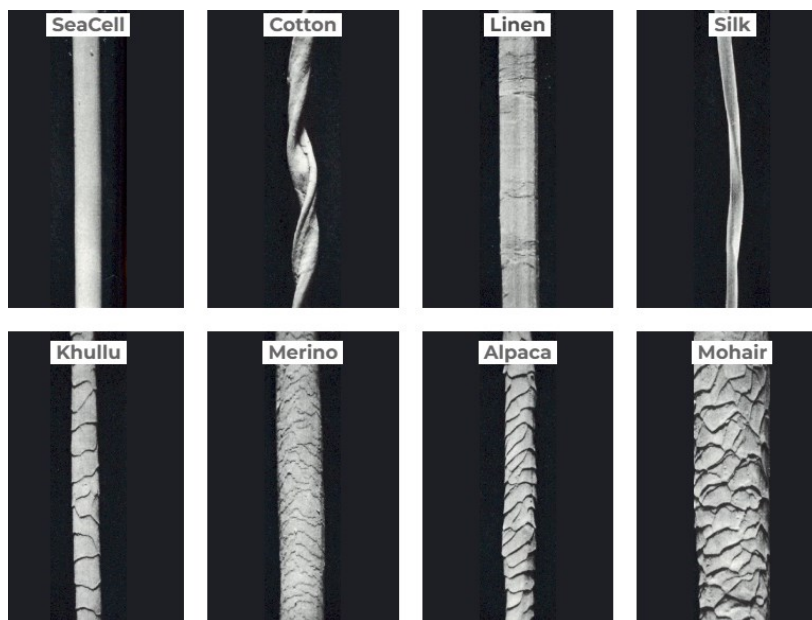
¹⁰ SeaCell™LT – *The power of seaweed in a fiber*, c2024.

¹¹ SeaCell: *The Ultimate Guide*, c2025.

¹² SeaCell: *what makes these fibres so special?*, 2021.

Tento postup chrání neobnovitelný spodní segment řas a zároveň podporuje jejich opětovný růst.¹³ Ačkoli tato mořská vegetace obsahuje pouze omezené množství celulózy, je možné vyrobit textilní materiál zcela z tohoto přírodního zdroje. Daný přístup by ovšem byl neefektivní a neudržitelný. Proto se při výrobě funkčního vlákna kombinují řasy s dřevní buničinou. Výrobní proces je následně podobný výrobě Lyocellu, protože v obou případech se využívá technologie uzavřeného cyklu. Dalším důvodem pro kombinaci makrořas ve směsi s dalšími druhy buničiny je obohacení materiálu o nové vlastnosti, které zvyšují jeho funkčnost a zajišťují širší okruh aplikace.

Díky hladké struktuře vlákna je SeaCell obzvláště vhodný pro citlivou pokožku, a to zejména ve srovnání s tradičními přírodními materiály, jako jsou vlna nebo bavlna. Jeho antibakteriální vlastnosti účinně napomáhají odvádět pot a regulovat vlhkost. Vláknem navíc vyniká výjimečnou pevností, což jej řadí mezi nejodolnější organické textilie. „*SeaCell je v suchém stavu dvakrát pevnější než bavlna nebo viskóza, a ve vlhkém stavu je pevnější dokonce třikrát.*”¹⁴ Na základě přínosných vlastností tohoto patentovaného vlákna, šetrné sklizni a ekologickému výrobnímu procesu získal tento materiál certifikaci kvality OEKO - Tex Standard 100 a ocenění EU Ecolabel.¹⁵



Obrázek 2 Porovnání struktury vlákna SeaCell s tradičními druhy textilních materiálů¹⁶

¹³ *Unlock the wonders of the ocean.*, c2024.

¹⁴ „*SeaCell is also 2x stronger than cotton and viscose while dry and 3x stronger while wet.*” *SeaCell: The Ultimate Guide*, 2024.

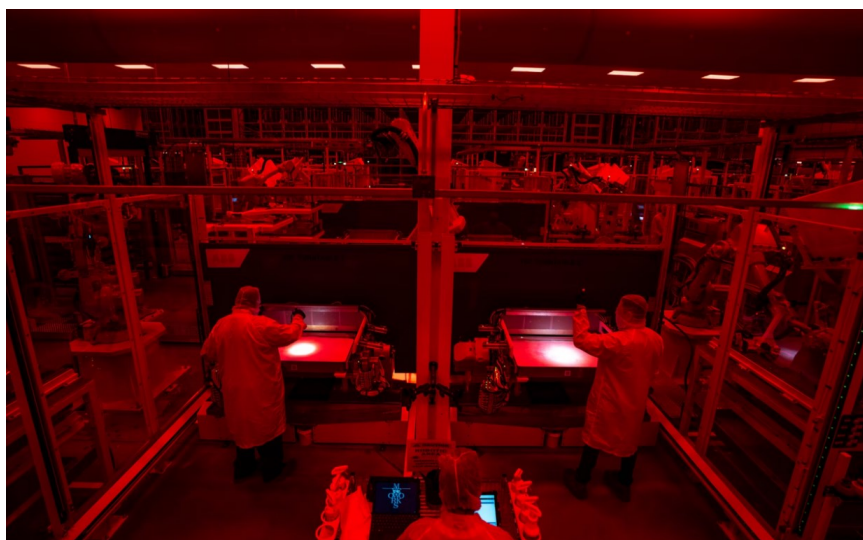
¹⁵ *SeaCell™LT – The power of seaweed in a fiber*, c2024.

¹⁶ *SeaCell: The Ultimate Guide*, c2025.

1.2 Mycelium

S ohledem na aktuálnost cirkulární ekonomiky a s ní souvisejícího oběhového hospodářství přichází na trh poptávka po inovativních materiálech, které podporují udržitelné a ekologicky šetrné způsoby výroby a spotřeby. Perspektivním řešením se stává potenciál houbového *mycelia*¹⁷, které otevírá nové možnosti všestranného využití.¹⁸ Uplatnění této biologické suroviny sahá do oblasti obalových materiálů, textilního průmyslu, obuvnictví i architektury.¹⁹

Houbové vlákno lze rozdělit do dvou kategorií: PMM (*Pure Mycelial Material*²⁰) a CMM (*Composite Mycelium Material*²¹). Oproti CMM, jenž obsahuje zbytky substrátu, PMM tvoří čistou biomasou mycelia. Díky příznivé kompatibilitě lze za pomoci pevné fermentace danou síť tenkých vláken vypěstovat na různých médiích. K produkci se využívá například zemědělský nebo lesnický odpad, který se *inokuluje*²². Jakmile mycelium vytvoří jednotnou hmotu, složenou převážně z plísně, růst je zastaven procesem sušení.²³ Při použití metody kapalného média se segment mycelia smíchá s kapalinou, která obsahuje živiny nezbytné pro růst, a proces vytváření houbové sítě začne ihned po umístění exempláře do bio kontejneru.²⁴



Obrázek 3 Kontrola mycelia v čisté místnosti MycoWorks²⁵

¹⁷ Vegetativní část houby tvořená vlákny

¹⁸ VANDELOOK et al., *Current state and future prospects of pure mycelium materials*, 2021.

¹⁹ *Tangled Tales of Mycelium and Architecture: Learning From Failure*, 2022.

²⁰ Překlad: Čistý myceliální materiál

²¹ Překlad: Kompozitní myceliální materiál

²² Záměrné naočkování

²³ VANDELOOK et al., *Current state and future prospects of pure mycelium materials*, 2021.

²⁴ KIM, *Growing the future with mycelium: Production and applications of mycelium materials*, 2022.

²⁵ GREEN, *Mushroom leather? The future of fashion is closer than you think*, 2024.

Mycelium má vliv na textilní průmysl zejména ve své čisté podobě (PMM). Za pomoci modifikace lze měkký charakter materiálu transformovat do pevné formy, svým vzhledem připomínající useň. „V současnosti existují tři způsoby výroby myceliové kůže (každý vyvinutý jinou společností): MyoTech Lab, Bolt Threads (od Ecovative LLC) a Mycoworks.”²⁶ Kim v článku *Growing the future with mycelium* nadále uvádí výhody tohoto materiálu, mezi které patří příznivá ohnivzdornost, stálobarevnost a odolnost proti oděru. Ve srovnání s živočišnou kůží je vstupní surovina lehčí, avšak pružnost zůstává srovnatelná.²⁷ Tento textilní materiál, který se svými vlastnostmi podobá živočišné kůži, představuje vhodnou alternativu nejen z hlediska funkčnosti, ale především díky svému ohleduplnému přístupu k životnímu prostředí. Mycelium, biologicky odbouratelný materiál z obnovitelných zdrojů, nabízí pro textilní průmysl udržitelnou alternativu, která napomáhá snižovat ekologickou stopu vstupních surovin.²⁸



Obrázek 4 Patentovaný materiál z mycelia od společnosti Mycoworks²⁹

1.3 Orange Fiber

Orange Fiber lze doslovně přeložit z anglického jazyka jako pomerančové vlákno. Dané označení nepředstavuje pouze typ textilie, ale i koncept zaměřený na efektivní zpracování

²⁶ „There are currently three ways to make mycelium leather (each developed by a different company): MyoTech Lab, Bolt Threads (from Ecovative LLC), and Mycoworks.” KIM, *Growing the future with mycelium: Production and applications of mycelium materials*, 2022.

²⁷ Tamtéž

²⁸ MUTHU a RATHINAMOORTHY, *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles*, 2021.

²⁹ GREEN, *Mushroom leather? The future of fashion is closer than you think*, 2024.

odpadu vzniklého z pomerančových slupek. Potenciál k ekologické odpovědnosti populace se tak nachází i ve zdánlivě nevyužitelných zbytcích potravinářského průmyslu. Možná právě kvůli dlouhodobému přehlížení problému, kdy citrusové slupky tvořily ročně přes 700 000 tun odpadu, přišla Adriana Santanocito s řešením, které nabídlo jejich nové možnosti využití. V roce 2012 byl započat projekt, jenž uvedl nový druh textilního materiálu na trh.³⁰

Mahapatra ve svém článku *Processing of Orange Fibres in Textile Industries* označuje Orange Fiber za první patentovaný textilní materiál, který je vytvořený z vedlejších produktů citrusové šťávy. Základní surovinou k tvorbě plošné či délkové textilie je citrusová celulóza, jejíž získání se provádí patentovanou metodou *Pastazzo* pro její extrakci z biologického odpadu.³¹ Tato fáze výroby probíhá v Itálii. Odkud extrahovaná celulóza ve formě prášku putuje do Španělska, kde se z ní vyrábí příze. Závěrečný krok výrobního procesu probíhá znovu v Itálii, kde se tkaním příze vytváří plošná textilie.³²



Obrázek 5 Ukázka pomerančového vlákna od společností TENCEL™ Limited Edition x Orange Fiber³³

Výsledná tkanina může nabývat různých podob. Pokud jde o čistý produkt, bez příměs, vyrobený ze 100 % citrusového odpadu, svými atributy, jako jsou kvalita, měkkost, lesk

³⁰ AISHWARIYA, *Textiles from orange peel waste*, 2020.

³¹ MAHAPATRA, *Processing of orange fibres in textile industries*, 2020.

³² TORRISI et al., *Industrial Symbiosis in The Production of Sustainable Textiles: Orange Fiber S.R.L.*, 2022.

³³ TENCEL™ & Orange Fiber, c2025.

a barva připomíná hedvábí. Zajímavostí je aplikovaná technologie, která napomáhá k udržení vlastností citrusových vláken až do 20 vyprání. Jedná se o *nanotechnologie*³⁴ a *mikrokapsulace*, které svým působením nezpůsobují ekologickou neodbouratelnost materiálu. Funkčnost této biologické textilie není negativně ovlivněna ani příměsemi ve formě bavlny, hedvábí nebo ananasových vláken. Stejnojmenná společnost Orange Fiber na trhu aktuálně nabízí tři druhy tkanin z citrusové celulózy: krajkové hedvábí, satén v krémové barvě a viskózu.³⁵



Obrázek 6 Orange Fiber – příze³⁶

Jedním z benefitů citrusového celulózového vlákna pro lidský organismus je jeho hydratační schopnost. Aishwariya ve své práci *Textiles from Orange Peel Waste* zmiňuje příznivý vliv přírodních olejů z pomerančové kůry na pokožku, které ani po procesu extrakce z vláken nezmizí.³⁷ Výhodou je také možnost materiál barvit nebo potiskovat.³⁸ Orange Fiber je dobrým příkladem, jak je možné nalézt potenciál i ve věcech, které se mohou zdát bezvýchodné. Narozdíl od současných uměle vytvořených vláken z celulózy, přidanou

³⁴ Oblast vědy, výzkumu nebo průmyslu, která se cíleně věnuje výrobě a manipulaci s jednotlivými atomy nebo molekulami hmoty tak, aby vznikly materiály s netradiční strukturou a vlastnostmi.

³⁵ AISHWARIYA, *Textiles from orange peel waste*, 2020.

³⁶ SACHIDHANANDHAM, *Textiles from orange peel waste*, 2020.

³⁷ AISHWARIYA, *Textiles from orange peel waste*, 2020.

³⁸ MAHAPATRA, *Processing of orange fibres in textile industries*, 2020.

hodnotu tohoto materiálu tvoří proměna odpadu v hlavní spotřební produkt, který je i přes výrobní proces stále ekologicky nezávadný.³⁹

1.4 Bakteriální celulóza

Podle zdroje *Electrotransformation of Bacteria*, BC představuje nejběžněji se vyskytující přírodní polymer na Zemi.⁴⁰ Na základě tvrzení Soon Mo Choi, buničina patří k nejlépe biologicky odbouratelným materiálům na zemi. Biomasu dokáže produkovat nespočet živých organismů od bakterií po rostliny. Mimo rostlinnou celulózu, kterou lze získat ze dřeva, bavlny nebo bambusu, lze danou složku vyprodukovat i za pomoci *syntetizace*⁴¹ různých druhů bakterií, včetně rodu *Acetobacter xylinum*.⁴² Tato kapitola a samotná bakalářská práce je zaměřena na daný rod bakterií, které vylučují celulózu prostřednictvím metabolických procesů glukózy, dále také na příslušné druhy kvasinek, které danou činnost podporují.

V posledních letech se s pojmem *vegan leather*⁴³ můžeme setkat častěji, než tomu bylo dříve. Důvodem jsou snahy o hledání dostupných alternativ k různým způsobům zpracování živočišné kůže, kvůli morálním, sociálním či ekologickým otázkám. Podle Mokashi za tímto označením stojí i fakt, že se nejedná o materiál získaný ze zvířete, ale o její alternativu složenou ze symbiotické kultury bakterií a kvasinek podle anglické zkratky *SCOBY*⁴⁴. Oproti tradičnímu získávání suroviny v kožedělném průmyslu během výroby nedochází k znečištění či produkci odpadu.⁴⁵ Ani samotný průběh zpracování surové kůže, narozdíl od bakteriální celulózy (BC), není bez rizik. Muthu ve své knize *Bacterial Cellulose* uvádí reálné hrozby a negativní dopady spojené s výrobním procesem pro pracovníky. Zmiňuje například nedostatečná bezpečnostní opatření, která vedou k poškození lidské kůže, očí a respiračním nemocem. Nemalým varováním je i samotná manipulace s různými chemikáliemi, jako je například chromová sůl, která způsobuje nejen kožní otoky nebo záněty, ale může započít i rozvoj leukémie.⁴⁶

Díky specifikám bakteriální celulózy lze tvrdit, že podporuje snahy o ekologicky šetrný rozvoj textilního průmyslu budoucnosti. Je ohleduplná k životnímu prostředí, neškodná

³⁹ Tamtéž

⁴⁰ TEISSIE, *Electrotransformation of Bacteria*, 2000.

⁴¹ Proces, při kterém se z jednodušších látek vytvářejí složitější sloučeniny nebo struktury.

⁴² CHOI et al., *Bacterial Cellulose and Its Application*, 2022.

⁴³ Veganská kůže

⁴⁴ Symbiotic culture of bacteria and yeast

⁴⁵ MOKASHI a HARALE, *Vegan Leather from Kombucha Tea and SCOBY*, 2022.

⁴⁶ MUTHU a RATHINAMOORTHY, *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles*, 2021.

pro lidské zdraví a je vyrobena z obnovitelných zdrojů. Jednou z klíčových vlastností je nezávadný výrobní proces bez nežádoucích příměsí, nebo chemikálií.⁴⁷ „Biocelulóza má jedinečné vlastnosti, které z ní činí potenciální udržitelný zdroj, mezi něž patří biokompatibilita, biologická rozložitelnost, ultra jemná molekulární strukturu, požadovaná mechanická pevnost, netoxičita a její čistota a neutralita.“⁴⁸



Obrázek 7 Vzorky materiálu bakteriální celulóza ze studia Lionne Van Deursen⁴⁹

⁴⁷ Tamtéž

⁴⁸ „Biocellulose possesses unique features that make as a potential sustainable source, which are biocompatibility, biodegradability, ultra-fine molecular structure, desired mechanical strength, non-toxic nature and its purity and neutrality.“ MUTHU a RATHINAMOORTHY, *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles*, 2021, p. 13.

⁴⁹ VAN DEURSEN, *BIOTIC*, c2025.

2 BAKTERIÁLNÍ CELULÓZA

A. Heßmann-Kosaris uvádí, že bakteriální celulóza byla známá již v historii asijských civilizací, zejména na území Číny během vlády dynastie Čchin (206 př. n. l. – 220 n. l.). V této době byla identifikována jako vedlejší produkt vznikající při fermentačním procesu čaje kombucha, který byl součástí tradiční čínské kultury.⁵⁰ První vědecká analýza BC byla uskutečněna Adrianem Brownem v roce 1886, během výzkumu bakterie *Bacterium aceti*. Při této práci bylo pozorováno kvasné médium a následný vznik pevné hmoty na povrchu kapalina, která byla označována jako "octová rostlina" nebo "octová matka". Tato dosud neprozkoumaná struktura byla na základě získaných informací využívána v potravinářském průmyslu při výrobě octu. Až po následných vědeckých analýzách byla bakteriální hmota identifikována jako celulóza. Mikroorganismus, který ji produkuje, byl pojmenován *Bacterium xylinum*. Jedná se o bakterii, která syntetizuje celulózu ve formě vláknitého materiálu. O téměř půl století později, v roce 1925, bylo publikováno druhé vydání příručky *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, která uvádí pojmenování tohoto homogenního útvaru jako *Acetobacter xylinum*. Tento název byl oficiálně uznán na základě pravidel stanovených Mezinárodním kódem nomenklatury bakterií. V současnosti je bakteriální celulóza produkována bakteriemi zařazenými mezi aerobní gramnegativní organismy, konkrétně do podskupiny *Acetobacter aceti*.⁵¹

2.1 Složení bakteriální celulózy

R. Chawla obecně popisuje bakteriální vlákna celulózového původu jako *exopolysacharid*, který tvoří strukturální element buněčné stěny, přičemž jeho molekulové řetězce jsou složeny z cukerných jednotek, zejména glukózy. Exopolysacharidy představují dlouhé řetězce sacharidů vylučované mikroorganismy do okolního prostředí, kde vytvářejí ochrannou a strukturální *matrici*.^{52,53} Tento sacharidový polymer má stejnou chemickou strukturu a molekulový vzorec jako rostlinná celulóza, avšak liší se ve svých fyzikálních vlastnostech. Jak nadále uvádí S. Muthu ve své knize *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles*, bakteriální celulóza má nižší stupeň polymerace než rostlinná, a to až sto krát. Molekulární struktury mikrobiální celulózy se navíc shlukují do specifické

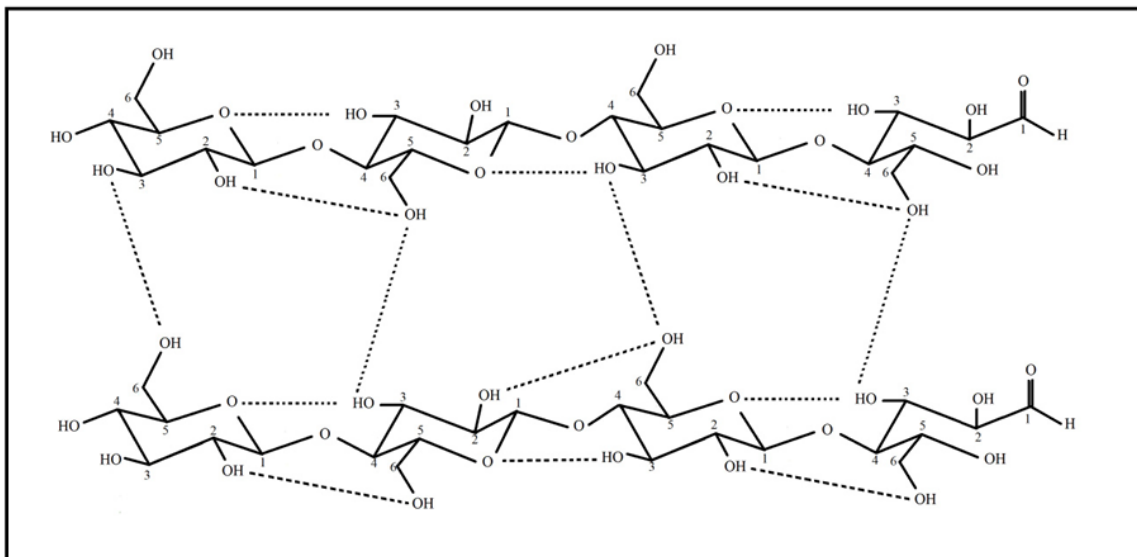
⁵⁰ HESSMANN – KOSARIS a KRAMLOVÁ, *Zázračná kombucha: Prastaré léčivé prostředky: [energetický nápoj s jemnou léčivou silou]*, 2002, s. 20.

⁵¹ LIN et al., *Biosynthesis, production and applications of bacterial cellulose*, 2013.

⁵² Podpůrná síť nebo rámec zajišťující stabilitu a organizaci prvků v systému či materiálu.

⁵³ CHAWLA et al., *Microbial Cellulose: Fermentative Production and Applications*, 2008.

formy, přičemž dochází k uspořádání těchto řetězců do rotace o 180° , svým charakterem připomínající stuhu. Tento jev značně ovlivňuje vlastnosti buničitého filmu, což se projevuje například zvýšenou absorpcí nebo pevností.⁵⁴



Obrázek 8 Inter – a intra – molekulární vodíkové vazby bakteriální celulózy⁵⁵

Celulózu je schopno syntetizovat několik bakteriálních kmenů, mezi něž patří například *Salmonella*, *Aerobacter* či *Azotobacter*. Nejvyšší produkční efektivitu však vykazuje kmen bakterie *Acetobacter xylinum*, který je považován za nejúčinnější při biosyntéze⁵⁶ bakteriální celulózy. Tento kmen produkuje celulózu ve dvou formách.⁵⁷ „První struktura je celulóza I, což je krystaličtější forma, která vzniká uspořádáním fibril⁵⁸ do podoby stuhy během výroby. Druhá struktura je celulóza II, což je termodynamicky stabilní amorfni polymer.“⁵⁹ Při statické kultivaci vytváří bakteriální celulóza trojrozměrnou strukturu, která obsahuje významnou část kultivačního média a vody, což je důsledkem vysoké pórovitosti tohoto biomateriálu.⁶⁰ Tento pevný bakteriální komplex také slouží jako ochranný mechanismus, který zajišťuje stabilní prostředí nezbytné pro metabolické procesy mikroorganismů během fermentace. Chrání živný roztok před kontaminací nežádoucími

⁵⁴ MUTHU a RATHINAMOORTHY, *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles*, 2021.

⁵⁵ ESA et al., *Overview of Bacterial Cellulose Production and Application*, 2014.

⁵⁶ Proces, při kterém organismy vytvářejí složité molekuly z jednodušších látek.

⁵⁷ MUTHU a RATHINAMOORTHY, *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles*, 2021.

⁵⁸ Tenká, vláknitá vlákna tvořená uspořádáním molekul celulózy.

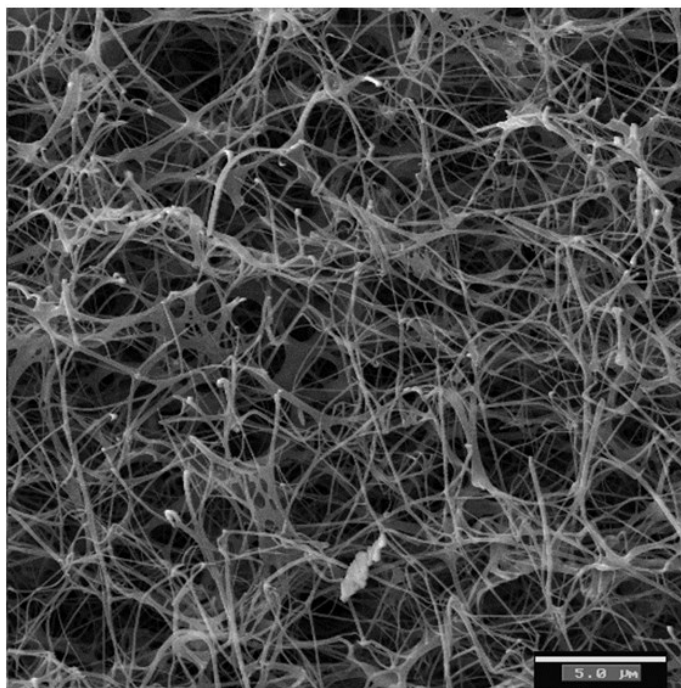
⁵⁹ „The first structure is cellulose I, more crystalline one which is created by the ribbon-like arrangement of fibrils during production. The second structure is cellulose II, and this is a thermo dynamically stable amorphous polymer.“ Tamtéž, p.22.

⁶⁰ HUANG et al., *Recent advances in bacterial cellulose*, 2014.

mikroorganismy a pomáhá udržovat vlhkost, čímž snižuje riziko vysychání. Díky těmto vlastnostem poskytuje bakteriím ideální podmínky pro růst a produkci.⁶¹

2.2 Charakteristika a vlastnosti

Bakteriální nanocelulóza (BNC) se oproti jiným přírodním polymerům vyznačuje tím, že je produkována přímo ve formě vysoce čistého materiálu. To znamená, že na rozdíl od celulózy rostlinného původu neobsahuje látky jako *lignin*, *hemicelulózu* nebo *pektin*, které jsou nezbytné pro funkční strukturu a vitalitu rostlin. Tyto složky však u bakteriálního materiálu nejsou potřebné a jejich přítomnost by negativně ovlivnila výsledné vlastnosti. V případě rostlinné celulózy je navíc nutné tyto látky složitě odstraňovat, což proces výroby značně komplikuje. Díky tomu není potřeba BNC podrobovat složitým procesům extrakce a čištění. Jeden z hlavních rozdílů bakteriální a rostlinné celulózy také spočívá v krystalickém uspořádání vláken do trojrozměrné pavučinovité struktury. Tento charakteristický rys významně zvyšuje mechanickou pevnost materiálu, zlepšuje jeho odolnost vůči napětí a umožňuje lepší zadržování vody než u běžných biopolymerů.⁶²



Obrázek 9 SEM (skenovací elektronová mikroskopie) bakteriální celulózy zobrazující souvislou 3D síť vláken⁶³

⁶¹ MOHITE a PATIL, *A novel biomaterial: bacterial cellulose and its new era applications*, 2014.

⁶² GREGORY et al., *Bacterial cellulose: A smart biomaterial with diverse applications*, 2021.

⁶³ TORRES et al., *Biocompatibility of Bacterial Cellulose Based Biomaterials*, 2012.

Podle G. Torrese, autora článku *Biocompatibility of Bacterial Cellulose Based Biomaterials*, má bakteriální celulóza v nesusušeném stavu gelovitou strukturu. Po vysušení je obtížné obnovit její původní konzistenci, jelikož dochází k narušení mezimolekulárních vazeb. Tento přírodní bakteriální polymer se také vykazuje vlastností zvanou *reverzibilní změkčení napětí*. To znamená, že při mechanickém zatížení v hydratovaném stavu, jako je ohýbání nebo natahování, se její vláknitá síť dokáže přizpůsobit. Po odstranění zátěže se materiál vrátí do původní pevnosti a struktury bez trvalého poškození. Tato schopnost funguje jako ochranný mechanismus, který přispívá k odolnosti materiálu.

Důležitým rysem bakteriální celulózy je nadále schopnost formování třírozměrné struktury vláken, což umožňuje kontrolu její architektonické optické sítě již během výrobního procesu. Kromě toho lze během kultivace přidávat různé materiály do kultivačního média, což vede k vytvoření *kompozitů*. Tyto kompozity mohou zlepšit vlastnosti bakteriální celulózy a poskytují materiálu nové, vylepšené schopnosti, jako je například vodivost nebo flexibilita. Mezi klíčovou vlastností bakteriální celulózy je nadále její *biokompatibilita*. Což znamená, že materiál může být v kontaktu s živým organismem bez vyvolání škodlivých reakcí nebo odmítnutí. Dané tvrzení je podpořeno i skutečností, že bakteriální celulóza obsahuje složky, které vykazují podobnost s kolagenem.⁶⁴ Díky těmto vlastnostem má bakteriální celulóza široký potenciál pro uplatnění v různých oblastech, jako je medicína, potravinářství či sektor ekologických inovací zaměřený na ochranu životního prostředí a udržitelnost.⁶⁵

2.3 Kultivace BC

Kultivace je funkční mechanismus, při kterém se cíleně podporuje růst a množení organismů vytvořením optimálních podmínek v jejich prostředí.⁶⁶ „Obecně platí, že mezi faktory ovlivňující výrobu celulózy patří především růstové médium, podmínky životního prostředí a tvorba vedlejších produktů.“⁶⁷ Vysoký obsah uhlíku v kultivačním médiu je jedním z hlavních aspektů, které pozitivně ovlivňují produkci bakteriální celulózy. Tento obsah je možné zvýšit přidáním glukózy nebo sacharózy, což urychluje tvorbu polymerů. Glukóza má při pěstování bakteriální celulózy klíčovou roli, neboť slouží jako hlavní energetický

⁶⁴ TORRES et al., *Biocompatibility of Bacterial Cellulose Based Biomaterials*, 2012.

⁶⁵ ZHONG, *Industrial-Scale Production and Applications of Bacterial Cellulose*, 2020.

⁶⁶ CARROLL et al., *Cultivation of Microorganisms*, 2019.

⁶⁷ „In general, factors affecting cellulose production mainly include growth medium, environmental conditions and formation of byproducts.“ CHAWLA et al., *Microbial Cellulose: Fermentative Production and Applications*, 2008, p. 111.

zdroj pro mikroorganismy. Vyšší počáteční koncentrace glukózy ve fermentačním médiu poskytuje bakteriím více energie pro růst. Avšak, pokud je koncentrace glukózy příliš nadměrná, může to mít negativní vliv na produkci celulózy. Během fermentace totiž vzniká kyselina glukonová, která snižuje pH kultivačního média.⁶⁸ PH označuje míru kyselosti nebo zásaditosti prostředí a pohybuje se na stupnici od 0 do 14. Na této stupnici platí, že hodnota pH 7 je neutrální, hodnoty nižší než 7 označují kyselé prostředí, zatímco hodnoty vyšší než 7 znamenají prostředí zásadité.⁶⁹ Jakmile pH kultivačního média klesne, nebo stoupne, nad určitou úroveň, produkce celulózy se zpomalí, protože mikroorganismy špatně prosperují v kyselém prostředí. S. Muthu s kolegy optimalizovali prostředí s pH v rozmezí 4–6, což mělo obecně kladný vliv na prosperitu bakteriální kultury.⁷⁰ Na základě zdroje *Biosynthesis, Production and Applications of Bacterial Cellulose* od S. Lina lze dané tvrzení považovat za platné, protože autor specifikoval hodnotu pH v rozmezí 5–5,5 pro rod bakterií *Acetobacter xylinum*.⁷¹

Dalším aspektem ovlivňující optimální metabolické procesy bakterií patří teplota kultivačního média. Podle autora knihy, *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles*, S. Muthu se adekvátní teplota pohybuje v rozmezí 28–30 °C. Při odlišných hodnotách se metabolické přeměny glukózy zpomalují, nebo se dokonce mohou zcela zastavit. Další zdroj, *Overview of Bacterial Cellulose Production and Application*, však rozšiřuje dané rozmezí na 25–30 °C. R. Chawla a jeho kolegové v publikaci *Microbial Cellulose: Fermentative Production and Applications* se přiklánějí k původnímu tvrzení autora S. Muthu.⁷²

Klíčovou rolí v podpoře růstu bakteriální celulózy (BC) hraje složení a kvalita kultivačního média, zejména jeho obsah dusíku, který slouží jako zásadní zdroj přenosu živin. Za účelem identifikace optimálního substrátu bylo testováno široké spektrum čajových variant, které přirozeně vytvářejí vhodné podmínky pro rozvoj celulózy. Mezi zkoumanými médii, na nichž pracovali S. Muthu a jeho tým, se objevily černý čaj, zelený čaj, rooibos a corn silk tea.⁷³ Corn silk tea je sypaný čaj, který se získává primárně z jemných vláken vyskytujících se pod obalem kukuřicové slupky.⁷⁴ Z výsledků výzkumu

⁶⁸ CHAWLA et al., *Microbial Cellulose: Fermentative Production and Applications*, 2008.

⁶⁹ *What is pH?*, 2004.

⁷⁰ MUTHU a RATHINAMOORTHY, *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles*, 2021.

⁷¹ LIN et al., *Biosynthesis, production and applications of bacterial cellulose*, 2013.

⁷² CHAWLA et al., *Microbial Cellulose: Fermentative Production and Applications*, 2008, s. 114.

⁷³ MUTHU a RATHINAMOORTHY, *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles*, 2021, s. 42.

⁷⁴ DARDOUK et al., *Extraction of Corn silk and its applications in healing and cosmetics*, 2019, s. 5.

vyplynulo, že zelený čaj vykazoval lepší podporu růstu BC než jiné testované druhy čajů. Tato účinnost je přičítána jeho antioxidačním vlastnostem a schopnosti omezit vznik škodlivých buněk, které by mohly narušit proces produkce. Navíc zelený čaj přispěl k vyšší kvalitě výsledné celulózy, zejména díky zvýšení její pevnosti v tahu.⁷⁵ Podobné závěry prezentoval i Nguyen se svými kolegy, kteří zjistili, že při koncentraci 3 g/l zeleného čaje bylo dosaženo maximální produkce bakteriální pelikuly, konkrétně 3,34 g/l.⁷⁶ Podle publikace *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles* lze pro efektivní metabolické procesy využít nejen čajové substráty na bázi kombuchy, ale také alternativní zdroje, jako organický průmyslový odpad, kokosové mléko, rýžové slupky nebo ovocné šťávy.⁷⁷

Pro dosažení maximálního úspěchu v procesu fermentace za použití glukózy lze k zvýšení produkce posloužit například ethanol, známý jako technický líh. U bakterií rodu *Acetobacter xylinum* se ukázalo, že ethanol může produkci celulózy zvýšit až čtyřnásobně. Kromě toho použití alkoholu jako zdroje uhlíku umožňuje zabránit vzniku zmutovaných buněk, které nejsou schopny produkovat celulózu.⁷⁸ Neboť právě problematika vzniku buněk s genetickou odchylkou je vysoce diskutovanou překážkou během procesu syntézy. Podle vědeckého článku *Factors Affecting the Yield and Properties of Bacterial Cellulose* vede kontaminace média mutovanými buňkami k nevratnému narušení, což negativně ovlivňuje kvalitu a výtěžnost bakteriální celulózy. Krystynowicz s kolegy ve své studii nadále zpochybňují tvrzení, že přítomnost ethanolu zásadně ovlivňuje genetickou strukturu buněk produkujících BC. Na základě jejich pozorování je vliv ethanolu na genetické změny těchto buněk zanedbatelný a nevýznamný.⁷⁹ Výzkum provedený R. Chawlou a jeho kolegy v roce 2008 ukázal, že přidání kyseliny citrónové, *lignosulfonátu* a kyseliny octové do kultivačního média pozitivně ovlivňuje produkci bakteriální celulózy. Lignosulfonát pomáhá snížit tvorbu kyseliny glukonové, čímž podporuje růst bakterií. Kyselina citrónová a kyselina octová rovněž vedly k vyšší produkci celulózy na povrchu kapaliny. Dále do kultivačního média byla přidána tepelně zpracovaná melasa, která vedla ke dvojnásobnému zvýšení produkce. Tento výzkum potvrdil, že přidání melasy do kultivačního média je účinnější než přidání samotné glukózy. Prudký růst lze nadále podpořit přidáním vhodných vitamínů nebo výživy pro bakteriální kulturu. Během výzkumu

⁷⁵ MUTHU a RATHINAMOORTHY, *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles*, 2021.

⁷⁶ CHAWLA et al., *Microbial Cellulose: Fermentative Production and Applications*, 2008.

⁷⁷ MUTHU a RATHINAMOORTHY, *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles*, 2021.

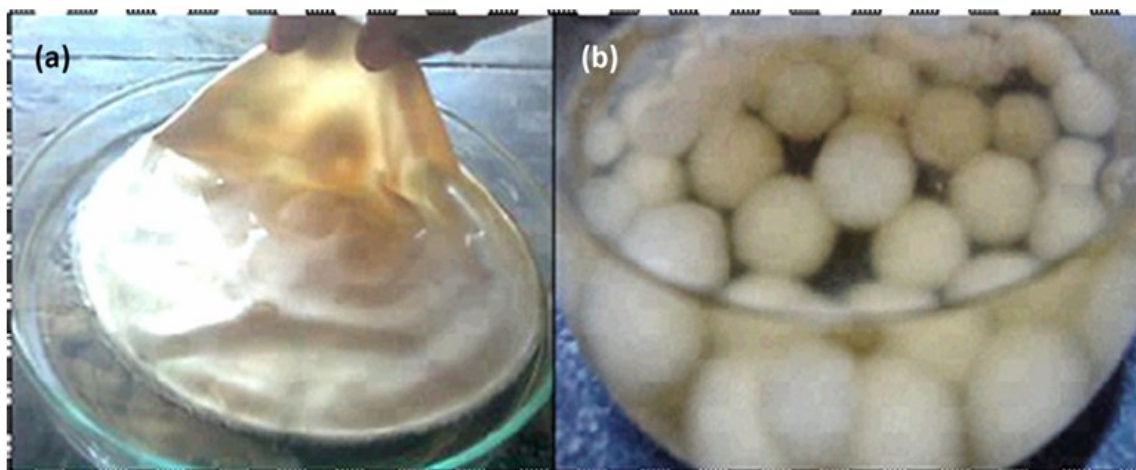
⁷⁸ CHAWLA et al., *Microbial Cellulose: Fermentative Production and Applications*, 2008.

⁷⁹ KRYSZYNOWICZ et al., *Factors affecting the yield and properties of bacterial cellulose*, 2002.

byl rovněž objeven zajímavý vztah mezi růstem bakteriální celulózy a stěnami kultivační nádoby. Při povrchové kultivaci se celulóza tvoří na hladině živného média a časem se dostává do kontaktu se stěnami nádoby. Když byl uvedený kontakt odstraněn, ukázalo se, že celulóza roste stálou rychlostí. Tento objev zdůrazňuje, že kontakt se stěnami nádoby může ovlivňovat růst celulózy, a klade význam na správné nastavení podmínek při pěstování.⁸⁰

2.4 Produkce BC

Podle zdroje *Industrial-Scale Production and Applications of Bacterial Cellulose* od CH. Zhonka, existují dva hlavní způsoby produkce bakteriální celulózy: statická a míchaná fermentace.⁸¹ Další zdroj, *Overview of Bacterial Cellulose Production and Application*, k těmto možnostem přidává ještě produkci agitační metodou. Hlavním rozdílem mezi těmito způsoby je výsledná forma celulózy.⁸² Zatímco při statické fermentaci se celulózová pelikula vytváří na povrchu živného média, díky uspořádání bakterií v jednotné vrstvě, míchaná metoda produkuje celulózu v podobě pelet a agitační představuje nepravidelný shluk granul nebo kuliček v kapalině.⁸³ Tento rozdíl je způsoben odlišnými podmínkami přístupu kyslíku a distribucí živin.⁸⁴ Volba produkční metody závisí na plánovaném uplatnění.⁸⁵



Obrázek 10 Produkce BC pomocí (a) statické a (b) míchací kultivace⁸⁶

⁸⁰ CHAWLA et al., *Microbial Cellulose: Fermentative Production and Applications*, 2008.

⁸¹ ZHONG, *Industrial-Scale Production and Applications of Bacterial Cellulose*, 2020.

⁸² ESA et al., *Overview of Bacterial Cellulose Production and Application*, 2014.

⁸³ KHAN a KAMAL, *Bacterial Cellulose: Synthesis, Production, and Applications*, 2022.

⁸⁴ ESA et al., *Overview of Bacterial Cellulose Production and Application*, 2014.

⁸⁵ ZHONG, *Industrial-Scale Production and Applications of Bacterial Cellulose*, 2020.

⁸⁶ MOHITE a PATIL, *A novel biomaterial: bacterial cellulose and its new era applications*, 2014.

Statická kultivace je oproti jiným, jak tvrdí V. Mohite, časově náročná a vyžaduje velký podíl lidské práce. Tento proces navíc vede k nízkému výsledku produkce.⁸⁷ Obecně při tomto druhu fermentace platí, že bakterie se rozmnožují a produkují celulózu přirozeně na povrchu média, přičemž během fermentace není potřeba aktivní manipulace s kapalinou.⁸⁸ Násada se ponoří do kapalného média a po stanovenou dobu se nechá růst, dokud nevyplní prostor mezi kultivačním médiem a vzdušným prostředím.⁸⁹ Kultivační proces probíhá v podmínkách zajišťujících dostatečný přístup kyslíku a omezenou expozici světla. Neboť pro efektivní syntézu celulózy je preferováno tmavé prostředí, které podporuje metabolické procesy bakterií.⁹⁰ R. Chawla nadále uvádí důležitost měření pH po dobu kultivace, kvůli vysokému výskytu kyselin v médiu.⁹¹ Výsledný produkt tvoří pevnou kontinuální třírozměrnou plochu.

Na druhé straně je míchaná forma specifická tím, že s kultivačním médiem je mícháno po celou dobu produkce, tedy při působení metabolických přeměn za vysokého přísunu kyslíku.⁹² Tento proces lze aplikovat ve speciálně navržených inkubátorech s třepačkou.⁹³ Míchaná kultivace BC svou produkcí dosahuje úrovně průmyslové výroby, avšak oproti statické metodě vykazuje vyšší riziko vzniku mutovaných buněk, které mohou ovlivnit efektivitu tvorby celulózy. Další rozdíl spočívá v absorpčních vlastnostech. Schopnost zadržovat vodu je v tomto režimu výrazně vyšší. Stejně jako při statické kultivaci vzniká prostorový útvar, avšak v odlišné podobě, která připomíná shluk bakteriálních struktur.⁹⁴

Zdroj *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles* uvádí výsledky pozorování, které slouží ke srovnání efektivity syntézy. Pracovníci Hestrina a Schramma provedli experiment, který ukázal, že tvorba bakteriálního biofilmu při statické kultivaci je výrazně vyšší než při míchané. Míchaná kultivace je však méně časově náročná díky efektivnímu přísunu kyslíku během fermentace, což umožňuje dosažení vyšší produkce za kratší čas. I přes nižší produkční rozsah je však statická kultivace preferována kvůli široké možnosti využití výsledného produktu.⁹⁵

⁸⁷ Tamtéž

⁸⁸ MUTHU a RATHINAMOORTHY, *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles*, 2021.

⁸⁹ LIN et al., *Biosynthesis, production and applications of bacterial cellulose*, 2013.

⁹⁰ MUTHU a RATHINAMOORTHY, *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles*, 2021.

⁹¹ CHAWLA et al., *Microbial Cellulose: Fermentative Production and Applications*, 2008.

⁹² MUTHU a RATHINAMOORTHY, *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles*, 2021.

⁹³ KHAN a KAMAL, *Bacterial Cellulose: Synthesis, Production, and Applications*, 2021.

⁹⁴ ZHONG, *Industrial-Scale Production and Applications of Bacterial Cellulose*, 2020.

⁹⁵ MUTHU a RATHINAMOORTHY, *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles*, 2021.

Pro docílení uspokojivých výsledků syntézy byl nadále vyvinut speciální vzduchový reaktor (*airlift reactor*), který umožňuje fermentační procesy bakteriím kmene *G. Xylinus* míchanou metodou. Benefitem je plynulá výroba bez výpadku produkce. Navíc se zde nabízí aktivní využití potravinových zbytků, jako zdroje sacharidů, pro jeho funkci.⁹⁶ Tato technologie však neumožňuje výrobu bakteriální celulózy ve formě pelikul. Potenciál bioreaktorů nebyl doposud plně rozvinut a jejich funkční možnosti se neustále zdokonalují. Tyto inovace směřují k produkci bakteriální celulózy srovnatelné kvality se statickou kultivací, avšak s podstatně nižší časovou náročností.⁹⁷ Dalším příkladem biologického reaktoru je aerosolový typ. Systém využívá speciálně navrženou kád' se silikonovou membránou na dně, která umožňuje efektivní průchod kyslíku z obou stran kultivačního prostředí. Tato metoda je navržena pro statickou kultivaci, přičemž výsledným produkt vyniká vyšší mechanickou pevností, čímž rozšiřuje rámec uplatnitelnosti BC.⁹⁸

2.5 Sklizeň a uchování

Čas sklizně a způsob čištění bakteriální celulózy se přizpůsobují konkrétním požadavkům, které vycházejí z plánovaného využití ve specifických oborech, zvolených metod fermentace či typu kultivačního média. Moreno-Díaz a jeho kolegové popisují obecný postup čištění BC při procesu fermentace pomocí potravinářských zbytků. Bakteriální pelikula se sklízí z kultivačního média po dosažení požadované tloušťky. Doba růstu se v tomto případě přerušuje po 3–4 týdnech, přičemž dosahuje optimální tloušťky (přibližně 1 cm). Po sklizni struktura podstupuje proces čištění, jehož cílem je eliminace zbytkové bakteriální aktivity a odstranění nepříjemného zápachu, což se provádí vyvařením ve vodě. Tento postup vede k získání bezbarvého gelového materiálu, který obsahuje zbytky kultivačního média. V tomto případě je materiál následně sušen, aby se umožnilo jeho využití v různých oblastech.⁹⁹

Volba metody sušení a uchování bakteriální celulózy se odvíjí od plánovaného způsobu následné aplikace, neboť její vlastnosti se značně mění v závislosti na specifických faktorech. Hlavním cílem je zajistit stabilitu materiálu při dlouhodobé depozitaci v běžných podmínkách vzdušného prostředí. Mokrý bakteriální rohož vykazuje jedinečné vlastnosti díky náhodnému uspořádání vláken v celkové struktuře bakterií. Během sušení však dochází

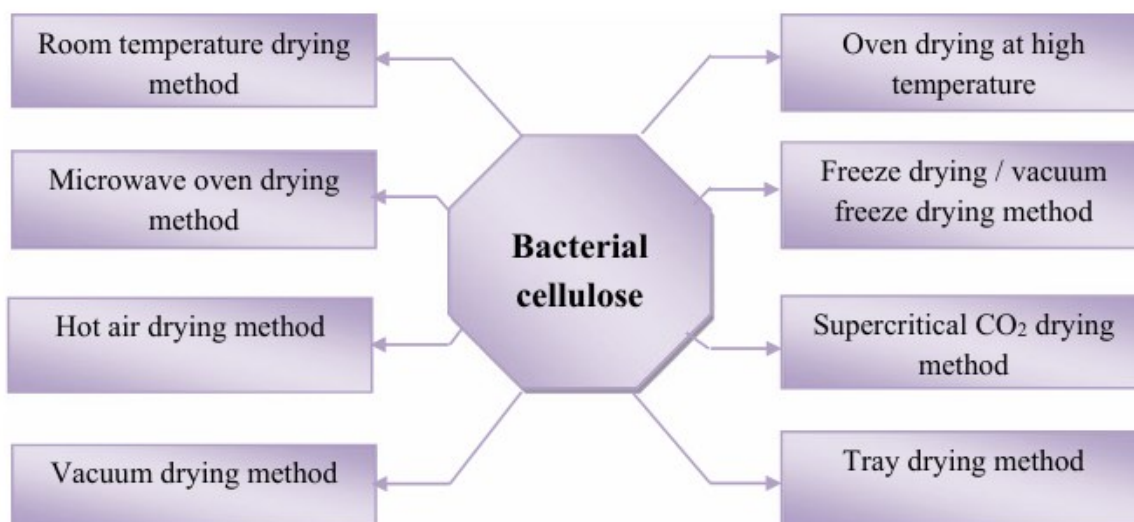
⁹⁶ LIN et al., *Biosynthesis, production and applications of bacterial cellulose*, 2013.

⁹⁷ MUTHU a RATHINAMOORTHY, *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles*, 2021.

⁹⁸ LIN et al., *Biosynthesis, production and applications of bacterial cellulose*, 2013.

⁹⁹ MORENO-DÍAZ et al., *Bacterial Cellulose Production within a Circular Economy Framework: Utilizing Organic Waste*, 2024.

k narušení této pórovité struktury, což vede k deformaci molekulových vazeb. Vysušená bakteriální celulóza již není schopna zadržet stejné množství vody a její vlastnost desorpce je oproti původnímu vlhkému materiálu výrazně omezena. Poškození jemné sítě nanovláken má negativní vliv na její pevnost a propustnost pro vzduch.



Obrázek 11 Metody sušení bakteriální celulózy používané různými výzkumníky¹⁰⁰

Na základě informací z publikace *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles*, existuje množství přístupů pro dosažení kompletní dehydratace bakteriální celulózy. Jedním z nich může být například metoda sušení při pokojové teplotě. Tento způsob představuje nenáročnou a ekonomicky přístupnou variantu.¹⁰¹ „Při této metodě se bakteriální celulóza umístí na čerstvý vzduch při pokojové teplotě, aby ztratila svou vlhkost, dokud nedosáhne konstantní hmotnosti.“¹⁰² Výsledný produkt tvoří tenkou vrstvu sušiny s vysokou hustotou vláken, které vykazuje optimální odolnost proti mechanickému opotřebení. Zajímavým rysem je, že během procesu dehydratace nedochází k výraznému narušení pórovité struktury materiálu. Ve srovnání s lyofilizovanou metodou je schopnost absorpce vody vyšší.

Lyofilizace, známá jako sušení mrazem, je preferovanou technika oproti tradičním způsobům tepelné dehydratace. Proces probíhá za nízkých teplot, sahajících až do -80 °C, kdy se led přeměňuje přímo na plyn prostřednictvím okamžité aplikace. Tento nekonvenční přístup zajišťuje zachování původního tvaru pelikuly a vytváří silnou vrstvu biofilmu

¹⁰⁰ MUTHU a RATHINAMOORTHY, *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles*, 2021.

¹⁰¹ Tamtéž

¹⁰² Originál: „In this method, bacterial cellulose is placed in the open air at room temperature to lose its moisture till it attains a constant weight.“ Tamtéž, p. 106.

s vysokou kvalitou, což je dáno příznivým vlivem mrazu na molekulární strukturu materiálu. Díky této metodě nedochází během sušení k mechanickému namáhání ani k pnutí, což minimalizuje jeho deformace. Výsledkem je mírně snížená průhlednost a vyšší tloušťka biofilmu. Mezi vlastnosti, které lyofilizace nenarušuje, patří průměr vláken, velikost pórů, schopnost deformace a Youngův modul, který udává tuhost materiálu. Ve srovnání s metodou horkovzdušného sušení vykazuje lyofilizace méně příznivé výsledky z hlediska mechanických vlastností na výsledný materiál.¹⁰³ „Obecně platí, že lyofilizované vzorky jsou poréznější a lépe roztahitelné a lze je použít pro aplikace související s vlhkostí.“¹⁰⁴

Jednou z dalších konvenční metod představuje sušení horkým vzduchem (*Hot Air – Drying Method*). Tento proces zajišťuje přímé vystavení bakteriálního materiálu teplému vzduchu. Daný technologický postup přispívá ke zvýšení pevnosti v tahu dehydratované buničiny. Jeho hlavním nedostatkem je však delší časová náročnost procesu a redukce konečné tloušťky získaného materiálu. Podle S. Muthu má tato metoda srovnatelný účinek s technologií sušení v peci, což se projevuje obdobným snížením pórovitosti pelikuly. V porovnání se vzorky získané lyofilizací, metoda vykazuje menší poréznost. Tyto faktory hrají klíčovou roli při výběru vhodné metody sušení bakteriální celulózy v závislosti na jejím plánovaném využití.¹⁰⁵

¹⁰³ MUTHU a RATHINAMOORTHY, *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles*, 2021.

¹⁰⁴ Originál: „In general, the freeze-dried samples are more porous and higher stretchable and can be used for moisture-related applications.“ Tamtéž, p. 103.

¹⁰⁵ MUTHU a RATHINAMOORTHY, *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles*, 2021.

3 APLIKACE BAKTERIÁLNÍ CELULÓZY NAPŘÍČ VYBRANÝMI OBORY

Bakteriální celulóza disponuje jedinečnými vlastnostmi, které umožňují její širokou uplatnitelnost napříč různými obory. Mezi hlavní parametry patří například vysoká pórovitost, díky níž se kapalina přirozeně zadržuje v ultra jemné síti nanovláken nebo pevnost v tahu, zajišťující mimořádnou odolnost materiálu i při vysoké zátěži. Její čisté složení molekul rozšiřuje okruh aplikace do biomedicíny, potravinářského průmyslu nebo kosmetiky.¹⁰⁶ Vlastnosti buničitého filmu lze navíc cíleně ovlivnit, přičemž proces dovoluje využít různé substráty, včetně odpadních materiálů, což otevírá nové možnosti pro jejich inovativní zpracování.¹⁰⁷

Rostoucí důraz na udržitelnost a recyklaci zvyšuje zájem o využití organických materiálů. Složení tohoto přírodního polymeru zajišťuje jeho plnou odbouratelnost a biokompatibilitu.¹⁰⁸ Souhrn vlastností bakteriální celulózy tvoří perspektivní materiál s vysokým komerčním potenciálem. Ekonomický úspěch produktů založených na bázi bakteriální celulózy aktuálně zaznamenává výrazný růst.¹⁰⁹ Podle odhadů ResearchMoz by měl trh s těmito produkty do roku 2026 přesáhnout hodnotu 700 milionů USD. Tento trend poukazuje na rostoucí poptávku po BC ve stále širším spektru průmyslových odvětví.¹¹⁰

3.1 Potravinářství

*„BC má v potravinářském průmyslu mnoho potenciálních využití díky své vysoké čistotě, rozmanitosti textur a tvarů (např. částice, koule, vlákna, různě tvarované kaše, fólie a štětinky), schopnosti získávat změny in situ, jako jsou barvy a chutě kultivačního média a snadnému výrobnímu procesu.“*¹¹¹ Podle publikace *Applications of Bacterial Cellulose in Food, Cosmetics and Drug Delivery* je bakteriální celulóza od roku 1992 oficiálně uznávanou surovinou pro potravinářský průmysl, a to na základě norem Úřadu pro kontrolu

¹⁰⁶ ULLAH et al., *Applications of bacterial cellulose in food, cosmetics and drug delivery*, 2016.

¹⁰⁷ LIN et al., *Biosynthesis, production and applications of bacterial cellulose*, 2013.

¹⁰⁸ ZHONG, *Industrial-Scale Production and Applications of Bacterial Cellulose*, 2020.

¹⁰⁹ LIN et al., *Biosynthesis, production and applications of bacterial cellulose*, 2013.

¹¹⁰ ZHONG, *Industrial-Scale Production and Applications of Bacterial Cellulose*, 2020.

¹¹¹ Originál: *„BC possesses manifold potentialities in food industries owing to its high purity, a variety of textures and shapes (e.g., particles, spheres, filaments, multi shaped pulps, films and whiskers), capability to acquire in situ changes, such as colours and flavours of culture medium, and easy production process.“* ULLAH et al., *Applications of bacterial cellulose in food, cosmetics and drug delivery*, 2016, s. 2294.

potravin a léčiv (FDA). Tento typ bakterií je považován za bezpečný pro lidskou konzumaci.¹¹²

Složení a vlastnosti tohoto přírodního polymeru byly zkoumány za účelem optimalizace jeho použití jako zpevňujícího činidla, stabilizátoru a pro celkové zlepšení kvality potravin. Studie potvrdily, že bakteriální celulóza účinně snižuje lepivost, což má pozitivní vliv na texturu pastovitých výrobků. Kromě toho přispívá k zpevnění a zlepšení struktury potravin, jako je tomu například u tofu. V testech stabilizace se bakteriální celulóza u zmrzliny vyhodnotila jako nízkokalorická alternativa smetany, která zvyšuje její odolnost proti tání. Výsledky ukazují, že dokáže udržet požadovanou strukturu i při delšímu vystavení pokojové teploty. Obecně lze tedy konstatovat, že přítomnost BC v potravinách zlepšuje jejich emulgační schopnosti, pružnost, stabilitu struktury a tepelnou odolnost.¹¹³

Historie bakteriální celulózy v potravinářství sahá až do starověké Číny, kde se již kolem roku 206 př. n. l. podílela na přípravě fermentovaného nápoje kombucha. Čajová houba, tvořená shlukem bakterií, si díky svým prospěšným a antioxidačním vlastnostem na lidský organismus získala pevné místo v tradiční medicíně.¹¹⁴ Dalším příkladem zakořeněného používání bakteriální celulózy je filipínský dezert "*nata de coco*". První zmínky o jeho výrobě pocházejí z 18. století, kdy se jako kultivační médium využívala kokosová voda. Výsledný gelovitý produkt se poté krájel na menší kousky a marinoval ve sladkém sirupu.^{115,116}

¹¹² ULLAH et al., *Applications of bacterial cellulose in food, cosmetics and drug delivery*, 2016.

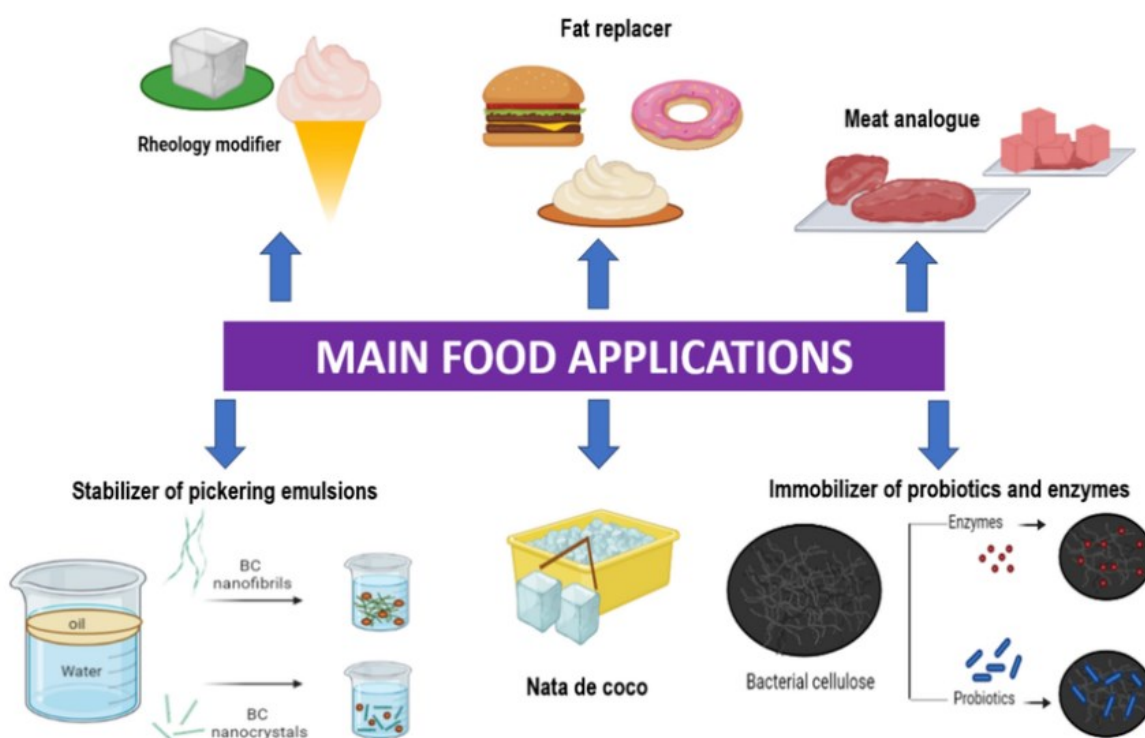
¹¹³ KHAN a KAMAL, *Bacterial Cellulose: Synthesis, Production, and Applications*, 2022, s. 123.

¹¹⁴ HESSMANN – KOSARIS a KRAMLOVÁ, *Zázračná kombucha: Prastaré léčivé prostředky: [energetický nápoj s jemnou léčivou silou]*, 2002.

¹¹⁵ ULLAH et al., *Applications of bacterial cellulose in food, cosmetics and drug delivery*, 2016.

¹¹⁶ MUTHU a RATHINAMOORTHY, *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles*, 2021.

Díky své schopnosti zadržovat vodu je tento organický materiál vhodný pro výrobu nízkotučných, nízkocholesterolových a nízkokalorických potravin. Kvůli tvrdé a hůře stravitelné struktuře je však výsledný produkt upravován různými látkami, které zajišťují jeho požitelnost. BC nachází uplatnění například i ve výrobě vegetariánského masa, kde se kombinuje s extraktem z *Monascus*. Tento výtažek z plíseně dokáže svou chutí věrně napodobit živočišné masové výrobky. Z uvedených informací vyplývá, že bakteriální celulóza představuje jedinečnou potravinu vhodnou pro široké spektrum spotřebitelů.¹¹⁷



Obrázek 12 Aplikace bakteriální nanocelulózy v různých potravinářských výrobcích¹¹⁸

3.2 Kosmetika

Kosmetické produkty představují vysoce žádané zboží, které lidé po celém světě využívají k úpravě svého vzhledu a docílení estetických požadavků krásy. S rostoucími standardy a zvyšující se popularitou kosmetiky dochází k prudkému nárůstu její spotřeby. To potvrzují i údaje z roku 2019, kdy příjmy z trhu s kosmetikou dosáhly přibližně 134 miliard USD.¹¹⁹ Podle aktuálních odhadů by tento segment měl do roku 2027 vzrůst na 580 miliard USD.¹²⁰ Statistika jasně ukazuje nejen na rostoucí poptávku, ale také

¹¹⁷ ULLAH et al., *Applications of bacterial cellulose in food, cosmetics and drug delivery*, 2016.

¹¹⁸ ACHARYYA et al., *Recent advances in synthesis and bioengineering of bacterial nanocellulose composite films for green, active and intelligent food packaging*, 2024, s. 7167.

¹¹⁹ KHAN a KAMAL, *Bacterial Cellulose: Synthesis, Production, and Applications*, 2022.

¹²⁰ *The beauty market in 2023: A special State of Fashion report*, 2023.

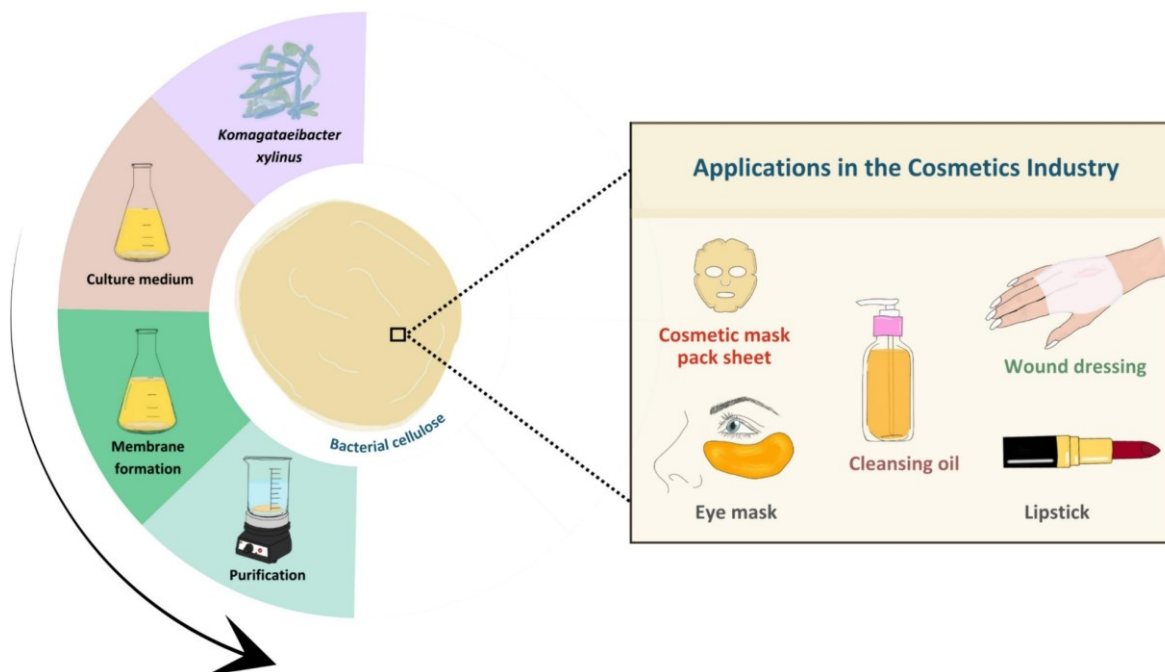
na potřebu nacházet nové, udržitelné zdroje pro výrobu. Současné metody produkce jsou totiž z velké části neekologické a spoléhají na ropné deriváty, což má negativní dopad jak na životní prostředí, tak na zdraví uživatelů. Mnohé produkty mohou obsahovat látky, které přispívají ke vzniku kožních onemocnění nebo dalších zdravotních komplikací. Částečné řešení těchto problémů by mohla přinést bakteriální celulóza, která díky svým unikátním vlastnostem, jako je nezávadnost, biokompatibilita, rozložitelnost a schopnost hydratace, představuje vhodnou a bezpečnou volbu.¹²¹

Bakteriální celulóza nachází v kosmetice široké uplatnění, přičemž jednou z možných aplikací jsou obličejové masky. Testování potvrdilo jejich schopnost okamžitě hydratovat pleť, zvýšit její pružnost a dodat obličejí zdravější a svěžejší vzhled. Tyto masky, vytvořené z bakteriálních pelikul, navíc vynikají možností opakovaného použití, což je činí ekologičtější alternativou k jednorázovým produktům. Díky přizpůsobení složení bakteriálního filmu prostřednictvím kultivačního média lze do struktury celulózy začlenit účinné látky s blahodárnými dermatologickými účinky, což výrazně rozšiřuje její funkční využití.

Kromě kosmetických produktů s léčivým nebo hloubkově čistícím výsledkem, které zajišťuje hydrataci pleti a regulují absorpci kožního mazu, má bakteriální celulóza potenciál i v dalších oblastech zdravotnických výrobků. Díky své průhlednosti, schopnosti propouštět světlo, kapaliny a plyny se BC jeví jako vhodný materiál pro výrobu kontaktních čoček. Na základě provedených testů se očekává, že by jejich funkčnost mohla trvat až osm týdnů.¹²²

¹²¹ KHAN a KAMAL, *Bacterial Cellulose: Synthesis, Production, and Applications*, 2022.

¹²² ULLAH et al., *Applications of bacterial cellulose in food, cosmetics and drug delivery*, 2016.



Obrázek 13 Grafický abstrakt výroby a aplikací BC v kosmetickém průmyslu¹²³

3.3 Farmacie a lékařství

Na základě již uvedených paramentů se bakteriální celulóza ukazuje jako vhodný organický materiál pro využití ve farmacii, lékařství a stomatologii. Její 3D síťová struktura poskytuje rozsáhlou plochu, kterou lze přizpůsobit specifickým požadavkům jednotlivých aplikací. Výjimečné mechanické vlastnosti ji činí silnou a odolnou, přičemž si zachovává potřebnou flexibilitu.¹²⁴

Bakteriální celulóza nachází široké uplatnění v medicíně, zejména při hojení ran ve formě obvazů, kde její vlastnosti vytvářejí ideální antibakteriální prostředí pro zahájení regeneračních procesů v těle. Díky své pružnosti a propustnosti pro vodní páry, v kombinaci s nízkými náklady, se BC stává inovativním biokompatibilním materiálem. Tato krycí technologie se již osvědčila v praxi, přičemž pozitivně ovlivňuje hojení popálenin, tržných ran nebo vředů. Mezi její hlavní přínosy patří úleva od bolesti a urychlení regeneračního procesu. Navíc dokáže eliminovat škodlivé bakterie v okolí ran, což výrazně zlepšuje výsledky léčby.¹²⁵

¹²³ LIMA et al., *Bacterial cellulose in cosmetic innovation: A review*, 2024.

¹²⁴ ZHONG, *Industrial-Scale Production and Applications of Bacterial Cellulose*, 2020.

¹²⁵ CHOI et al., *Bacterial Cellulose and Its Application*, 2022.



Obrázek 14 Fotografie obvazu na rány z BC od společnosti NanodermTM aplikovaný na poškozené místo kůže¹²⁶

Spektrum zahrnuje i aplikaci léčiv do lidského organismu s technologií, která zajišťuje jejich postupné a stabilní uvolňování. Tato metoda je vhodná pro pacienty, kteří pocítují výkyvy v koncentraci podávaných látek. Daná forma byla podrobena výzkumu, který odhalil lepší výsledky ve srovnání s klasickými potahovými tabletami. Tento typ léčiv, který reaguje na pH žaludečních kyselin, je adekvátní pro případy, kde je nutné prodloužit účinek působení tím, že zůstávají déle v prostředí žaludku. Což je vhodné například u nemocí jako je gastritida nebo žaludečních vředů.

Mezi další možnosti využití bakteriální celulózy, jak uvádí publikace *Applications of bacterial cellulose in food, cosmetics and drug delivery*, patří aplikace v tkáňovém inženýrství, zejména při zdokonalení léčiv. Začlenění BC do kostního cementu, běžně používaného v ortopedii například pro upevnění kloubních náhrad nebo opravy kostí, vedlo ke zvýšení jeho pevnosti a odolnosti vůči tlaku a mechanickému namáhání, čímž se výrazně prodloužila jeho životnost. Dále přidáním antibiotik do tohoto materiálu umožňuje jejich kontrolované a postupné uvolňování do organismu, což zlepšuje prevenci a léčbu infekcí.¹²⁷ BC lze také použít v biomedicínských zařízeních, jako jsou zubní implantáty, umělé krevní cévy a cévní štěpy, stejně jako v uretrálních, nervových, umělých rohovkách a sítnicových implantátech, (...).¹²⁸

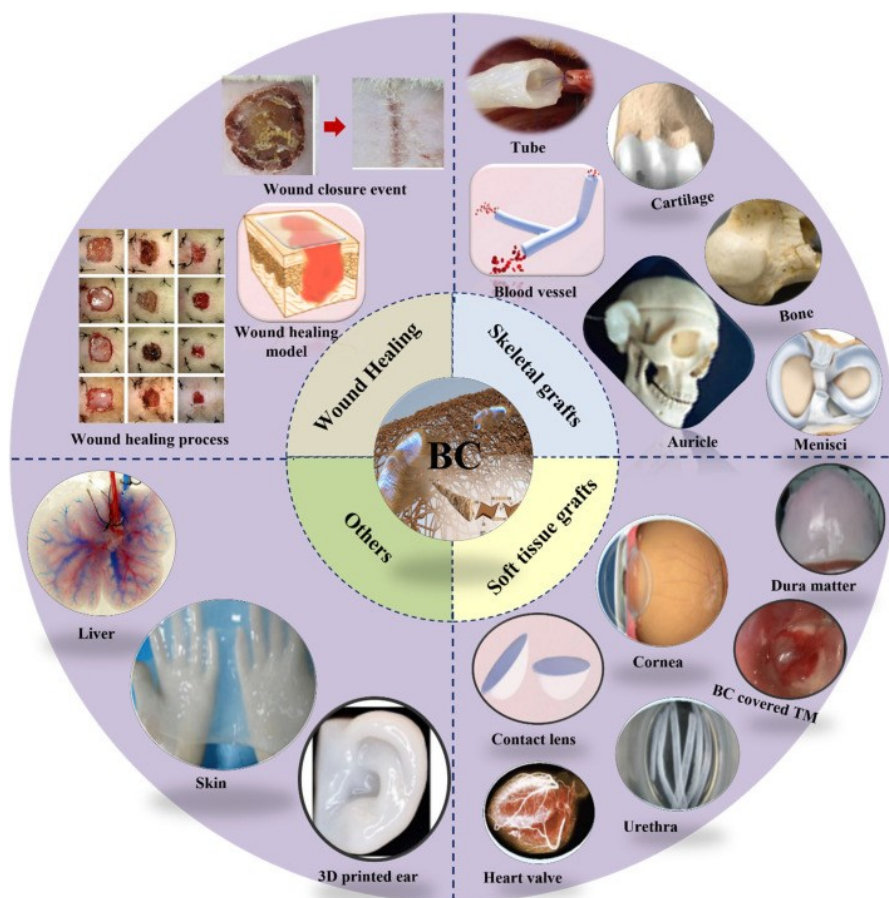
Bakteriální celulóza svými unikátními vlastnostmi podporuje rychlé hojení ran a regeneraci tkání. Mezi klíčové faktory, které zajišťují účinnou rehabilitaci, patří schopnost podporovat přilnavost buněk, jejich růst a pohyb. I přesto, že BC nabízí širokou škálu

¹²⁶ ZHONG, *Industrial-Scale Production and Applications of Bacterial Cellulose*, 2020.

¹²⁷ ULLAH et al., *Applications of bacterial cellulose in food, cosmetics and drug delivery*, 2016.

¹²⁸ Originál: „BC can also be used in biomedical devices such as dental implants, artificial blood vessels, and vascular grafts, as well as in urethral, nerve, artificial cornea, and retina implants, (...).” CHOI et al., *Bacterial Cellulose and Its Application*, 2022, p.5.

aplikací, její využití zatím nedokáže pokrýt všechny požadavky v tomto vysoce specializovaném oboru.¹²⁹



Obrázek 15 Biomedicínské aplikace bakteriální celulózy a jejích kompozitů¹³⁰

3.4 Papírenský průmysl

Papírenský průmysl tradičně využívá rostlinnou buničinu, především z lesní biomasy, což představuje přibližně 10 % celosvětové produkce dřeva. Procesy používané při výrobě papíru však mohou negativně ovlivnit celkovou efektivitu práce. V současné době se intenzivně hledají způsoby, jak snížit tlak na spotřebu dřeva a zároveň zlepšit produktivitu výroby, a to i prostřednictvím alternativních materiálů a technologií.¹³¹ Jednou z možností je využití bakteriální celulózy. Tento materiál má oproti rostlinné celulóze výhodu v čistotě svého složení, protože neobsahuje prvky jako lignin, hemicelulózu a jiné nečistoty,

¹²⁹ CHOI et al., *Bacterial Cellulose and Its Application*, 2022.

¹³⁰ KHAN et al., *Fabrication strategies and biomedical applications of three-dimensional bacterial cellulose-based scaffolds: A review*, 2022.

¹³¹ MAŁACHOWSKA et al., *Analysis of Cellulose Pulp Characteristics and Processing Parameters for Efficient Paper Production*, 2020.

kteře jsou běžně přítomné v rostlinných vláknech. To znamená, že proces je oproštěn od složitých procesů čištění.¹³²

Na základě informací z publikace *Biosynthesis, production and applications of bacterial cellulose* lze bakteriální celulózu, získanou agitační metodou, využít k výrobě papíru. Tento materiál vykazuje vynikající mechanické vlastnosti, především vysokou pevnost v tahu. Zlepšující účinky bakteriálního polymeru mohou být rovněž využity přidáním jeho částic do konvenčního procesu výroby papíru. Tyto segmenty BC zpevňují strukturu papíroviny, což výrazně zvyšuje její odolnost vůči opakovanému ohýbání, a to až o 15 % v porovnání s běžnou celulózou z rostlinných zdrojů.¹³³

Funkčním způsobem, jak nadále posílit odolnost a vlastnosti tradičního papíru vyrobeného z RC je spojení bakteriální celulózy do kompozitu papírového podkladu, pomocí statické fermentační metody. Tento přístup vede k výraznému zlepšení voděodolnosti a nepropustnosti výsledného materiálu. Spojení bakteriální celulózy s papírem z rostlinné buničiny otevírá nové možnosti v designu a aplikacích papírových produktů.¹³⁴ Výzkumy a experimenty v papírenském průmyslu, zaměřené na bakteriální celulózu jsou přínosné. Dosud nebyla nalezena vhodná alternativa rostlinné celulózy pro výrobu papíru s dlouhou životností, který splňuje požadavky na archivaci a uchovávání důležitých dokumentů. Bakteriální celulóza by díky svým výjimečným vlastnostem mohla představovat efektivní řešení tohoto problému.¹³⁵



Obrázek 16 Papír vyrobený z bakteriální celulózy¹³⁶

¹³² FILLAT et al., *Bacterial cellulose for increasing barrier properties of paper products*, 2018.

¹³³ LIN et al., *Biosynthesis, production and applications of bacterial cellulose*, 2013.

¹³⁴ FILLAT et al., *Bacterial cellulose for increasing barrier properties of paper products*, 2018.

¹³⁵ CHOI et al., *Bacterial Cellulose and Its Application*, 2022.

¹³⁶ Tamtéž

3.5 Obalový materiál

Obalové materiály, které využívají neudržitelné vstupní suroviny a jsou závislé na vysoké spotřebě plastů, představují značný problém v oblasti recyklace. Podle publikace *Bacterial Cellulose and Its Application* tvoří plasty přibližně 90 % celkové produkce plastového odpadu. Tento široce používaný materiál, jehož výroba je ekonomicky nenáročná, se stal masově spotřebovávaným zbožím. To vytváří potřebu hledat udržitelné alternativy, které by splňovaly požadavky moderní doby. Pokusy o vývoj ekologických obalových materiálů, jako jsou například rozložitelné fólie, ukazují, že dosavadní snahy zatím nedokážou plně nahradit plasty v celkovém oběhu spotřebitelského řetězce.¹³⁷ „BC by mohla být vhodnou alternativou pro obalový materiál na potraviny, protože má porézní, tenkou síťovou strukturu, která umožňuje filtraci prachu, mikroorganismů a plísni přítomných ve vzduchu, čímž by prodloužila trvanlivost potravin a pomohla je uchovávat.“¹³⁸

Tento přírodní polymer představuje zdravotně nezávadný materiál, který, jak ukázaly výsledky zkoumání, je ideální pro skladování potravin. Bakteriální celulóza může být modifikována různými metodami, což zlepšuje její vlastnosti, například antibakteriální činnost, přičemž materiál zůstává nepoškozený a plně funkční. Tyto skutečnosti naznačují, že BC je slibným materiálem pro obalové aplikace, které nejen zachovávají kvalitu potravin, ale zároveň přispívají k ekologické odpovědnosti.¹³⁹

3.6 Perspektiva aplikace bakteriální celulózy

Podle informací uvedených v publikaci *Improved Production of Bacterial Cellulose and Its Application Potential* se očekává, že bakteriální celulóza se stane vysoce ceněnou surovinou, pokud se podaří zajistit její výrobu v měřítku průmyslové úrovně. To povede k širší dostupnosti na trhu a zajištění hospodářské konkurenceschopnosti.¹⁴⁰ Aby však její potenciál vzrostl, je nezbytné dosáhnout výroby s minimálními náklady a maximální výtěžností kultivačního média, což je považováno za zásadní pro její ekonomickou udržitelnost.¹⁴¹ Pro tyto účely probíhají v současné době rozsáhlé studie, zaměřující se na využití technologií

¹³⁷ CHOI et al., *Bacterial Cellulose and Its Application*, 2022.

¹³⁸ Originál: „BC may be a suitable alternative as food packaging material in order to store foods and extend their expiration dates, due to a porous, thin reticulated structure, resulting in it filtering dust, microorganisms, and fungus presented in the air.“ Tamtéž, p. 4.

¹³⁹ ULLAH et al., *Applications of bacterial cellulose in food, cosmetics and drug delivery*, 2016.

¹⁴⁰ VANDAMME et al., *Improved production of bacterial cellulose and its application potential*, 1998.

¹⁴¹ WAHID et al., *Bacterial cellulose and its potential for biomedical applications*, 2021.

genetického inženýrství, které zkoumají produkční schopnosti různých bakteriálních kmenů. V souvislosti s budoucí masovou výrobou se zároveň diskutuje o možnostech využití biologického odpadu jako primárního zdroje živin pro růst BC, což by mohlo výrazně snížit vstupní náklady. Tyto alternativní zdroje však vyžadují úpravu, aby mohly plnohodnotně nahradit tradičně používaný sypaný cukr. Další výzkumy se soustředí na optimalizaci konstrukce kultivačních nádob. Navzdory pokročilým snahám o zařazení bakteriální celulózy do běžného spotřebního řetězce se stále objevují výzvy, které je nutné řešit před zahájením průmyslové výroby.¹⁴²

V oblasti zdokonalování vlastností této bakteriální struktury, která již ve svém základu disponuje slibným aplikačním potenciálem, se nabízí možnosti dalších úprav či vylepšení prostřednictvím modifikací. Nejčastějšími metodami jsou *in situ* a *ex situ*.¹⁴³ „*Modifikace in situ představuje přidání dalších materiálů do kultivačního média během syntézy BC, zatímco modifikace ex situ představuje začlenění jakéhokoli dalšího činidla po syntéze BC.*”¹⁴⁴ Mezi přidané kvality, které tyto úpravy umožňují patří například zvýšená antibakteriální aktivita, *osteoinduktivita*¹⁴⁵ nebo vyšší pevnost v tahu. Snahy o rozšíření specifík bakteriální celulózy tak mají kladný dopad například pro oblasti biomedicíny, jako je tkáňové inženýrství nebo regenerace kostí.¹⁴⁶ Využití BC při léčbě karcinomů je stále ve fázi výzkumu. Již byly provedeny testy na speciálně upravených kompozitech *in vitro*, které napomáhají simulovat chování nádorových buněk v lidském organismu, čímž přispívají k lepšímu pochopení poškozeného mikroprostředí a umožňují vývoj účinnějších terapeutických přístupů. Další pokrok byl dosažen vývojem kompozitních materiálů, které zpomalily růst rakovinných buněk nebo pozitivně ovlivnily účinky léčby. Tyto studie však zatím probíhaly pouze v laboratorních podmínkách, a proto je potřeba provést další testy, které prokážou jejich efektivitu i v praxi.¹⁴⁷

Mezi další očekávané přínosy v rámci aplikace bakteriální celulózy patří například rozšíření možností designu a 3D tisku, což zahrnuje i potenciál pro budoucí upcyclaci produktů či zodpovědnou degradaci materiálů. V současné době probíhají studie zaměřující se na vylepšení tohoto přírodního polymeru s cílem účinně nahradit běžně používané

¹⁴² LIN et al., *Bacterial cellulose in food industry: Current research and future prospects*, 2020.

¹⁴³ WAHID et al., *Bacterial cellulose and its potential for biomedical applications*, 2021.

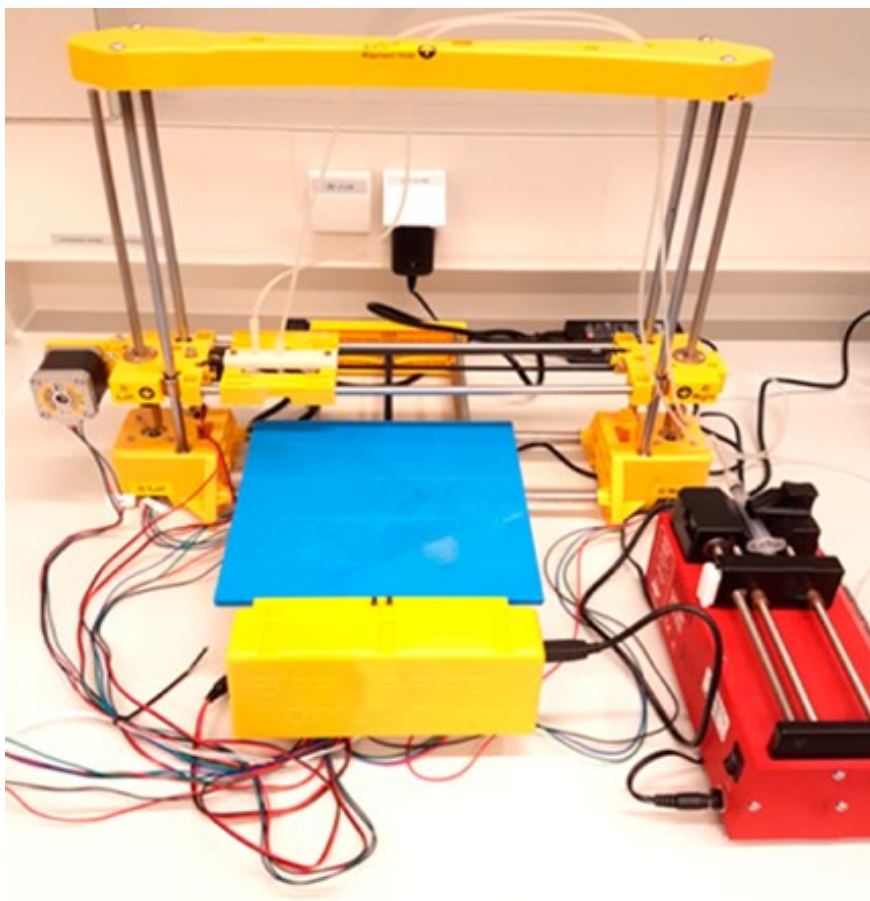
¹⁴⁴ Originál: „*The in situ modification represents the addition of extra materials in the culture medium during the BC synthesis, whereas the ex situ modification represents the incorporation of any extra agent after the synthesis of BC.*” WAHID et al., *Bacterial cellulose and its potential for biomedical applications*, 2021, p. 8.

¹⁴⁵ Schopnost materiálu stimulovat tvorbu kostní tkáně.

¹⁴⁶ WAHID et al., *Bacterial cellulose and its potential for biomedical applications*, 2021.

¹⁴⁷ ISLAM et al., *Potential applications of bacterial cellulose and its composites for cancer treatment*, 2021.

materiály na bázi ropy. Výzkum popisovaný v publikaci *3D Printing with Bacterial Cellulose-Based Bioactive Composites for Design Applications* se zaměřuje na aktivní snahy propojit technologie 3D tisku s biologickými materiály na bázi bakteriální celulózy. V tomto kontextu byly zkoumány kompozity, které kombinují bakteriální celulózu, pektin a rostlinná vlákna. Výsledky ukázaly, že taková kombinace výrazně zlepšuje strukturu a mechanické vlastnosti materiálů. Tento objev podporuje tvrzení, že biokompozity s přírodními vlákny a živými organismy mají potenciál nejen zlepšit udržitelnost materiálů, ale také otevřít nové možnosti v oblasti designu, architektury či recyklace.¹⁴⁸ Na základě uvedených informací lze bakteriální celulózu považovat za vysoce perspektivní materiál, u něhož se intenzivně pracuje na optimalizaci vlastností a výrobního procesu, což povede k širším možnostem využití v budoucnosti.



Obrázek 17 Bakteriální 3D tiskový systém¹⁴⁹

¹⁴⁸ TURHAN et al., *3D Printing with Bacterial Cellulose-Based Bioactive Composites for Design Applications*, 2022.

¹⁴⁹ LEHNER et al., *A Straightforward Approach for 3D Bacterial Printing*, 2017.

4 POTENCIÁL BAKTERIÁLNÍ CELULÓZY V TEXTILNÍM PRŮMYSLU

Aplikace BC se již osvědčila v mnoha průmyslových odvětvích. Textilní sektor představuje slibnou oblast, kde by tento přírodní polymer mohl najít široké možnosti uplatnění, a to jak v neupravené podobě, tak i ve formě kompozitů. Pro zhodnocení jejího potenciálu byly realizovány studie zaměřené na komfort, prodyšnost a pružnost bakteriální struktury. Výsledky výzkumu ukázaly, že na tyto vlastnosti zásadně působí doba kultivace a tloušťka výsledného materiálu.

Stěžejní výzvu pro módní průmysl představovala rovněž optimalizace spojovacího procesu, takzvaně bezešvou metodou. Pro tento účel byly navrženy speciální formy, které umožňují nekonvenční způsob spojení materiálu. Tyto pokroky vedly k vytvoření nových konceptů oděvů založených na bakteriálním biofilmu. Současné otázky se nadále zaměřují na změny ve fyzikálních vlastnostech BC během aktivního nošení, což otevírá pestré možnosti jejího využití pro oděvní produkci.¹⁵⁰

V textilním průmyslu jsou celulózová vlákna běžně používanou surovinou, což vedlo k porovnávání vlastností rostlinné a bakteriální struktury. BC vyniká svými mechanickými, fyzikálními a biologickými parametry. Navíc je přirozeně čistá a neobsahuje nežádoucí látky, které by bylo nutné složitě odstraňovat či upravovat, což výrazně zjednodušuje proces jeho zpracování, na rozdíl od RC.¹⁵¹

4.1 Etická alternativa tradičních textilií

Publikace zaměřující se na udržitelnost v módním průmyslu mnohdy označují bakteriální celulózu za etickou alternativu k tradičním textilním materiálům nebo za inovativní řešení enviromentálních překážek. Neboť, jak popisuje vědecký článek *Potential of bacterial cellulose for sustainable fashion and textile applications: A review*, textilní průmysl má velký zájem o nové typy materiálů, které využívají obnovitelné zdroje surovin a zároveň tvoří nezávadný odpad, který při své degradaci nezanechává škodlivé látky. Ve srovnání s tradičními textilními materiály se BC vyznačuje schopností plné biologické rozložitelnosti,

¹⁵⁰ MUTHU a RATHINAMOORTHY, *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles*, 2021.

¹⁵¹ KHAN a KAMAL, *Bacterial Cellulose: Synthesis, Production, and Applications*, 2022.

šetrným využíváním zdrojů a výrobním procesem, který produkuje minimální množství odpadu.¹⁵²

Textilní průmysl zajišťuje jednu ze základních lidských potřeb, avšak jeho činnost má výrazný dopad na životní prostředí, společnost i ekonomiku.¹⁵³ Podle dat uvedených v publikaci *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles* přispívá tento sektor ke globálnímu znečištění 5,4 %. Významný podíl na tomto čísle připadá na vstupní suroviny než na samotnou výrobu.¹⁵⁴ Ana Paula Provin a její kolegové nadále prezentují konkrétní data ilustrující alarmující stav tohoto odvětví. Aktuální situace představuje závažný problém spojený s nadměrnou spotřebou a plýtváním vodních zdrojů. Podle těchto údajů je na výrobu jednoho kilogramu bavlněného vlákna využito přibližně 29 tun vody. Další obtíž tvoří produkce textilního odpadu, která v USA přesahuje 15 milionů tun ročně. Tato fakta nutí módní průmysl hledat efektivní způsoby výroby, které nezhorší stávající ekologickou situaci.¹⁵⁵

Dehydratovaná bakteriální celulóza je díky svým vlastnostem a vzhledu často přirovnávána k živočišným materiálům. Jejich produkce však vyvolává vážné sociální a environmentální problémy, včetně eutrofizace, uvolňování škodlivých chemikálií a neudržitelného využívání přírodních zdrojů. Materiál z bakteriální celulózy proto představuje slibnou alternativu s potenciálem konkurovat tradičním surovinám textilního průmyslu.¹⁵⁶

4.2 Optimalizace vlastností pro textilní zpracování

Bakteriální celulóza vzbudila značný zájem v textilním průmyslu díky svým výjimečným vlastnostem, jako je mechanická pevnost, transparentnost a flexibilita, která umožňuje její formování bez výrazného poškození. Nicméně i přes rozsáhlý potenciál tohoto materiálu zde existují překážky, které je třeba překonat, aby byla zajištěna jeho maximální efektivita z hlediska výroby i aplikace.

Jedním z klíčových problémů je vysoká absorpce vody, což je v některých průmyslových odvětvích nežádoucí. Tento aspekt podrobně zkoumá Ana Paula Provin a její

¹⁵² NAYAK et al., *Potential of bacterial cellulose for sustainable fashion and textile applications: A review*, 2024.

¹⁵³ MUTHU, *Sustainability in the Textile Industry: Textile Science and Clothing Technology*, 2017.

¹⁵⁴ MUTHU a RATHINAMOORTHY, *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles*, 2021.

¹⁵⁵ PROVIN et al., *Use of bacterial cellulose in the textile industry and the wettability challenge—a review*, 2021.

¹⁵⁶ MOKASHI et al., *Vegan Leather from Kombucha Tea and Scoby*, 2022.

kolegové ve své přehledové publikaci *Use of Bacterial Cellulose in the Textile Industry and the Wettability Challenge – A Review*, kde se zaměřují na optimalizaci metod pro minimalizaci hydrofilicity bakteriální celulózy a rozšíření jejího využití v suchém stavu. Zásadním faktorem, který ovlivňuje smáčivost bakteriální celulózy, je její molekulární struktura, která díky uspořádání fibril umožňuje materiálu absorbovat přes 90 % své hmotnosti vody. K dosažení hydrofobních vlastností byly vyvinuty nanokompozity, které vykazují vynikající mechanické vlastnosti, tvárnost a prodyšnost, při zachování cenové dostupnosti. Dvě hlavní metody pro dosažení vodoodpudivé úpravy materiálu zahrnují transformaci povrchu, která vytváří víceúrovňovou texturu a zlepšuje tak separaci vody. Druhou metodou je chemická modifikace, která zajišťuje aplikaci specifických látek, jež snižují povrchovou energii buničité struktury.¹⁵⁷ Problematiku hydrofobnosti materiálu z bakteriální celulózy rovněž analyzovala Marta Fernandes se svými kolegy v odborném článku *Application of Bacterial Cellulose in the Textile and Shoe Industry: Development of Biocomposites*. Autoři uvádějí odstranění této vlastnosti prostřednictvím elektrického zvláknování, které však nepřineslo dostatečně uspokojivé výsledky a vyžaduje intenzivní práci na výzkumu.¹⁵⁸

Dalším analyzovaným parametrem v rámci optimalizace byla odolnost vůči plamenu. Studie publikovaná v *Bacterial Cellulose and Its Applications* odhalila, že při vystavení plamenu došlo k lokálnímu vzplanutí a ztmavnutí materiálu, avšak plamen se dál nešířil. Po odstranění tepelného zdroje se celulóza dále nezapalovala, postupně se ochladila na pokojovou teplotu a během pokusu nebylo pozorováno odkapávání ani jiskření. Tyto výsledky potvrzují značnou odolnost materiálu vůči plamenu. Mezi faktory ovlivňující aplikaci BC pro textilní průmysl rovněž patří například proces syntézy či úroveň krystalinity, která zásadně přispívá ke strukturální stabilitě vlákna.¹⁵⁹ Hodnocenými parametry jsou nadále možnosti barvení, bělení, čištění a potahování BC na vláknech, přízích a tkaninách, což má za cíl zlepšit mechanické vlastnosti kompozitů.¹⁶⁰

¹⁵⁷PROVIN et al., *Use of bacterial cellulose in the textile industry and the wettability challenge—a review*, 2021.

¹⁵⁸FERNANDES et al., *Application of Bacterial Cellulose in the Textile and Shoe Industry: Development of Biocomposites*, 2021.

¹⁵⁹KAMIŃSKI et al., *Hydrogel bacterial cellulose: a path to improved materials for new eco-friendly textiles*, 2020.

¹⁶⁰FERNANDES et al., *Application of Bacterial Cellulose in the Textile and Shoe Industry: Development of Biocomposites*, 2021.

4.3 Náklady na výrobu

„*V procesu fermentace tvoří náklady na médium 50–65 % celkových výdajů.*”¹⁶¹ V textilním průmyslu se preferuje statická kultivace, při které je výsledný materiál následně sušen.¹⁶² Ovšem časová náročnost výroby v kombinaci s nízkou produkcí tvoří nevyhovující podmínky.¹⁶³ V některých případech může počáteční kapitál svojí výší dokonce překonat náklady na výrobu rostlinné celulózy, což představuje riziko pro stabilitu BC na trhu. K redukci finančních nákladů jsou vyvíjeny strategie zaměřující se na konstrukci bioreaktorů, optimalizaci fermentačních procesů a využívání udržitelných zdrojů s ohledem na environmentální aspekty.¹⁶⁴

Publikace *Bacterial Cellulose: Synthesis, Production, and Applications* potvrzuje, že jedním z hlavních problémů při výrobě bakteriální celulózy jsou vysoké počáteční investice. Tyto náklady jsou primárně způsobeny cenou vstupních surovin, které výrazně omezují možnosti masové produkce. Pro zajištění cenové konkurenceschopnosti je proto kladen důraz na hledání alternativních zdrojů živin, uhlíku a jednoduchých cukrů.¹⁶⁵

4.4 Udržitelnost a cirkulární výroba

„*Vznik průmyslových odpadů a nakládání s nimi za účelem bezpečné likvidace se v dnešní době stalo náročným celosvětovým problémem s ohledem na bezpečnost životního prostředí.*”¹⁶⁶ V kontextu oběhového hospodářství se BC jeví jako slibný materiál, zejména díky její schopnosti syntetizace z průmyslových odpadů. Tento přístup je detailně analyzován v řadě studií, včetně práce *Bacterial Cellulose Production within a Circular Economy Framework: Utilizing Organic Waste*. Bakteriální celulóza, produkovaná bakteriemi rodu *Acetobacter xylinum*, vzniká fermentačními procesy, které lze realizovat statickými, míchanými nebo agitačními metodami.¹⁶⁷ Každý z těchto přístupů vede

¹⁶¹ Originál: „*In fermentations process, the cost of the medium accounts for 50–65 % of the total expenditure.*” HUSSAIN et al., *Production of bacterial cellulose from industrial wastes: a review*, 2019, p. 2901.

¹⁶² MUTHU a RATHINAMOORTHY, *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles*, 2021.

¹⁶³ HUSSAIN et al., *Production of bacterial cellulose from industrial wastes: a review*, 2019.

¹⁶⁴ ISLAM et al., *Strategies for cost-effective and enhanced production of bacterial cellulose*, 2017.

¹⁶⁵ KHAN a KAMAL, *Bacterial Cellulose: Synthesis, Production, and Applications*, 2022.

¹⁶⁶ Originál: „*Nowadays, the generation of industrial wastes and their handling for safe disposal has become a challenging global concern with respect to environmental safety.*” KHAN a KAMAL, *Bacterial Cellulose: Synthesis, Production, and Applications*, 2022, p. 152.

¹⁶⁷ MORENO-DÍAZ et al., *Bacterial Cellulose Production within a Circular Economy Framework: Utilizing Organic Waste*, 2024.

k odlišným výsledkům a má svá specifika, jak je již popsáno v podkapitole 2.4 Produkce BC.

Důležitým faktorem je také zajištění konzistentní kvality, což v masové výrobě může představovat komplikaci. Kromě toho je nutné řešit otázku surovin, neboť materiály jako jsou cukry používané při výrobě BC mohou konkurovat potravinovým zdrojům. Nejen z tohoto důvodu je kladen důraz na hledání alternativ s podobnou energetickou hodnotou, které neovlivní potravinový řetězec. Podle tvrzení R. Nayaka a jeho kolegů lze navzdory všem faktorům bakteriální celulózu označit za perspektivní materiál pro textilní průmysl, což dokazují i nejnovější studie provedené v posledních letech.¹⁶⁸

V oděvním průmyslu se pro výrobní účely nejčastěji používají materiály na bázi kombuchy.¹⁶⁹ Pro zajištění efektivní výroby je kladen důraz na využívání surovin s vysokým obsahem dusíku a uhlíku. Tato kritéria splňují například kávová sedlina, čajové lístky nebo zbytky potravinářské výroby. Využití těchto materiálů má dvě zásadní přednosti: snižuje výrobní náklady a podporuje princip oběhového hospodářství, který transformuje vedlejší produkty na hodnotné suroviny, čímž přispívá k udržitelnosti. Výsledný materiál navíc může být veganskou alternativou textilu, pokud během procesu nejsou použity živočišné produkty.¹⁷⁰

Cenově dostupné, organické substráty mohou zahrnovat odpady z pivovarnictví, cukrovarnictví, zemědělství či biorafinérií, jako jsou kukuřičné stonky, pšeničná sláma, zbytky z výroby rýžového vína či melasa.¹⁷¹ Dále se k těmto zdrojům mohou řadit i odpadní vody z příhodných průmyslových sektorů, mezi které se řadí například i komunální odpad. Pro dané účely však složky musí projít čištěním, aby byla zamezena kontaminace.¹⁷² Tyto zdroje jsou atraktivní nejen z důvodu obsahu živin podporující syntézu, ale také díky obnovitelnosti a snadné dostupnosti.¹⁷³

¹⁶⁸ NAYAK et al., *Potential of bacterial cellulose for sustainable fashion and textile applications: A review*, 2024.

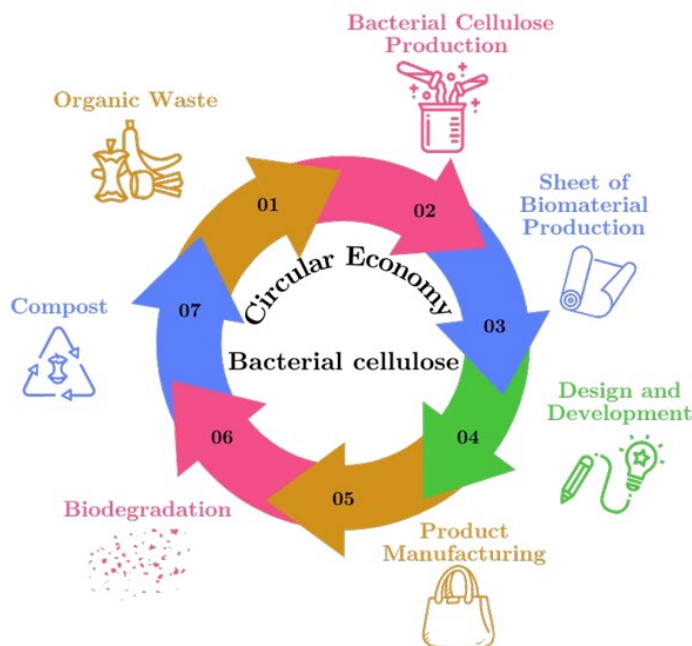
¹⁶⁹ MUTHU a RATHINAMOORTHY, *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles*, 2021.

¹⁷⁰ MORENO-DÍAZ et al., *Bacterial Cellulose Production within a Circular Economy Framework: Utilizing Organic Waste*, 2024.

¹⁷¹ HUSSAIN et al., *Production of bacterial cellulose from industrial wastes: a review*, 2019.

¹⁷² KHAN a KAMAL, *Bacterial Cellulose: Synthesis, Production, and Applications*, 2022.

¹⁷³ HUSSAIN et al., *Production of bacterial cellulose from industrial wastes: a review*, 2019.



Obrázek 18 Kruhový diagram udržitelného cyklu výroby bakteriální celulózy¹⁷⁴

4.5 Design

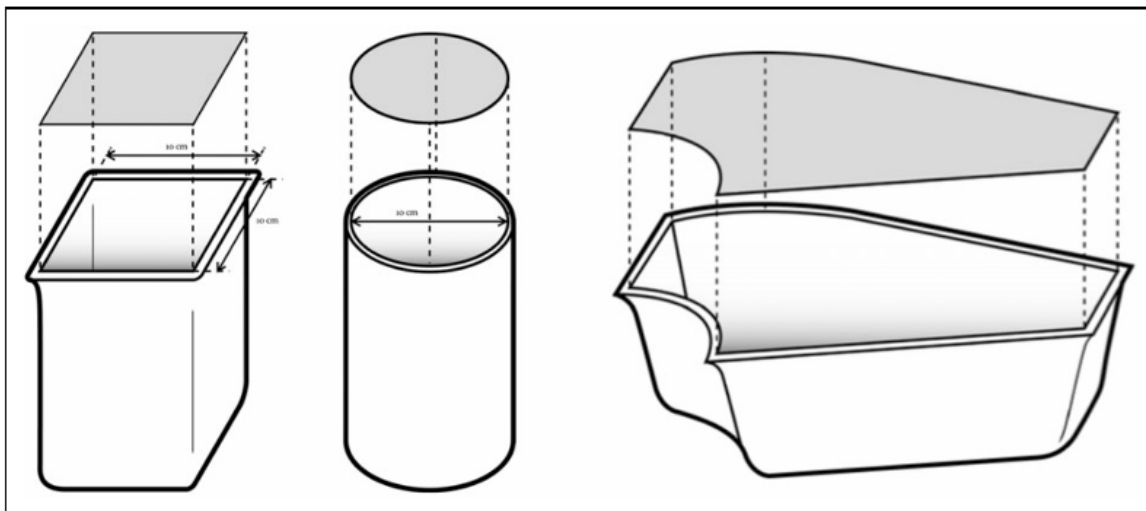
Bakteriální celulóza představuje netkaný materiál s širokou škálou modifikací, který nachází uplatnění v módním designu. Díky svým trvale udržitelným vlastnostem se stává vysoce atraktivním v kontextu současného oděvního odvětví. Ana Paula Provin a její kolegové navíc upozorňují na technologické pokroky, které umožňují z BC vyrábět vlákna a následně i příze, čímž se otevírají nové příležitosti pro inovativní koncepty.¹⁷⁵

Jak již bylo uvedeno, bakteriální celulóza při statické fermentaci roste na rozhraní kapaliny a vzduchu. Tato vlastnost umožňuje její přizpůsobení designovým potřebám. Za tímto účelem lze využít předem *tvarovanou kultivaci*, která probíhá ve speciálně upravených nádobách. Bakteriální celulóza se během růstu přizpůsobí jejich tvaru, což umožňuje výrobu materiálu přímo podle požadovaného stříhu. Po sklizni a sušení není nutné tvar dodatečně upravovat. To výrazně zefektivňuje celý průběh zhotovení produktu a snižuje tvorbu odpadu během oddělovacího procesu.¹⁷⁶

¹⁷⁴ MORENO-DÍAZ et al., *Bacterial Cellulose Production within a Circular Economy Framework: Utilizing Organic Waste*, 2024.

¹⁷⁵ PROVIN et al., *Textile industry and environment: can the use of bacterial cellulose in the manufacture of biotextiles contribute to the sector?*, 2021.

¹⁷⁶ NAYAK et al., *Potential of bacterial cellulose for sustainable fashion and textile applications: A review*, 2024.



Obrázek 19 Odpovídající tvar bakteriální celulózy z různých tvarů pěstebních nádob¹⁷⁷

Adheze, tedy schopnost BC přilnout k jiným materiálům, hraje rovněž významnou roli při jejím využití v designu. Tato vlastnost má pozitivní vliv na funkční parametry i estetickou hodnotu výsledného oděvu. Publikace *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles* však upozorňuje na obavy týkající se nedostatečné pevnosti buničité plochy při aplikaci oděvních komponentů. Konaný experiment ukázal, že připojení suchého zipu nepředstavuje překážku, přičemž pro usnadnění manipulace a zvýšení pružnosti dehydratované struktury se doporučuje napustit materiál párou před zahájením spojovacího procesu. Dalším intenzivně zkoumaným tématem je barvení. Studie se zaměřují na navázání pigmentu do vnitřní stavby vlákna, což výrazně podporuje vzhled a usnadňuje jeho přijetí v designu. Tyto aspekty rozšiřují potenciál BC nejen v módním průmyslu, ale i v dalších oblastech, jako jsou bytové textilie.¹⁷⁸

¹⁷⁷ CHAN et al., *Development of Tailor-Shaped Bacterial Cellulose Textile Cultivation Techniques for Zero-Waste Design*, 2017.

¹⁷⁸ MUTHU a RATHINAMOORTHY, *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles*, 2021.

5 FIRMY A ZNAČKY VYUŽÍVAJÍCÍ BC V TEXTILNÍM PRŮMYSLU

Bakteriální celulóza zaujala mnoho módních značek a designérů svými jedinečnými vlastnostmi, estetickou hodnotou a slibným udržitelným přínosem. Tyto producenty lze obecně rozdělit do dvou kategorií. První skupina využívá buničitý materiál v jeho přirozeném dehydrovaném stavu, zatímco druhá se soustředí na zvlákňování BC a přeměnu vláken pro výrobu plošných i délkových textilních útvarů, což poskytuje impuls pro vývoj nových technologií.¹⁷⁹

Australská společnost *Nanollose Ltd.* se intenzivně zabývá modifikací struktury bakteriální celulózy na textilní materiál. Vlákná vznikají fermentací vedlejších produktů zemědělského průmyslového odpadu a následně jsou pomocí technologických procesů zvlákňování přeměněna na patentované lyocellové vlákno *Nullarbor™*. Společnost se specializuje především na výrobu organických přízí, které svým vzhledem a vlastnostmi připomínají pravé hedvábí. Současně vyvíjí průmyslové metody produkce BC pro textilní průmysl s cílem konkurovat tradičním surovinám, jako je bavlna. Zdroj *Bacterial cellulose: Strategies for its production in the context of bioeconomy* rovněž uvádí pokroky indické společnosti Malai v oblasti kompozitních textilních vláken, která kombinují bakteriální celulózu a banánové listy. Kolekce Fin(it)e z roku 2019 představila oděvní doplňky, které tento inovativní materiál využily ve formě výztuh, pro navýšení pevnosti.¹⁸⁰



Obrázek 20 Oděv zhotovený technologií zero-waste 3D knitting z vláken na bázi BC od společnosti Nanollose Ltd.¹⁸¹

¹⁷⁹ ZHONG, *Industrial-Scale Production and Applications of Bacterial Cellulose*, 2020.

¹⁸⁰ ROCHA et al., *Bacterial cellulose: Strategies for its production in the context of bioeconomy*, 2023.

¹⁸¹ Nullarbor – *A new era of sustainable clothing made possible*, c2025.

Organizace thr34d5, pod vedením designového studia *NGO* propojuje udržitelnost, ekologii a současný design s tématy antropocentrismu. Prezentuje se jako mediální laboratoř pro sociální odolnost s důrazem na apolitičnost. Autoři se ve své tvorbě zaměřují na bakteriální celulózu produkovanou na bázi kombuchy a zkoumají její aplikační potenciál v přírodní, neupravené podobě. Studio realizovalo řadu projektů, které se věnují možnostem využití BC v oděvním designu a obalových materiálech, například *reGgrow*, *Otherness in Crafts* a *Kombucha Tsugi: The Bag Edition*. Projekt *reGrow* propojil módní tvorbu, buničitý materiál a biomedicínské aplikace za cílem vytvořit funkční oděvy pro pacienty s dermatologickými obtížemi, které by sloužily jako rehabilitační nástroje. Tento projekt demonstruje možnosti využití BC v oblasti zdravotnictví ve spolupráci s textilním průmyslem.¹⁸²



Obrázek 21 Oděv z projekt reGrow¹⁸³

¹⁸² Thr34d5: NGO design studio, c2025.

¹⁸³ RADNAEVA, *ReGROW*, 2018.

Lionne Van Deursen, zakladatelka stejnojmenného studia sídlícího v Nizozemsku, se věnuje originálnímu propojení nových materiálů s principy ekologického designu. Studio se zaměřuje na vývoj inovativních materiálů, včetně bakteriální celulózy. Současně působí jako producent nejen přírodní buničité suroviny, ale také finálních výrobků. Charakteristickým prvkem této designové značky je využívání šetrných barvicích technik s organickými pigmenty a důrazem na udržitelný výrobní cyklus s minimálním odpadem. Designérka experimentuje se strukturami, barevnými kombinacemi a možnostmi aplikace v produktovém designu a bytových textiliích. Mezi její významné práce patří projekt *IMPERFECT PERFECTION*, tedy „neperfektní dokonalost“, který pracoval s materiálovou studií bakteriální celulózy a stal se zdrojem inspirace pro rozvoj nových iniciativ.¹⁸⁴



Obrázek 22 Vzorky barvení BC ze studia Lionne Van Deursen¹⁸⁵

5.1 Suzanne Lee

Významný posun v oblasti etické oděvní tvorby přinesla Suzanne Lee, britská módní návrhářka a designérka, která se od konce 20. století intenzivně zaměřuje na výzkum bakteriální celulózy a její potenciál pro textilní průmysl.¹⁸⁶ Zásadní průlom přinesl projekt BioCouture, který byl realizován v roce 2003. Tento projekt demonstroval možnosti využití bakteriálního biofilmu při výrobě plně rozložitelných oděvů. Za tímto účelem byla využita statická fermentace kombuchové kultury, při níž mikroorganismy syntetizují 3D bakteriální

¹⁸⁴ Lionne Van Deursen, c2025.

¹⁸⁵ Lionne Van Deursen, c2025.

¹⁸⁶ RATHINAMOORTHY a KIRUBA, *Bacterial cellulose-A potential material for sustainable eco-friendly fashion products*, 2022.

strukturu za přítomnosti cukru, čajového vývaru, mateřské kultury a kyseliny octové jako vstupních surovin. Výzkum vedl k vytvoření protokolu, který optimalizoval produkci a zpracování bakteriální celulózy pro oděvní odvětví.¹⁸⁷ Studie potvrdila předpoklady pro udržitelné aspekty tohoto materiálu a podnítila inovativní aplikace BC po celém světě.¹⁸⁸ Suzanne Lee následně rozšířila své poznatky i do obuvnického průmyslu, kde v roce 2013 společně s kolegy představila první funkční obuv vyrobenou z tohoto přírodního buničitého polymeru.¹⁸⁹



Obrázek 23 Obuv BioCouture¹⁹⁰

Průkopnice nového přístupu k módě, Suzanne Lee, je autorkou termínu „Biocouture™“, který vznikl v roce 2004 v souvislosti s jejím desetiletým projektem stejnojmenného názvu. Tento koncept tvorby materiálu zahrnuje nejen aplikaci bakterií a kvasinek, ale také využití dalších netradičních surovin, jako jsou například řasy či mycelium. Koncept klade důraz na efektivní využití zdrojů a surovin. Zároveň eliminuje vznik odpadu, čímž významně přispívá k principům cirkulární ekonomiky.¹⁹¹ Biocouture™ představuje revoluční přístup, který nejen mění pohled na tradiční výrobu textilií,

¹⁸⁷ COLLET, *Designing our future bio-materiality*, 2021.

¹⁸⁸ BIOCOUTURE: *Garments with living bacteria*, 2022.

¹⁸⁹ COLLET, *Designing our future bio-materiality*, 2021.

¹⁹⁰ *o grow a shoe: The Biocouture Shoe*, c2025.

¹⁹¹ BIOCOUTURE: *Garments with living bacteria*, 2022.

ale zároveň rozšiřuje hranice udržitelného designu a jeho využití v různých průmyslových oborech.



Obrázek 24 Oděv zhotovený konceptem Biocouture™¹⁹²

Suzanne Lee je rovněž zakladatelkou a CEO společnosti *Biofabricate* se sídlem v New Yorku. Organizace se věnuje propojování biotechnologie a designu prostřednictvím mezioborové spolupráce. Její aktivity se soustředí na vývoj biologických materiálů, které nacházejí využití nejen v textilním průmyslu, ale i v řadě dalších odvětví. Společnost aktivně podporuje začínající podniky, pořádá workshopy a školení s cílem zapojit jednotlivce do oblasti ekologie a biodesignu. Rovněž pravidelně organizuje summity představující nejnovější pokroky ve vývoji biomateriálů, jako jsou řasy, mycelium a kvasinky. Hlavním cílem Biofabricate je zlepšit globální fungování společnosti prostřednictvím udržitelných přístupů k výrobě a spotřebě.¹⁹³

¹⁹² CHIN, Suzanne Lee: *Biocouture growing textiles*, 2010.

¹⁹³ *Biofabricate*, c2025.

II EXPERIMENT

6 OPTIMALIZACE PRODUKCE

Cílem optimalizace produkce bakteriální celulózy je zvýšit efektivitu výroby, snížit náklady a zkrátit dobu potřebnou k produkci. Za tímto účelem se zkoumají zásadní parametry, jako je volba živného média, výběr kmene mikroorganismů a nastavení podmínek fermentace. Tyto faktory se vyhodnocují na základě výsledků produkce.¹⁹⁴ Záměrem této kapitoly je popsat produkční schopnost bakterií a kvasinek, které tvoří organický útvar známý pod anglickým názvem *Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast* (SCOBY). Tato bakteriální kultura je živena jednoduchými cukry a čajovým výluhem, přičemž vzniká čajový nápoj kombucha. Během fermentace, za účasti kyseliny octové, mléčné a kvasinek, vzniká celulózová vrstva, která tvoří bakteriální pelikulu na rozhraní vzduchu a kultivačního média.¹⁹⁵

Pro experiment zaměřený na produkci BC statickou fermentací byly použity nádoby o rozměrech 800 × 600 × 120 mm a 1200 × 400 × 230 mm. Před aplikací kultivačního média byly nádoby pečlivě vyčištěny dezinfekčními prostředky, aby se minimalizovalo riziko kontaminace nežádoucími mikroorganismy. Produkce probíhala v nekvalifikovaných podmínkách, kde nebylo možné zajistit stabilní teplotu místnosti ani kultivační směsi. Rovněž nebylo možné přímo kontrolovat koncentraci minerálů, obsah uhlíku nebo zajistit sterilní prostředí, a to kvůli absenci specializovaného vybavení. Mezi parametry, které však bylo možné ovlivnit, patřilo složení a poměry jednotlivých složek kultivačního média, úroveň pH, přístup kyslíku a doba fermentace.

Základ kultivačního média tvořil černý nebo zelený čaj smíchaný s bílým krystalovým cukrem. Během přípravy čaje se na jeho povrchu vytvářel tenký film, který byl pravidelně odstraňován pomocí hustého síta. Tento krok byl nezbytný, neboť z výsledků pozorování by jeho ponechání mohlo vést ke kontaminaci celého média, což by podpořilo vznik plísní na povrchu pelikuly. Kromě toho byly odstraněny i pevné částice luhovaného čaje, které by rovněž negativně ovlivnily celistvý růst bakteriální kultury. Čajový výluh s cukrem a tzv. aktivátorem byl následně přeceděn do kultivačních nádob, aby se zajistila jeho maximální čistota. Aktivátor nebo též startér je kapalina již obsahující prvky mikroorganismů, která svým složením urychluje proces syntézy.¹⁹⁶

¹⁹⁴ FERNANDES et al., *Bacterial cellulose: From production optimization to new applications*, 2020.

¹⁹⁵ ANTOLAK et al., *Kombucha Tea—A Double Power of Bioactive Compounds from Tea and Symbiotic Culture of Bacteria and Yeasts (SCOBY)*, 2021.

¹⁹⁶ ANTOLAK et al., *Kombucha Tea—A Double Power of Bioactive Compounds from Tea and Symbiotic Culture of Bacteria and Yeasts (SCOBY)*, 2021.

Do kultivačních nádob s připraveným roztokem obsahující aktivátor byly vloženy 3 – 4 mateřské kultury o rozměrech 20 × 20 cm. Tyto kultury, označované též jako SCOPY, tvoří základní substrát pro proces syntézy. Jejich tloušťka se lišila podle délky předchozí kultivace a pohybovala se mezi 0,2–1 cm. Pro zajištění optimálních podmínek růstu byl kultivační box zakryt textilií, která umožňovala přístup kyslíku a současně chránila obsah před nežádoucími bakteriemi, nečistotami a světlem. Jak vyplývá z teoretických poznatků, omezení přístupu světla je nezbytné pro úspěšné množení bakterií a kvasinek, proto bylo použití textilie žádoucí.

Teplota místnosti, kde produkce probíhala, nebyla stabilní a kolísala v závislosti na počasí. V létě se pohybovala mezi 18–35 °C, zatímco v zimě klesala na 15–21 °C. Protože optimální teplota kultivačního média pro růst bakteriální celulózy činí 25–30 °C, bylo při nízkých teplotách využíváno teplovzdušné topidlo, které kapalinu ohřívalo na požadovaných 25 °C. Tento postup nebyl aplikován pravidelně, i přes to však zajistil aktivní růst bakterií.

Průběh syntézy byl kontrolován každých sedm dní. Po uplynutí jednoho týdne se na povrchu kapaliny začal tvořit tenký bakteriální film, který se s pokračující kultivací zesiloval. Pokud byl růst manuálně přerušen, velikostní parametry původní BC zůstaly stabilní a na rozhraní kapaliny a vzduchu započal růst nového bakteriálního filmu. Aby byla produkce struktury maximalizována, zasahovalo se do kultivačních nádob pouze v nezbytných situacích, například při doplňování živin, vážení, odstraňování usazenin a vzduchových kapes.

Čištění bakteriálního filmu se provádělo pouze v případě potřeby, a to při vzniku usazenin a nečistot, které by narušily kvalitu výsledného produktu. Tyto nečistoty se mohou zachytit v gelovité struktuře a zůstat viditelné i po procesu sušení. K čištění byla využita kohoutková voda bez chemických přípravků. Biofilm byl pod mírným tlakem opláchnut proudem vody a zbývající nečistoty byly odstraněny ručně. Po omytí byla BC nechána odkapat a poté vrácena zpět do kultivační nádoby, avšak bez původních mateřských kultur, které byly odstraněny. Nově vzniklá struktura se následně stala mateřskou kulturou pro další cyklus růstu.

Během kultivace docházelo vlivem fermentace k tvorbě kyselin v kapalině, což způsobovalo vznik vzduchových kapes pod bakteriálním filmem. Tyto kapsy bylo nutné odstraňovat, neboť narušovaly přísun živin a rovnoměrný růst celulózy. Bubliny byly manuálně přemisťovány k okraji pelikuly, kde došlo k samovolnému uvolnění vzduchu.

Pokud vzduchové kapsy pokrývaly více než 50 % povrchu, růst byl záměrně zastaven a tvorba biofilmu zahájena znovu od začátku.

Produkce bakteriální celulózy byla ukončena při dosažení tloušťky 0,5–1 cm, což činilo ideální hodnotu pro další zpracování. Doba růstu se pohybovala v rozmezí 8 až 12 týdnů a byla ovlivněna faktory, jako jsou teplota, stáří média, obsah živin a hodnota pH. Po ukončení kultivace byla pelikulární struktura přemístěna do mycí nádoby, kde byla ponechána v čisté vodě po dobu jedné hodiny. Tento krok zajistil částečnou výměnu zbytkového média za vodu a ukončil bakteriální aktivity. Po očištění a odstátí byla celulóza přemístěna do nádoby na odtok přebytečné kapaliny, kde byla ponechána jeden den před dalším zpracováním – procesem sušení.

Kultivační kapalina byla po ukončení procesu růstu BC recyklována a použita jako hnojivo díky svému vysokému obsahu živin. Nové médium bylo připraveno po každém cyklu, jelikož syntéza vyčerpává živiny a vytváří buněčné mutace, které brání plnohodnotné a kvalitní produkci. Během procesu růstu bakteriální celulózy byly pořizovány pracovní fotografické snímky, které jsou uvedeny v tabulce níže, spolu s popisem jednotlivých kroků.

Tabulka 1 Postup produkce bakteriální celulózy za optimálních podmínek¹⁹⁷

1. Příprava čajového vývaru probíhá v poměru 5 g/l časových lístků s přidavkem 35 g/l cukru. Po vychladnutí se z hladiny odstraní vzniklý povlak. Nálev se následně přelije do kultivačního boxu, kde je smísen s aktivátorem tvořícím 10 % celkového objemu média.	 Fotografie povlaku vzniklého na čajovém vývaru.
2. Do připraveného kultivačního média se vloží mateřská kultura SCOBY. Nádoba se následně zakryje textilií, která brání vniknutí nečistot do kapaliny a zároveň umožňuje přístup kyslíku.	 Fotografie kultivačního média s mateřskými SCOBY v nádobě.
3. Výsledek buničitého filmu po sedmi dnech fermentace.	

¹⁹⁷ Vlastní

4. Během procesu fermentace vznikají v kultivačním médiu nečistoty, které je nutné průběžně odstraňovat manuálně filtrací.	 Fotografie sedimentu.
5. Materiál je nutné průběžně čistit od pevných usazenin a nečistot, aby se předešlo jejich srůstání s bakteriální celulózou.	 Fotografie biofilmu v procesu čištění.
6. Bakteriální struktura se po čištění vrací zpět do kultivačního boxu s médiem. Rozměry původní pelikuly zůstávají stabilní. Na povrchu kapaliny začíná nový růst kolonií. Materské SCOBY jsou oddělány.	 Fotografie vrstev bakteriální celulózy po měsíci syntézy za standartních podmínek.

7. Během fermentace vznikají pod bakteriální celulórou vzduchové kapsy, které je nutné odstranit, aby nedošlo k lokálnímu omezení růstu.	 Fotografie vzduchových kapes mezi kapalinou a bakteriální pelikulou.
8. Materiál je připraven ke sklizni při minimální tloušťce 1 cm. Doba sklizně se liší podle různých faktorů, proces růstu obvykle trvá 6–10 týdnů.	 Fotografie materiálu optimální tloušťky.
9. Sklizený materiál se ponechá v nádobě k odtoku přebytečné kapaliny, následně se vyčistí a zahájí proces sušení.	 Fotografie materiálu před procesem sušení.

6.1 Složení kultivačního média

V rámci experimentu výrobního procesu byla využita symbiotická kultura bakterií a kvasinek (SCOBY), běžně aplikovaná v potravinářství při fermentaci nápoje kombucha. Jak uvádí Coelho s kolegy ve své publikaci *Kombucha: Review*, tato kultura je často označována jako čajová houba nebo mateřská kombucha a lze ji efektivně kultivovat nejen v černém, ale i v dalších typech čaje.¹⁹⁸



Obrázek 25 Mateřská SCOBY kombuchová kultura¹⁹⁹

Pro optimalizaci produkčních podmínek byla aplikována různá kultivační média, která se lišila složením organických složek, hodnotou pH a výslednou produkcí bakteriální celulózy (BC). Použité metody kombinovaly autorský experimentální přístup s ověřenými postupy výrobců. Výstupy byly analyzovány v rámci dostupných možností bez použití specializovaného laboratorního vybavení. Identifikace celulóзовých produktů byla prováděna na základě nabytých zkušeností a makroskopickým hodnocením. Součástí subjektivní analýzy byla mechanická pevnost, povrchová struktura a přítomnost defektů v materiálu.

¹⁹⁸ COELHO et al., *Kombucha: Review*, 2020.

¹⁹⁹ Vlastní

Jelikož kultivační médium vycházelo z potravinářských surovin, odborné informace byly čerpány jak z vědeckých zdrojů, například *International Journal of Gastronomy and Food Science*, tak i z populárně-naučných publikací o gastronomii. Uvedené údaje se v literatuře částečně rozcházejí, přičemž rozdíly vyplývaly z variabilních požadavků spotřebitelů. Na základě rešerše bylo použito základní kultivační médium s následujícím složením: 5 g/l lístků černého nebo zeleného čaje, 35 g/l bílého krystalového cukru, 10 % fermentačního stimulantu (aktivátor) a podíl SCOBY kultury, která svou bakteriální aktivitou podporovala produkci celulózy. Bylo ověřeno, že absence mateřské kultury či bakteriální složky v médiu by znemožnila fermentační proces vedoucí k syntéze BC. Pozorování potvrdila, že správný poměr složek a přítomnost aktivních mikroorganismů jsou zásadní pro efektivní a rychlou kultivaci.



Obrázek 26 Výsledný plát bakteriální celulózy za použití základního složení kultivačního média²⁰⁰

Do základní směsi kultivačního média byly v rámci experimentu přidány další složky s cílem podpořit růst bakterií, zvýšit produkci BC, ovlivnit její vlastnosti a upravit pH i výživové složení prostředí. Jedním z testovaných aditiv byl kofein v práškové formě v poměru: 5 g/l zeleného čaje, 35 g/l bílého krystalového cukru, 10 % aktivátoru, 236 g SCOBY kultury, 1 l vody a 3 g/l kofeinu. Kultivace probíhala za statických podmínek

²⁰⁰ Vlastní

při průměrné teplotě 20 °C, přičemž nádoba byla překryta gázou pro zajištění cirkulace vzduchu a ochrany před kontaminací. Proces byl ukončen po 30 dnech, kdy pH média kleslo pod hodnotu 3,0.

Výsledný celulózový materiál vykazoval nehomogenní strukturu s variabilní průhledností a nerovnostmi povrchu. Lokálně byla zjištěna nižší hustota bakteriální sítě a přítomnost perforací. Tyto defekty pravděpodobně souvisely s nerovnoměrným vyživováním bakterií, způsobeným přidáním kofeinu. Pozorování ukázalo, že vzniklý hydrogel nebyl kompaktní a vykazoval sníženou mechanickou pevnost ve vlhkém stavu. Výsledky experimentu ukázaly, že kofein neměl stimulační efekt na růst BC, naopak nepříznivě ovlivnil její mechanické vlastnosti.

Po sklizni byl bakteriální list dehydratován při pokojové teplotě po dobu tří dnů. Sušená struktura vykazovala vysokou lepidlost a nízkou odolnost vůči mechanickému namáhání, přičemž její integrita byla narušena i při minimální zátěži. Na základě experimentu bylo potvrzeno, že přidavek kofeinu do kultivačního média není efektivní a v dalších fázích produkce již nebyl aplikován.



Obrázek 27 Experiment: Vliv kofeinu na bakteriální celulózu²⁰¹

²⁰¹ Vlastní

V rámci experimentální části byla nadále realizována alternativní statická kultivace bakteriální celulózy, při níž bylo do základního kultivačního média za standardních produkčních podmínek přidáno pivo značky Kozel 10°, a to v poměru 14:1 vůči médiu. Cílem tohoto zásahu bylo experimentálně ověřit vliv přítomnosti alkoholu a složek obsažených v pivu na růst bakteriální celulózy. Předpokládán byl především pozitivní účinek na bakteriální metabolismus díky obsahu cukrů a dalších živin, jež by mohly podpořit růst mikroorganismů zodpovědných za produkci BC.

Během kultivace byla na povrchu média zaznamenána aktivita bakterií, přičemž růst biofilmu probíhal nerovnoměrně. Zajímavým zjištěním bylo, že nejnižší tloušťky biofilm dosahoval v okolí mateřské kultury (SCOBY), tedy v oblasti, která při standardních podmínkách obvykle představuje hlavní centrum bakteriální a kvasinkové aktivity. Dále byla pozorována zvýšená tvorba vzduchových bublin pod povrchem biofilmu. Předpokládá se, že vznik těchto vzduchových kapes souvisí s vyšším obsahem cukru v médiu. Jejich přítomnost však může negativně ovlivňovat růst BC, neboť dochází k omezení přístupu živin z média k aktivním částem biofilmu.



Obrázek 28 Biofilm bakteriální celulózy v průběhu kultivace v alkoholovém médiu ²⁰²

Provedené experimenty kultivace prokázaly, že obohacení kultivačního média o kofein nebo alkohol nepřináší žádný pozitivní efekt na tvorbu bakteriální celulózy, a to jak z hlediska růstu, tak výsledných materiálových vlastností. Nejefektivnější produkce bakteriální celulózy byla zaznamenána při standardní statické kultivaci, kdy složení média nebylo ovlivněno přebytečnými látkami. Výsledný BC plát v tomto případě vykazoval nejvyšší pevnost a rovnoměrný růst po celé ploše média.

²⁰² Vlastní

V průběhu experimentální kultivace se projevila celá řada rizik, která mohou během produkce bakteriální celulózy negativně ovlivnit kvalitu výsledného materiálu. Jedním z hlavních ohrožení je výskyt octomilek (*Drosophila melanogaster*), které na biofilmu parazitují a mohou způsobit jeho kontaminaci či narušení struktury. Další závažnou komplikací je výskyt plísní v kultivačním prostředí – tyto mikroorganismy poškozují nejen samotný biofilm, ale i živné médium a mateřskou kulturu SCOBY. Pokud dojde k napadení plísní, je nutné celou kultivační nádobu dekontaminovat a kontaminované části zlikvidovat. Na základě pozorování lze usuzovat, že výskyt těchto překážek souvisí mimo jiné i s ročním obdobím. V podmínkách domácí či neprofesionální produkce však zatím nebyly nalezeny účinné a udržitelné způsoby, jak těmto rizikům spolehlivě předcházet.



Obrázek 29 Kontaminace kultivačního média plísní během růstu BC²⁰³

6.2 Sklizeň, sušení a příprava bakteriální celulózy

Jakmile bakteriální celulóza dosáhne požadovaných rozměrů vhodných pro sklizeň, je odebrána z kultivačního média, čímž se její růst ukončí. Samotné médium, ve kterém probíhala kultivace, je následně zkompostováno. Vzhledem k předchozímu využití již neobsahuje dostatečné množství živin nezbytných pro nový růst kultury. Navíc je charakteristické nízkým pH a lze předpokládat přítomnost přemnožených bakteriálních kmenů, což by mohlo vést k nežádoucím mutacím a negativně ovlivnit další produkční cykly.

Vypěstovaný celulózový plát je následně důkladně omyt čistou vodou, aby se odstranily usazeniny vzniklé během růstu, které mohou snižovat výslednou kvalitu materiálu. Po oplachu je biofilm ponechán v nádobě k přirozenému odkapání zbytkového média. Tento krok je klíčový pro následné sušení, neboť bakteriální celulóza je z více než 90 % tvořena tekutinou. Při odkapávání se může z jednoho plátu o rozměru 80 x 60 x 1 cm uvolnit až 2 litry kapaliny. Po tomto mezikroku následuje samotný proces sušení.



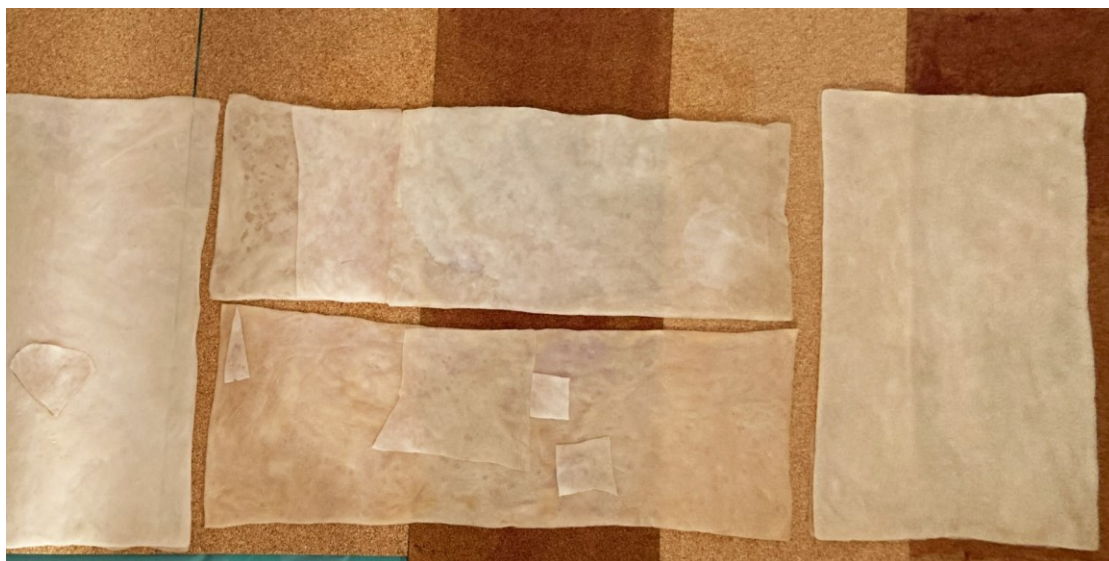
Obrázek 30 Celulózový plát s viditelnými nečistotami²⁰⁴

²⁰⁴ Vlastní



Obrázek 31 Proces čištění BC plátů ve vodní lázni²⁰⁵

Sušení probíhá na korkových podložkách o tloušťce 0,5 mm, které jsou schopny absorbovat odtékající tekutinu a zároveň zajišťují dostatečnou prodyšnost. Materiál byl sušen při pokojové teplotě v rozmezí 15–25 °C, přičemž konkrétní podmínky se odvíjely od ročního období a okolního klimatu. Volba přirozeného sušení umožňuje rovnoměrné odpařování tekutiny a přispívá k zachování pružnosti materiálu. Doba sušení se lišila v závislosti na tloušťce celulózy, stupni vlhkosti a teplotě v místnosti.



Obrázek 32 Proces sušení celulóзовých plátů na korkových podložkách²⁰⁶

²⁰⁵ Vlastní

²⁰⁶ Vlastní

V průběhu sušení byl do povrchu biofilmu vmasírován veganský olej značky Mama, který sloužil jako konzervační prostředek a současně zvyšoval flexibilitu výsledného plátu. Nevýhodou tohoto postupu je, že olej zůstává v materiálu, na rozdíl od vody, která se během sušení odpaří. Při časté manipulaci nebo ohýbání může olej prosakovat a způsobit znečištění okolních předmětů. Po úplném vysušení je dehydratovaný plát chráněn igelitovou fólií a uskladněn pro další zpracování v rámci produktové aplikace.



Obrázek 33 Plát bakteriální celulózy připravený na zpracování v produktu²⁰⁷

²⁰⁷ Vlastní

7 VÝSLEDKY LABORATORNÍHO MĚŘENÍ BC

Vzhledem ke specifickým vlastnostem bakteriální celulózy bylo vhodné podrobit tento přírodní polymer laboratornímu měření, které mělo za cíl přesněji určit její aplikační možnosti v kontextu funkčního designu. Tato měření rovněž umožnila lépe předvídat chování materiálu v průběhu realizační fáze produktové řady a zároveň odhadnout jeho životnost při běžném užívání.

Měření vybraných vlastností bakteriální celulózy bylo provedeno na specializovaném pracovišti s využitím odpovídajícího laboratorního vybavení. Cílem bylo ověřit tři hlavní parametry důležité pro její využití v oděvním designu: odolnost vůči oděru, propustnost pro vodní páry a schopnost odolávat opakovanému ohybu. Výběr těchto testů vycházel z praktických a funkčních požadavků na materiál. Testování proběhlo na dvou typech vzorků: barveném a nebarveném, které se lišily způsobem sušení i obsahem přírodní barvicí složky. Tloušťka testovaných vzorků se pohybovala v rozmezí 0,3–0,5 cm a byla prováděna se vzorky v suchém stavu.

Na základě výsledků měření Stanovení odolnosti proti oděru bylo zjištěno, že bakteriální celulóza vykazuje vysokou míru odolnosti vůči opakovanému mechanickému zatížení, a to až do maximální testované hodnoty 51 200 otáček. Po 3 200 otáčkách byl u obou vzorků patrný mírný matný efekt na povrchu, nicméně během celého testování nedošlo k perforaci materiálu. Výsledky rovněž prokázaly, že barvení nemá negativní vliv na mechanickou odolnost, což potvrzuje vhodnost materiálu i pro aplikace s vyšší mírou zatížení.

ČSN EN ISO 20344, čl. 6.12 Stanovení odolnosti podšívky a podš. Stélky proti odírání

Příprava a úprava vzorků v nutných krocích

vyseknutí a příprava dne: 6.1.	
kondicionování začátek: 6.1. konec: 4.1.	
amočení začátek: / konec: /	

ozn. Kondicionování min 24 hodin, namočení oděrové textilie a plsti přes noc.

Záznam ze stanovení		Prostředí:
Datum: 7.1.		T= 23
Ciklo:		RH= 48

Zkouška za sucha				
Počet stáček	Vzorek:	Stůl č.: 1	Vzorek:	Stůl č.: 2
	Kontrola vzorku A/N - popis poškození		Kontrola vzorku A/N - popis poškození	
1600	bez změny		bez změny	
3200	bez změny - mírný		bez změny - mírný	
6400	bez změny		-1-	
12800	-1-		-1-	
25600	-1-		-1-	
51200	-1-		-1-	

Zkouška za mokra sucha vlhka				
Počet stáček	Vzorek:	Stůl č.: 3	Vzorek:	Stůl č.: 6
	Kontrola vzorku A/N - popis poškození		Kontrola vzorku A/N - popis poškození	
1600	bez změny		bez změny	
3200	bez změny - mírný mat		bez změny - mírný mat	
6400	-1- = bez změny		-1-	
12800	-1-		-1-	
25600	-1-		-1-	
51200	-1-		-1-	

Obrázek 34 Záznam výsledků Stanovení odolnosti proti odírání²⁰⁸

Výsledky měření propustnosti pro vodní páry ukázaly, že vzorky bakteriální celulózy nedosahují hodnot, které by byly považovány za optimální pro použití v oděvní tvorbě. U nebarveného materiálu se propustnost pohybovala v rozmezí 0,02041–0,03920 mg/cm²h, zatímco u barveného vzorku byly naměřeny obdobné hodnoty v rozmezí 0,01778–0,04022 mg/cm²h. Tyto výsledky potvrzují, že materiál propouští vodní páry

²⁰⁸ Vlastní

pouze ve velmi omezené míře, což jej činí nevhodným pro přímý kontakt s pokožkou z hlediska komfortu při nošení BC oděvu – zejména v podmínkách zvýšené fyzické aktivity nebo vyšší vlhkosti.

ZÁZNAM O PROVEDENÍ ZKOUŠKY											
ČSN EN ISO 20344:2021 Osobní ochranné prostředky - Zkušební metody pro obuv Kap. 6.6 Stanovení propustnosti pro vodní páru, 6.8 Stanovení koeficientu vodní páry											
Stanovení propustnosti pro vodní páru a koeficientu vodní páry											
Datum: 7.1.											
Zkušební nádoba č.	vzorek č.	Předpříprava zkoušky			Fáze zkoušení 450 ± 30 min.			Rozdíl $m_0 - m_1$ (g)	Propustnost pro vodní páru P_{wv} (mg/cm ² h)	T= 23 °C RH= 47 %-53	
		Pohyb 60 ± 5 min.		Hmotnost m_0 (g)	Průběh zkoušky		Rozdíl $T_1 - T_0$ (h)				Hmotnost m_1 (g)
		začátek	konec		začátek T_0	konec T_1					
		1	1	7.30	8.30	161,4111	8.35				16.35
2	2	přirození		161,4344				161,4402	0,0108	0,02103	
3	3			161,6422				161,6375	0,0153	0,03421	
4	1			161,0354				161,8055	0,0199	0,04022	
5	2	umírání		159,4018				159,7178	0,0160	0,03023	
6	3			159,6445				159,8861	0,0088	0,01458	
0										0,00989	

Obrázek 35 Záznam výsledků Stanovení propustnosti pro vodní páry²⁰⁹

Při měření odolnosti proti opakovanému ohybu byly zaznamenány nejvýraznější rozdíly mezi barveným a nebarveným vzorkem bakteriální celulózy. Barvený materiál začal po přibližně 10 000 ohybech vykazovat viditelné záhyby a ve všech třech testovaných vzorcích došlo k uvolňování oleje, který byl aplikován během procesu sušení za účelem zvýšení flexibility. U vzorku 3 došlo po 20 000 ohybech k perforaci materiálu v důsledku mechanického zatížení. Naproti tomu nebarvený vzorek vykazoval vysokou odolnost a ani po 50 000 ohybech nedošlo k jeho poškození ani narušení struktury, což svědčí o jeho vyšší mechanické stabilitě v nezměněné podobě. Na základě získaných výsledků lze konstatovat, že pro praktické využití bakteriální celulózy je vhodnější její nebarvená varianta, která vykazuje vyšší odolnost vůči mechanickému ohybu.

²⁰⁹ Vlastní

ZÁZNAM O PROVEDENÍ ZKOUŠKY ČSN EN ISO 17694:2016 Obuv - Zkoušení vrchů a podšívek Odolnost proti opakovanému ohybu					
Celkový počet ohybů:		za sucha/mokra:	ČZ:	Prostředí:	
Datum: 7.1.		E.č. vzorku:	Analyzoval:	T= 23	
PC kdo:		PC kdy:	Pozn.:	RH= 44	
Posuzování poškození ohybem popis poškození dle strany č.2					
Vzorek č.	Orientace				
1		10 000 (za sucha) bez změny - vstupuje most neta; bez změny bez změny			
2		-11 -			
3		dřívější - vyřezáno prošle - vyřezáno eměna boty (průstřední) - ukázkou; = dříve			
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Obrázek 36 Záznam výsledků měření Stanovení odolnosti proti opakovanému ohybu pro barvený vzorek BC²¹⁰



Obrázek 37 Vzorek nebarvené BC po 30 000 ohybech²¹¹



Obrázek 38 Vzorek barvené BC po 30 000 ohybech²¹²

Kromě výsledků laboratorních měření bylo rovněž pozorováno, že dehydrovaná bakteriální celulóza je mimořádně citlivá na vlhkost okolního prostředí. Materiál je schopen absorbovat vzdušnou vlhkost, což může výrazně ovlivnit jeho fyzikální vlastnosti. V suchém prostředí, kde biofilm není přirozeně zvlhčován, dochází k výraznému poklesu flexibility, zvýšení křehkosti a praskání struktury. Z těchto zjištění vyplývá, že pro zachování tvárnosti a funkčnosti materiálu je vhodné udržovat určitou úroveň vnitřní vlhkosti, která zabrání jeho degradaci.

²¹¹ Vlastní

²¹² Vlastní

8 SPOJOVACÍ PROCES

V souvislosti s využitím bakteriální celulózy v oděvní tvorbě bylo vhodné experimentálně ověřit různé technologie spojování materiálu. Cílem tohoto experimentu bylo prozkoumat možnosti aplikace jak konvenčních, tak nekonvenčních metod spojování. Testovány byly především švy zhotovené pomocí řetízkového jednojehlového šicího stroje a dále spoje vytvořené technologií lepení za použití adheziva.

V praktické části práce byly následně vyzkoušeny také další způsoby spojování, jako je nýtování nebo ruční šití. Na základě provedených zkoušek bylo zjištěno, že volba vhodné spojovací technologie závisí na několika faktorech – zejména na stříhovém řešení oděvu, stupni dehydratace, tloušťce a celkové kvalitě použité bakteriální celulózy. V kontextu praktického využití oděvů a doplňků se jako nejvhodnější řešení osvědčila technologie lepených švů, zejména v namáhaných oblastech. Tato metoda nezatěžuje materiál mechanickými vpichy, které při klasickém šití narušují strukturu bakteriální celulózy a mohou vést k jejímu poškození.

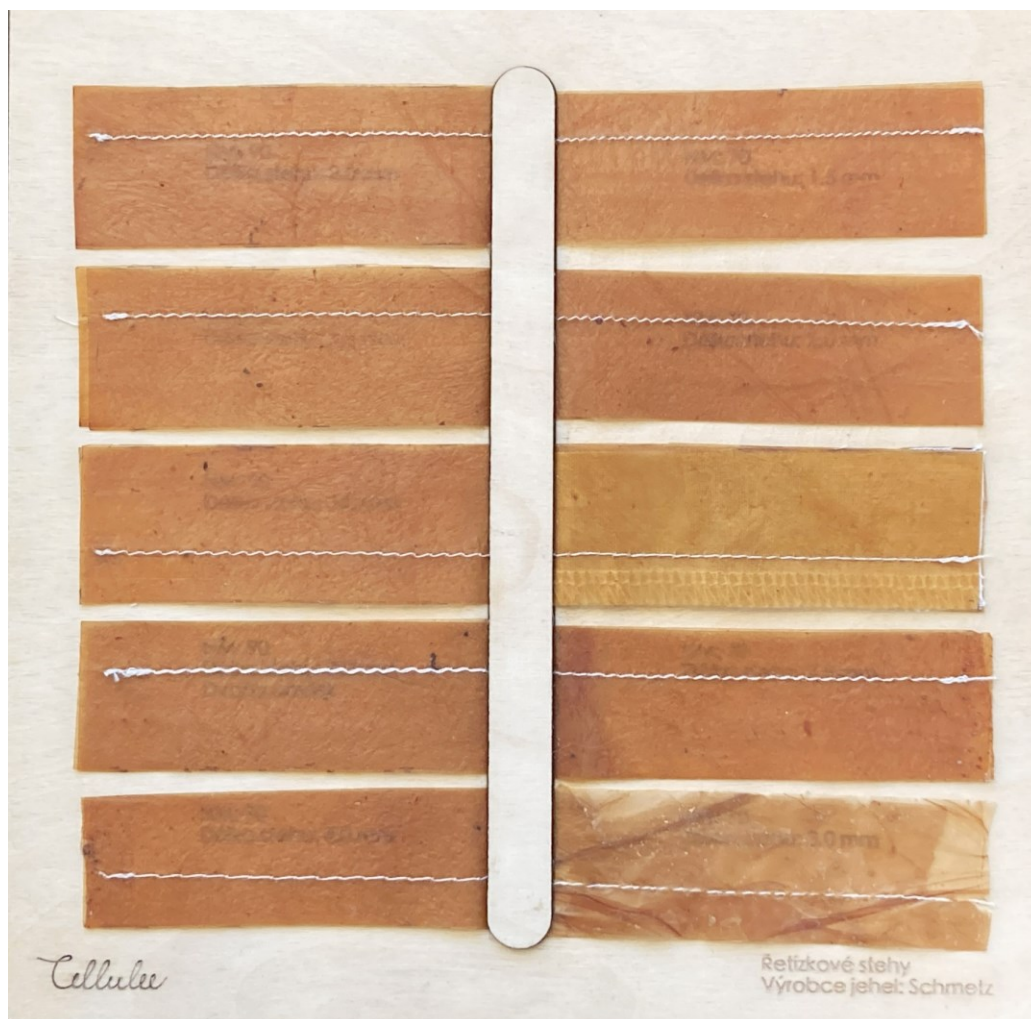
8.1 Konvenční spojovací metoda

Mezi konvenční metodu spojování bakteriální celulózy byla zařazena technologie strojového šití. Cílem této části experimentu bylo ověřit kvalitu spojení, průběh prošití, technické možnosti zhotovení švů, jejich pevnost a zároveň posoudit míru poškození materiálu způsobenou zvolenou technologií. Zkoumán byl vliv tloušťky jehly a délky stehu, přičemž šití bylo realizováno na řetízkovém jednojehlovém průmyslovém šicím stroji. Vzorky o rozměrech 3×10 cm byly zhotoveny z tenkého, plně dehydratovaného celulózového plátu.

Experiment prokázal, že nejefektivnější výsledky byly dosaženy při použití tenké jehly, která minimalizovala perforaci materiálu. Co se týče délky stehu, jako vyhovující se ukázalo širší nastavení – kratší vzdálenosti mezi jednotlivými vpichy vedly k nežádoucímu plošnému narušení struktury a znehodnocení spoje. Dále bylo zjištěno, že vzhledem ke struktuře a transparentnosti bakteriální celulózy není při šití nutné rozlišovat lícovou a rubovou stranu materiálu.

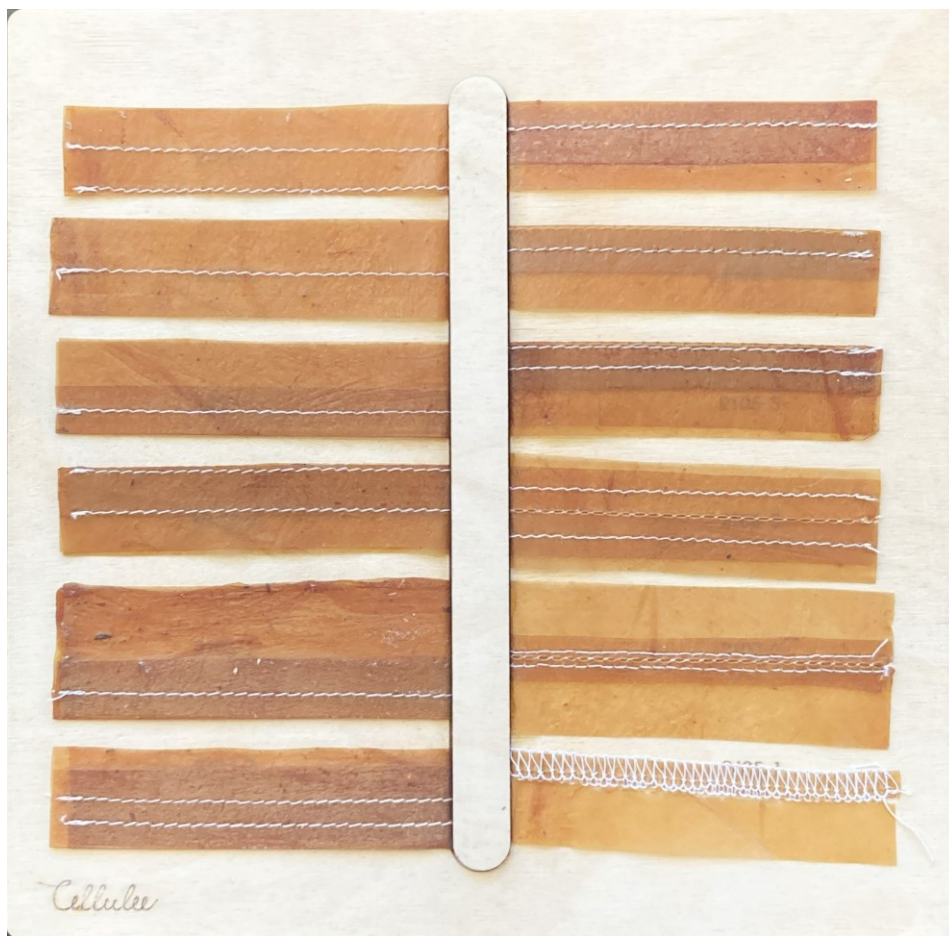
Na základě kladných výsledků byl tento typ spojení následně aplikován ve větším rozsahu při realizaci bundy na modelu 1. V průběhu praktického použití se však ukázalo, že ani při dodržení optimálních parametrů není strojové šití pro konstrukčně namáhané části oděvu ideálním řešením. Materiál v místech švů při zatížení praskal, a navíc nebylo vždy

možné celulózu ve všech fázích výroby strojově spojit – zejména kvůli její křehkosti a rozdílnému stupni hydratace. V případech, kdy bylo žádoucí použít konvenční metodu spojení, se jako vhodnější řešení osvědčilo ruční šití s předem připravenými vpichy, které významně omezily riziko poškození materiálu.



Obrázek 39 Výběr zhotovených vzorků strojového prošití BC²¹³

²¹³ Vlastní



Obrázek 40 Výběr zhotovených typů švů podle ČSN 80 0110²¹⁴

8.2 Nekonvenční spojovací metoda

Pro daný úsek experimentální části práce byla nadále zvolena technologie lepených švů jako jedna z nekonvenčních metod spojování materiálů. Tato volba vycházela ze specifických vlastností bakteriální celulózy, která ve vlhkém stavu přirozeně vykazuje schopnost adheze. Cílem bylo porovnat tuto vlastnost v kontrastu s účinkem syntetických adheziv a zároveň posoudit jejich vliv na mechanické vlastnosti BC, zejména pružnost, pevnost a soudržnost spojů. Výběr lepené technologie byl dále motivován snahou ověřit její využitelnost v praxi.

V rámci experimentu bylo testováno pět typů lepidel, přičemž nejlépe se osvědčil produkt Textile+ od společnosti Prym. Jedná se o univerzální textilní adhezivum bez obsahu silikonu, určené ke spojování různých typů materiálů – od textilií a usní až po PVC. Ačkoli syntetická adheziva obecně vykazují vysokou pevnost spojů, jejich chemické složení může narušovat přirozenou strukturu bakteriální celulózy a negativně ovlivnit její biologickou rozložitelnost. Přesto se produkt Prym Textile+ ukázal jako vhodné řešení

²¹⁴ Vlastní

pro oděvní aplikace BC, a to díky své odolnosti vůči mechanickému namáhání i vlhkosti. Mezi jeho další výhody patří transparentnost po zaschnutí a zachování pružnosti spoje, což jej činí funkčně stabilním a vizuálně nenápadným řešením v konstrukci produktů z BC.



Obrázek 41 Vzorek lepených švů²¹⁵

Experiment porovnal lepené švy vytvořené pomocí adheziva s přirozenou schopností bakteriální celulózy vzájemně přilnout ve vlhkém stavu. Výsledky ukázaly, že ačkoli přirozená adheze zajišťuje dočasné spojení s určitou pevností, postrádá dlouhodobou stabilitu – materiál lze za vlhka opětovně oddělit a při následném zvlhčení může dojít k uvolnění připojené vrstvy. Na základě těchto poznatků lze konstatovat, že přirozená lepivost není vhodná pro konstrukčně namáhané části, avšak může být efektivně

²¹⁵ Vlastní

využita v oblasti dekorativních aplikací či vzorování, kde není spoj vystaven mechanické zátěži.



Obrázek 42 Spojení vrstev bakteriální celulózy vlhkostí²¹⁶

Na rozdíl od přirozené adheze vykazují spoje realizované pomocí syntetického adheziva výrazně vyšší pevnost a dlouhodobou stabilitu, což z nich činí vhodnější řešení pro konstrukčně namáhané části oděvu. Při jejich použití je však nezbytné zohlednit chemické složení lepidla, které může narušit přirozený charakter bakteriální celulózy a snížit její ekologickou hodnotu, zejména z hlediska kompostovatelnosti. Výsledky experimentu ukazují, že technologie lepených švů představuje perspektivní variantu pro praktické využití, zejména při volbě adheziv šetrných k biologickému původu materiálu. Naproti tomu přirozená lepivost BC nachází své uplatnění spíše v dočasných spojkách, například při vrstvení dekorativních motivů, kde je výhodné zachovat čistotu materiálu bez použití syntetických látek.

²¹⁶ Vlastní



Obrázek 43 Motiv 1 - vzorování bakteriální celulózy prostřednictvím přirozené adheze²¹⁷



Obrázek 44 Motiv 2 - vzorování bakteriální celulózy prostřednictvím přirozené adheze²¹⁸

²¹⁷ Vlastní

²¹⁸ Vlastní

9 ÚPRAVY VLASTNOSTÍ

Přestože bakteriální celulóza nabízí řadu výjimečných vlastností, její praktické využití je dosud limitováno některými materiálovými nedostatky. Pro širší uplatnění by bylo žádoucí zaměřit se na jejich optimalizaci, zejména v oblasti odolnosti a dlouhodobé stability. Určité parametry, jako je transparentnost či pevnost struktury, lze do jisté míry ovlivnit už ve fázi kultivace. Do budoucna by se však pozornost měla soustředit také na možnosti biologické stabilizace, zlepšení mechanických vlastností či dosažení větší poddajnosti materiálu bez ztráty jeho ekologické integrity.

9.1.1 Vodoodpudivá úprava

Jednou z vlastností bakteriální celulózy, která může být v závislosti na způsobu použití vnímána jako nežádoucí, je její výrazná schopnost absorbovat vodu. Tato charakteristika je sice výhodná při potřebě materiál zvlhčit – například za účelem snazšího tvarování nebo využití jeho přirozené adheze ve vlhkém stavu. V případě oděvní aplikace však představuje zásadní omezení. Při nošení v exteriéru za nepříznivých klimatických podmínek může vysoká nasákavost vést ke ztrátě funkčnosti oděvu.

Problematické je rovněž to, že i po ukončení procesu sušení zůstává materiál schopný opětovně přijímat vlhkost. Pokud přichází do přímého kontaktu s pokožkou, absorbuje tělesné sekrety, zejména pot. Vlivem toho ztrácí svoji původní skulpturální tuhost a měkne, čímž dochází ke změně jeho mechanických vlastností. V této souvislosti se může krátkodobě projevit i lepidlost povrchu, způsobená zbytkovým obsahem cukru. Tato lepidlost však u plně vyschlého plátu postupně mizí.

Z uvedených důvodů byly v rámci experimentální části ověřeny také možnosti vodoodpudivé úpravy materiálu po jeho usušení. Testovány byly dvě metody na vzorcích bakteriální celulózy o rozměrech 3×10 cm: aplikace včelího vosku a sprejová impregnace. Přestože se voskování ukázalo jako účinnější, vodoodpudivé úpravy nebyly na finální produkty aplikovány. Cílem totiž bylo záměrně pracovat s přirozenými limity materiálu bez dodatečných zásahů do jeho struktury.

Jako nejúčinnější forma vodoodpudivé úpravy se ukázalo celoplošné povoskování lící i rubní strany bakteriální celulózy. Včelí vosk na povrchu vytvořil tenkou ochrannou vrstvu, která významně omezila pronikání vody do struktury biofilmu. Aplikace vosku pouze z jedné strany nebyla dostatečná a nezabránila úplně prostupu vlhkosti do materiálu. Na jiném

vzorku BC byl dále testován impregnační sprej. Ten se do materiálu vstřebal, aniž by vytvořil funkční povrchový film, čímž ztratil svou ochrannou schopnost. Navíc vnesl do jinak přírodního materiálu syntetické látky. Z hlediska funkčnosti, aplikační praktičnosti a environmentální šetrnosti se jako nejvhodnější vodoodpudivá úprava osvědčilo právě povoskování včelím voskem.



Obrázek 45 Impregnace BC včelím voskem²¹⁹

²¹⁹ Vlastní

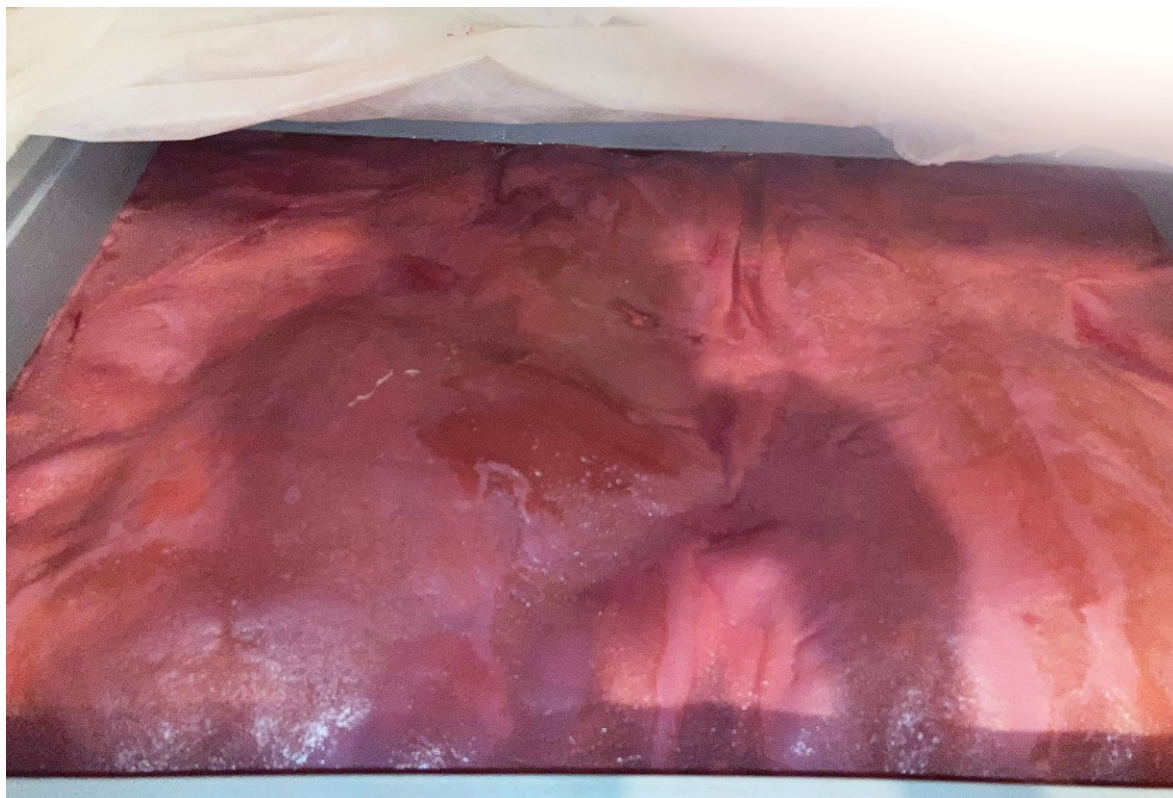
10 ESTETICKÉ ÚPRAVY

Estetické úpravy představují soubor zásahů, jejichž cílem je zvýšit vizuální atraktivitu materiálu a tím i jeho celkovou hodnotu. Tyto postupy posilují postavení bakteriální celulózy jako alternativního materiálu v oblasti oděvního designu a zároveň rozšiřují její možnosti využití v dalších oblastech díky přidané estetické hodnotě. V rámci experimentu byly do této kategorie zařazeny metody jako barvení, vzorování, tvorba kompozitních struktur a aplikace laserových technologií. Volba jednotlivých přístupů vycházela nejen z jejich vizuálního potenciálu, ale také z možné realizace v podmínkách experimentu.

10.1 Barvicí metody

Barvení patří mezi zásadní estetické úpravy, které výrazně ovlivňují vizuální charakter materiálu a zvyšují jeho atraktivitu z hlediska vnímání koncovým uživatelem. V rámci experimentální části bylo zkoumáno, jak různé typy barviv ovlivňují barevnost, sytost odstínu, rovnoměrnost nanesení a případně i strukturu materiálu. Specifickou vlastností bakteriální celulózy je její vysoká savost, díky níž jsou barviva na tekuté bázi obzvláště vhodná pro efektivní aplikaci.

Barevný odstín materiálu lze ovlivnit již během samotného kultivačního procesu, kdy barva výsledného plátu do jisté míry odráží zabarvení použitého kultivačního média. Tato metoda však vykazuje několik zásadních nevýhod, a to: nízkou barevnou stálost, slabou intenzitu výsledného odstínu a vysokou spotřebu barviva v poměru k objemu média. Navíc může být negativně ovlivněno chemické složení kultivačního prostředí, což se může projevit ve snížené kvalitě výsledného biofilmu a tím jeho omezené zpracovatelnosti.



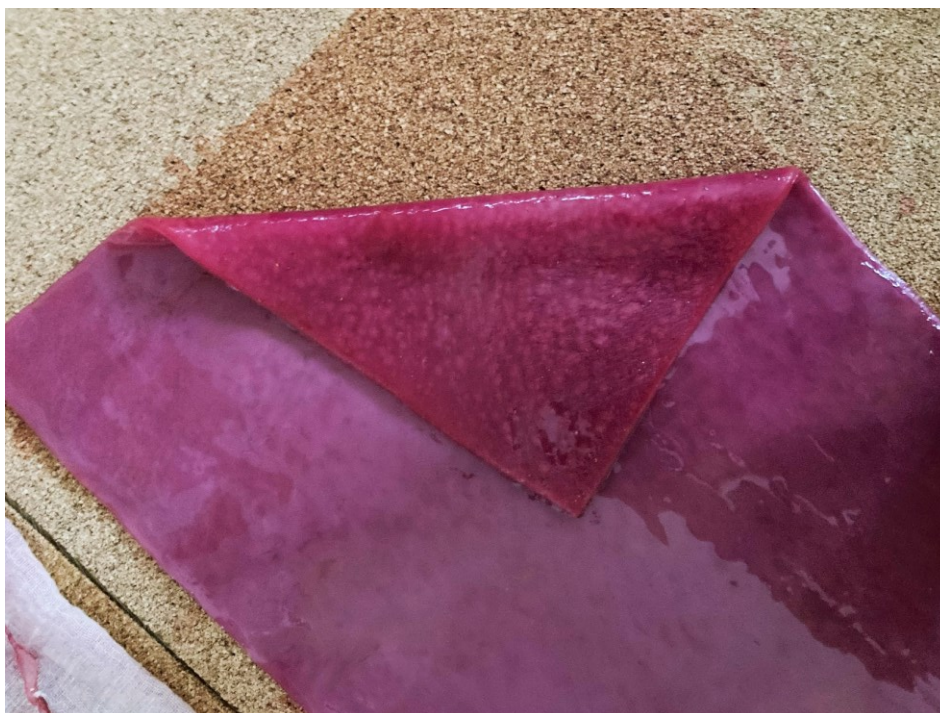
Obrázek 46 Barvení BC v průběhu kultivačního procesu²²⁰

Mezi experimentálně ověřené metody barvení patřila i technika ponoření plně hydratovaného plátu bakteriální celulózy do barvicí lázně bezprostředně po ukončení kultivace. Lázeň byla tvořena z 70 % extraktem z červené řepy, který sloužil jako hlavní přírodní pigment. Dále byla přidána kyselina octová v množství odpovídajícím 20 % objemu lázně, a to z důvodu předpokládaného pozitivního vlivu na fixaci barviva ve struktuře celulózy. Zbývajících 10 % tvořila odtékající tekutina uvolněná z čerstvě vypěstované BC, která se do lázně přirozeně přimísila. Výsledky však ukázaly, že přítomnost kyseliny octové fixaci barviva výrazně neovlivnila. Metoda se ve srovnání s jinými testovanými přístupy neprokázala jako efektivní, zejména z hlediska intenzity zabarvení a barevné stálosti.

²²⁰ Vlastní



Obrázek 47 BC v barvicí lázni²²¹



Obrázek 48 Plát bakteriální celulózy po ukončení barvení v lázni, připravený k sušení²²²

²²¹ Vlastní

²²² Vlastní

Další možností barvení je aplikace pigmentu během fáze sušení materiálu. K tomuto zásahu dochází ve chvíli, kdy je z vláken přibližně z 50 % odpařeno kultivační médium a materiál je ještě dostatečně tvárný a savý. Výhodou této metody je možnost cíleně ovlivnit intenzitu výsledného odstínu a jeho rovnoměrné nanesení. Experiment navíc potvrdil, že barvení v této fázi přispívá ke zvýšení stálobarevnosti pigmentu i po úplném usušení a setrvává i při následném zpracování do finálních produktů. Tato technika se osvědčila jako praktická a byla využita u většiny plátů, z nichž byly vytvořeny produkty kolekce Cellulee LABEL. Jako problematická se však nadále ukazuje skutečnost, že obarvená dehydratovaná bakteriální celulóza má tendenci po opětovném zvlhčení uvolňovat barvivo. Tento jev přetrvává bez ohledu na zvolený typ pigmentu nebo metody barvení. Daná překážka představuje dosud nevyřešený nedostatek, který bude předmětem dalšího experimentálního ověřování.



Obrázek 49 Barvení během procesu sušení – vniknutí pigmentu do struktury BC²²³

²²³ Vlastní

10.1.1 Přírodní barviva

Přírodní barviva představují ekologicky šetrnou alternativu k syntetickým pigmentům a umožňují upravit vzhled bakteriální celulózy v souladu s jejím biologickým původem. Cílem experimentálního ověřování bylo posoudit kompatibilitu přírodních barviv s tímto materiálem a zhodnotit výsledný vizuální efekt, intenzitu zabarvení a stálobarevnost. Výběr konkrétních surovin pro přípravu pigmentů vycházel z jejich dostupnosti na českém trhu a z aktuální sezónní nabídky. Barvicí roztoky byly připraveny bez použití syntetických chemických látek či fixačních činidel. Aplikace přírodních barviv probíhala dvěma metodami a to, ponořením do barvicí lázně a během fáze sušení, s cílem porovnat jejich účinnost z hlediska vizuální kvality a trvanlivosti barevného odstínu.

Prověřeny byly přírodní barviva získaná ze surovin, jako jsou červená řepa (*Beta vulgaris* var. *rubra*), červené hlávkové zelí (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*), kurkuma (*Curcuma longa*), černý čaj (*Camellia sinensis*) a spirulina (*Arthrospira platensis*). Všechny vzorky byly barveny metodou vodní lázně, přičemž nejvýraznějšího zabarvení bylo dosaženo při použití červené řepy. Ta vykazovala nejvyšší intenzitu pigmentace po ukončení barvicího procesu. Na základě experimentálních výsledků bylo barvení červenou řepou dále využito v praktické části práce, avšak s úpravou metody – pigment byl aplikován během fáze sušení, což vedlo k ještě sytějšímu a rovnoměrnějšímu zabarvení výsledných plátů bakteriální celulózy. Následná práce s obarveným materiálem potvrdila dobrou stálobarevnost a stabilitu odstínu i po zhotovení finálních produktů.

Barvení přírodními barvivami se ukázalo jako vhodné zejména díky jejich šetrnému složení, které nenarušuje přirozenou strukturu bakteriální celulózy. Mezi hlavní omezení této metody však patří užší barevná škála a tím i omezená variabilita odstínů ve srovnání se syntetickými alternativami. Rozhodujícím faktorem při volbě přírodních pigmentů je však jejich omezená stálobarevnost – například červené hlávkové zelí nebo kari koření vykazují časem ztrátu barevné intenzity, což snižuje jejich využitelnost pro dlouhodobé aplikace.



Obrázek 50 Vzorek BC obarvený červenou řepou²²⁴



Obrázek 51 Vzorek BC obarvený černým čajem²²⁵

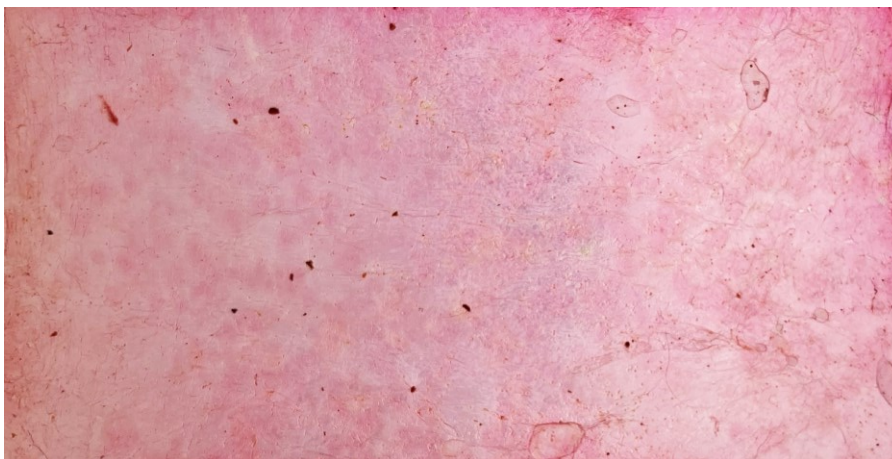


Obrázek 52 Vzorek BC obarvený kurkumou²²⁶

²²⁴ Vlastní

²²⁵ Vlastní

²²⁶ Vlastní



Obrázek 53 Vzorek BC obarvený červeným hlávkovým zelím²²⁷

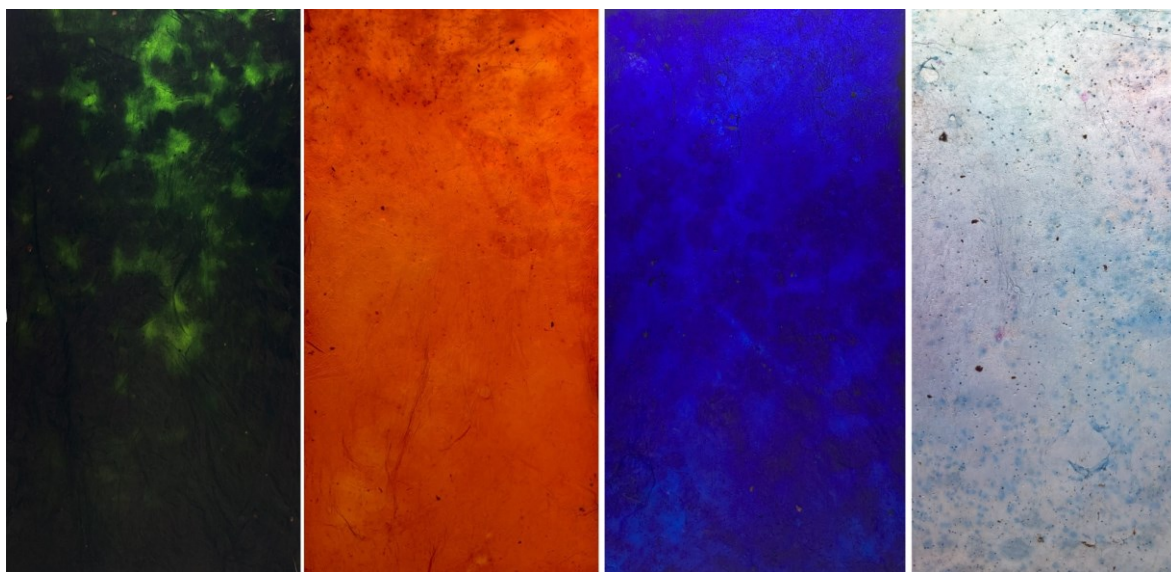
10.1.2 Syntetická barviva

Syntetická barviva byla zahrnuta do experimentu, aby bylo možné porovnat výsledky se vzorky z přírodního barvení. Syntetická barviva navíc představují takřka neomezenou barevnou paletu, a tak se s jejich aplikací potenciálně rozšiřuje i estetická hodnota BC. Nevýhodou syntetických barviv, představuje právě jejich složení, které může mít negativní vliv na vlastnosti, charakter, strukturu a následnou biologickou likvidaci BC.

Za účelem experimentálního ověření vlivu syntetických barviv na bakteriální celulózu byly připraveny barvicí lázně obsahující reaktivní barvivo značky Artemiss, určené podle údajů výrobce pro batikování textilií za studena. Barvivo v práškové formě bylo rozpuštěno ve vodě o teplotě 100 °C, čímž vznikl koncentrovaný roztok, z něhož byly dále připraveny lázně různých odstínů a intenzit. Do těchto roztoků byly následně vloženy vzorky plně hydratované bakteriální celulózy a ponechány v lázni po dobu 20 minut. Po barvení byly vzorky přeneseny na korkovou podložku, kde probíhalo sušení.

Výsledky experimentu ukázaly, že barevný odstín zůstal i po dehydrataci materiálu stabilní a během času nejevil známky blednutí, na rozdíl od přírodních barviv. V některých případech však došlo ke změnám v povrchové struktuře materiálu – povrch se jevil jako výrazněji vrásčitý a křehčí, což negativně ovlivnilo flexibilitu výsledných plátů, a to i přesto, že všechny testované vzorky měly obdobnou tloušťku.

²²⁷ Vlastní



Obrázek 54 Bakteriální celulóza po barvení reaktivními pigmenty Artemiss – srovnání výsledných odstínů²²⁸



Obrázek 55 Povrchová struktura bakteriální celulózy po aplikaci reaktivního barviva Artemiss²²⁹

²²⁸ Vlastní

²²⁹ Vlastní

Z dlouhodobého hlediska se jako stálobarevnější prokázala barviva na syntetické bázi, která si uchovávají intenzitu odstínu i po sušení a delším časovém odstupu. Oproti tomu přírodní pigmenty sice vykazují nižší barevnou stálost, avšak na základě pozorování se ukázaly být šetrnější k bakteriální celulóze – u takto barvených vzorků nedošlo ke zkřehnutí ani narušení povrchové struktury.

Syntetická barviva nabízejí větší barevnou variabilitu a stálost, zatímco využití přírodních pigmentů je často omezeno sezónností a lokální dostupností vstupních surovin. Výhodou přírodních barviv je však jejich ekologická šetrnost – jak vůči materiálu, tak životnímu prostředí. Z těchto důvodů bylo pro praktickou část práce zvoleno barvení přírodním pigmentem, konkrétně extraktem z červené řepy. Tato surovina je dostupná po celý rok, její extrakce je nenáročná a nevyžaduje použití syntetických příměsí, což z ní činí vhodnou volbu pro udržitelnou aplikaci.

10.2 Potisk a tetování

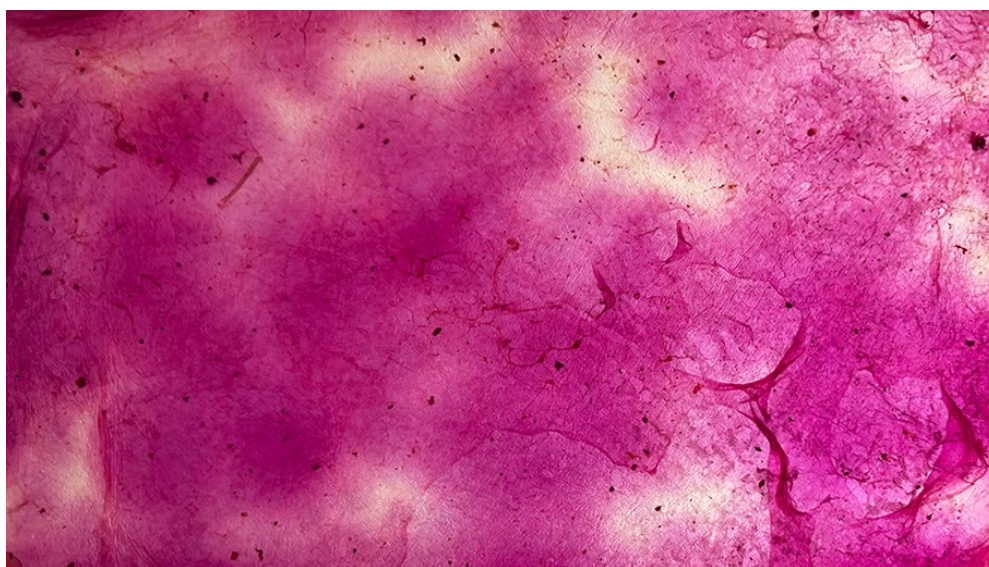
Za účelem prozkoumání aplikačního potenciálu bakteriální celulózy bylo v rámci experimentální části ověřeno také využití vzorování pomocí technik potisku a tzv. tetování. Tyto ručně prováděné metody mají význam nejen z estetického hlediska, ale zároveň rozšiřují možnosti praktického uplatnění materiálu v dalších oblastech designu a řemeslné tvorby. Společným znakem obou přístupů je jejich efektivita zejména při aplikaci na dehydrovanou bakteriální celulózu, kdy dochází k lepší stabilizaci vzoru a snadnějšímu nanesení barvy nebo pigmentu.

Technologie potisku bakteriální celulózy byla experimentálně ověřena na plně hydratovaném vzorku. Jako tisková forma byla použita razítková matrice tvořená segmentem textilní krajky, která byla namočena do tekutého barvicího média značky Artemiss. Následně byl motiv přenesen otiskem přímo na povrch celulózového plátu a matrice byla ihned sejmuta.

Vzhledem k vysokému stupni hydratace materiálu však došlo k rozpíjení pigmentu, což vedlo ke ztrátě ostroty vzoru a k narušení jeho kontur. Metoda nebyla dále testována na dehydrovaném plátu z důvodu omezeného množství materiálu. Na základě provedeného pokusu lze konstatovat, že potisk na plně hydratované BC neposkytuje uspokojivé výsledky z hlediska přesnosti ani vizuální kvality a metoda se v této podobě neukázala jako funkční.



Obrázek 56 Otištěný vzor na povrchu hydratované BC²³⁰



Obrázek 57 Potisk na BC – finální vzhled po sušení²³¹

Technika tetování byla pro aplikaci na bakteriální celulózu zvolena na základě vizuální podobnosti jejího povrchu s lidskou kůží – materiál nevykazuje jednotnou tloušťku a jeho struktura může připomínat pokožku. V rámci rešerše nebyla tato metoda v souvislosti s BC dosud zaznamenána, což vytvořilo prostor pro experimentální ověření. Tetování bylo realizováno pomocí profesionálního tetovacího strojku, a to na vzorcích bakteriální celulózy v hydratovaném i dehydratovaném stavu.

Aplikace tetovací techniky na dehydratovanou bakteriální celulózu přinesla velmi pozitivní výsledky. Vzor byl na materiál přenesen postupy odpovídajícími běžné praxi

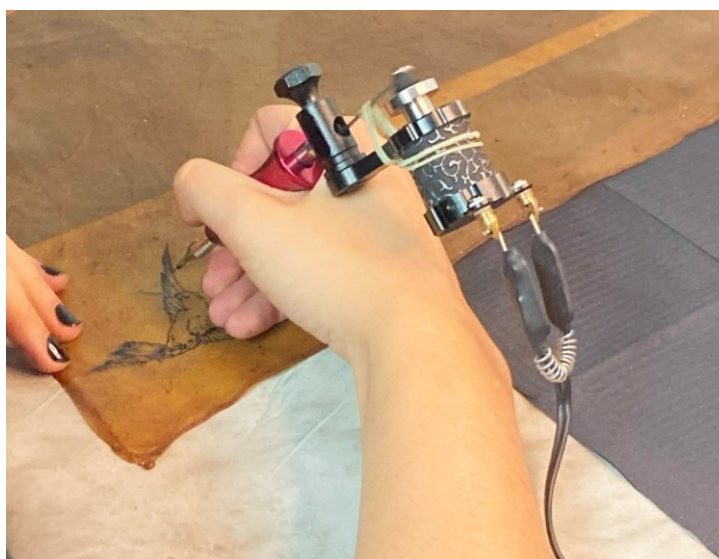
²³⁰ Vlastní

²³¹ Vlastní

tetování lidské pokožky. Samotné tetování probíhalo pomocí automatického tetovacího strojku, přičemž se nejvíce osvědčila aplikace jednoduchých obrysových motivů. Komplexní stínování se ukázalo jako méně efektivní. Vysušená bakteriální celulóza na zásahy jehly reagovala obdobně jako lidská dermis, a to zejména díky své jemně zvrásněné vrstvené struktuře. Tetovací inkoust se v materiálu nerozpíjel, ani po aplikaci. Výsledný motiv zůstal ostrý a definovaný.



Obrázek 58 Přenesení motivu na dehydratovanou BC²³²



Obrázek 59 Tetování bakteriální celulózy: aplikace tetovacího inkoustu do její vnitřní struktury²³³

²³² Vlastní

²³³ Vlastní



Obrázek 60 Výsledek tetování do dehydratované bakteriální celulózy²³⁴

Významným přínosem je skutečnost, že použitý tetovací inkoust odpovídá hygienickým standardům pro práci s lidskou kůží, a je tedy nezávadný. Na základě výsledků lze konstatovat, že bakteriální celulóza má potenciál k využití v oblasti tetovacího řemesla – například jako ekologická alternativa běžných syntetických tréninkových kůží pro začínající tatéry, jelikož svou strukturou velmi věrně simuluje vlastnosti lidské pokožky.

Součástí experimentu byla rovněž aplikace tetovací techniky na bakteriální celulózu ve zcela hydratovaném stavu. Průběh i výsledek se však výrazně lišil oproti tetování dehydratovaného materiálu. Vlhká struktura BC byla méně stabilní a při kontaktu s jehlou docházelo k narušení povrchových vrstev a perforaci. Tetovací inkoust se navíc díky přítomnosti média ve struktuře materiálu výrazně rozpíjel, což vedlo k rozmazání obrysů a celkové ztrátě přesnosti motivu. Výsledky tak naznačují, že tato metoda není vhodná pro aplikaci na BC v hydratovaném stavu. Naopak, optimální podmínky pro tetování nabízí plně dehydratovaná celulóza, která díky své soudržnosti umožňuje přesné vedení linky bez rozpíjení pigmentu.

²³⁴ Vlastní



Obrázek 61 Přenesení vzoru na hydratovanou BC²³⁵



Obrázek 62 Výsledek vytetovaného motivu na hydratovanou BC²³⁶

²³⁵ Vlastní

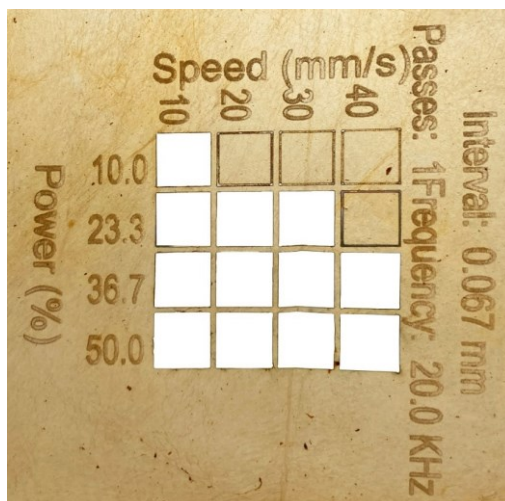
²³⁶ Vlastní

10.3 Laser a gravírování

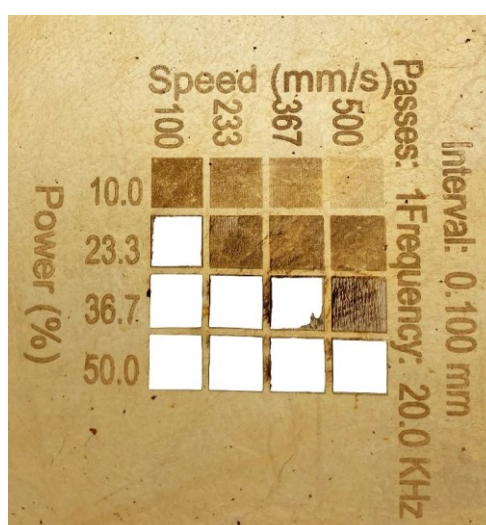
Technologie laserového řezání a gravírování patří mezi běžně využívané metody úpravy materiálů, jako jsou dřevo, PVC nebo textilie. Z dostupné rešerše však vyplývá, že její použití v souvislosti s bakteriální celulózu dosud není běžné ani systematicky zdokumentované. Díky dostupnému technickému vybavení bylo možné v rámci této práce otestovat reakci biofilmu na laserové zpracování. Cílem bylo ověřit, zda je materiál dostatečně odolný, aby zvládl působení laserového paprsku bez nežádoucí perforace, spálení nebo vznícení.

Za tímto účelem byly provedeny orientační zkoušky, které sledovaly vzájemný vliv parametrů laseru, konkrétně rychlosti, intenzity a pulzní frekvence, na povrch BC. Jedním z hlavních omezení této metody se ukázala být nerovnoměrná tloušťka bakteriální celulózy, která značně komplikuje nastavení optimálních parametrů tak, aby byl materiál zpracován přesně, ale zároveň nebyl poškozen.

Laserové řezání je metoda, při níž koncentrovaný paprsek energie prochází skrz materiál a umožňuje jeho přesné dělení. V průběhu testování bylo zjištěno, že bakteriální celulózu je možné tímto způsobem zpracovat bez vzplanutí nebo nežádoucí perforace, což potvrzuje její schopnost odolávat působení vysokých teplot. Technologie se osvědčila jako funkční jak pro účely přesného oddělování tvarů, tak i pro vytváření dekorativního vzorování. Při použití vyšší intenzity paprsku se však na okrajích řezu objevuje mírné opálení, které nemá vliv na mechanické vlastnosti materiálu a nemá negativní dopad na jeho další zpracování.

Obrázek 63 Zkouška BC materiálu na laserové řezání²³⁷

Laserové gravírování je technologie, při níž nedochází k proříznutí materiálu, ale pouze k částečnému odebrání jeho povrchové vrstvy. Také v tomto případě byly provedeny zkušební aplikace, které potvrdily funkčnost metody při práci s bakteriální celulózou. Při gravírování tenkých plátů BC docházelo spíše ke změně zbarvení povrchu a narušení jeho přirozené struktury, která byla v tenké vrstvě odstraněna působením laserového paprsku. U silnějších vzorků se gravírování projevovalo jako plastický zásah a vytvářelo novou prostorovou úroveň v materiálu. Výsledky však ukázaly, že rovnoměrnost gravury ovlivňuje variabilita tloušťky i povrchová textura hydratovaného biofilmu. V místech, kde byl materiál nerovný, docházelo k nevyrovnanému odebrání vrstvy a tím i k drobným odchylkám ve vzoru.

Obrázek 64 Zkouška BC materiálu na laserové gravírování²³⁸²³⁷ Vlastní²³⁸ Vlastní

Výhodou laserové technologie je vysoká přesnost a možnost individuálního nastavení parametrů, díky nimž lze bakteriální celulózu zpracovávat šetrně a efektivně. Z provedených zkoušek vyplývá, že laser nemá negativní vliv na mechanické vlastnosti materiálu, nedochází k nežádoucímu vysušení vláken a biofilm si zachovává svou pevnost i flexibilitu. Laserové řezání tak může sloužit nejen ke zvýšení estetické hodnoty materiálu prostřednictvím detailního vzorování, ale i jako funkční oddělovací technologie. Vzhledem ke spolehlivosti a univerzálnímu využití byly tyto metody záměrně uplatněny i v praktické části práce.

III PRAKTICKÁ ČÁST

11 KONCEPTUÁLNÍ ZÁMĚR PRODUKTOVÉ ŘADY

Praktická část čerpá z poznatků o materiálu bakteriální celulóza získaných v teoretické části práce a experimentu. Zaměřuje se na koncept *biocouture*, jenž využívá principů tvorby oděvů z biologických materiálů, přičemž tento přístup je v rámci produktové řady rozšířen i do oblasti produktového designu. Cílem produktové řady, nesoucí název *Cellulee LABEL*, je prozkoumat potenciál uplatnění bakteriální celulózy v kombinaci i s tradičními textilními materiály. Práce se soustředí na možnosti zpracování tohoto specifického materiálu pomocí variant stříhových konstrukcí, spojovacích procesů, povrchových úprava a nadále i skrze dekorativní aplikace.

Design jednotlivých modelů byl určován množstvím a kvalitou vypěstovaného materiálu i dostupnými způsoby jeho zpracování. Tvůrčí práci s dehydrovanou bakteriální celulózu reflektuje experimentální přístup v podobě jednotlivých procesů v průběhu realizace praktické části. Při zhotovení byly využity různé techniky oddělování materiálu, například stříhání, řezání a laserování. Nadále byly pro spojovací proces využity konvenční i nekonvenční metody, za záměrem nalezení optimálního řešení pro dlouhodobé užívání produktů.

Jedním z hlavních konceptů produktové řady je propojení principů *biocouture* s různorodými textilními materiály, které vytváří dialog mezi biologickými a tradičními oděvními surovinami. Rozšiřujícím kreativním záměrem práce bylo uchopení charakteru a zjištěných vlastností o materiálu, jako je například schopnost vzájemné adheze BC, která byla využita nejen v průběhu povrchového vzorování materiálu. Produktová řada zároveň reflektuje estetické vnímání autorky a její snahy ověřit možnosti bakteriální celulózy v různých aplikačních oblastech.

Součástí produktové řady je také soubor vzorků, který dokumentuje průběh testování a experimentální práci s materiálem. Celkový koncept kolekce nabízí nový pohled na bakteriální celulózu jako přírodní alternativní materiál s perspektivním využitím v oblasti oděvního i produktového designu.

11.1 Cílová skupina

Produktová řada *Cellulee LABEL* zahrnuje nejen oděvní doplňky v podobě pokrývek hlavy a zavazadla osobní povahy, ale i prvek oděvu nebo produktového designu, kde je uplatňován materiál z bakteriální celulózy. Zhotovené výrobky nejsou určeny pro velkosériovou výrobu,

s ohledem na náročnost získání bakteriálních plátů a řemeslného zpracování jednotlivých produktů.

Cílovou skupinu představují především zákazníci se zájmem o udržitelné materiály, ekologicky zaměřený design a limitované, autorské kolekce. Patří sem jak jednotlivci hledající originální oděvní kousky a doplňky s příběhem, tak i klienti a firmy z oblasti interiérového designu, kteří oceňují alternativní, přírodní materiály s estetickou hodnotou.

Cílovým segmentem jsou především ženy ve věku 25-45 let se zájmem o udržitelné a etické přístupy v oblasti designu a odívání. Typický zákazník je vnímavý k původu materiálů a oceňuje autorský přístup v kombinaci s řemeslným zpracováním. Esteticky upřednostňuje minimalismus, jemné ženské prvky a zároveň disponuje otevřeným přístupem k neobvyklým střihům nebo materiálovým kombinacím.

11.2 Nálada produktové řady

Během tvorby celkového charakteru a atmosféry produktové řady Cellulee LABEL bylo ústředním motivem návrhového procesu propojit osobní vkus autorky s aktuálními módními tendencemi a zároveň hledat vhodné a vizuálně atraktivní uplatnění bakteriální celulózy v kontextu oděvního a produktového designu. S cílem maximálně využít potenciál tohoto materiálu byly provedeny experimentální zkoušky, které dokumentují jeho vlastnosti a limity. Výsledky těchto nekvalifikovaných pokusů byly zaznamenány ve formě fyzických vzorků, které tvoří nedílnou součást bakalářské práce ve formě vzorníku.

Jedním z hlavních tvůrčích záměrů bylo propojit bakteriální celulózu s tradičními textilními materiály, které lze z hlediska složení vnímat jako udržitelné. Estetika kolekce se vyznačuje jemnou elegancí a střídmy siluetami, přičemž výraznější akcenty se objevují zejména v podobě konstrukčních řešení a dekorativního vzorování. Klíčovým aspektem bylo zachovat přirozenou strukturu a vzhled materiálu BC a zároveň ji vizuálně podpořit vhodnou kombinací doplňkových prvků.

Vizuální koncept kolekce vychází z principu jednoduchosti a souznění s materiálem. Klade důraz na přirozené kvality bakteriální celulózy – její jemnou surovost a schopnost propouštět světlo. Záměrem nebylo pouze navrhnout esteticky působivé objekty, ale také ověřit výtvarný potenciál tohoto biomateriálu a rozšířit jeho využití za hranice konvenčních textilií. Styl celé produktové řady reflektuje osobní přístup autorky, založený na hledání

rovnováhy mezi přírodním charakterem materiálu a jeho vizuálním ztvárněním v rámci současného designu.

11.2.1 Moodboards

Za účelem vizuálního sjednocení produktové řady Cellulee LABEL a definování estetické nálady byly vytvořeny moodboardy, které sloužily jako nástroj při návrhovém procesu. Moodboardy napomohly určit nejen směr a spektrum produktů, ale také možnosti vzorování, tvarosloví a materiálové kombinace. Zároveň usnadnily rozhodování o směru vývoje produktů a oděvů, aby tvořily jednotný vizuál v návaznosti na limity zpracování bakteriální celulózy.

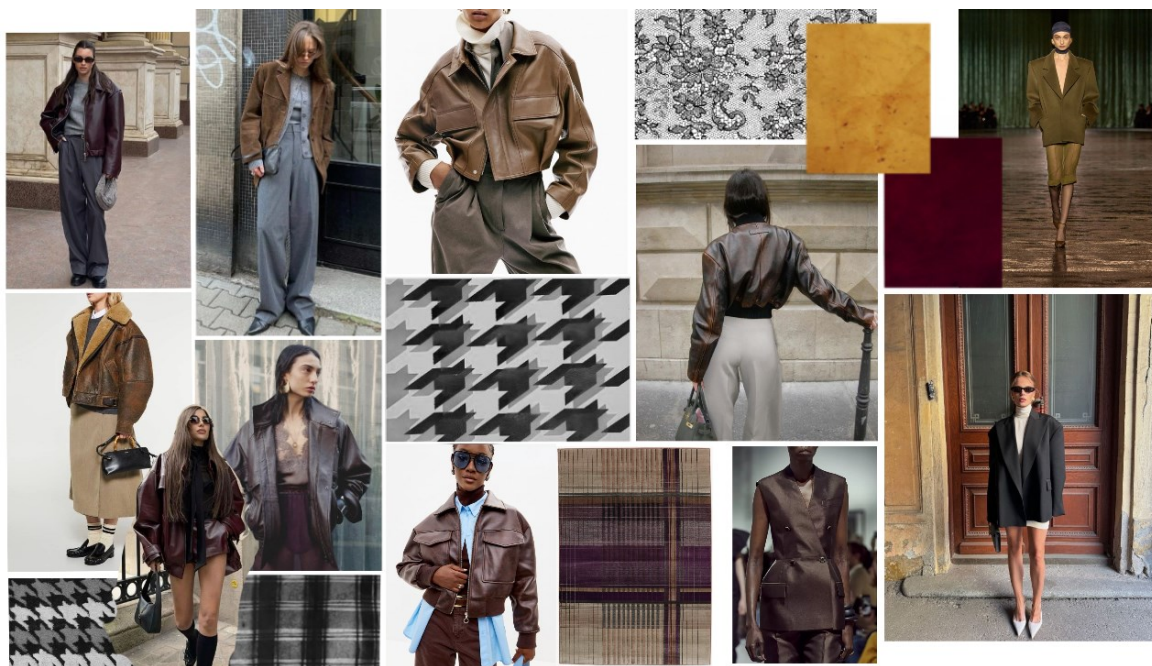
V procesu sestavování nálady produktové řady vznikly varianty moodboardů, které sloužily k vymezení možného aplikačního rozsahu bakteriální celulózy, sjednocení vizuálního stylu a konkretizaci stylu oděvů a doplňků. Prvotní moodboard nastiňuje rozsah aplikace BC. Jeho cílem bylo definovat aplikační možnosti materiálu v oblasti oděvního i produktového designu a nastavit rámec jednotlivých produktů. Moodboard zahrnuje inspirace z různých odvětví designu — oděvy, módní doplňky, obalový a interiérový design. Zohledňuje textury a barevnost přirozeně související s BC. Převládají přírodní tóny hnědé, karamelové a béžové, které odpovídají vzhledu dehydratované bakteriální celulózy. Zároveň jsou zde patrné materiály s povrchovými strukturami podobnými BC, například useň nebo poloprůsvitné textilie, a vizuální prvky odkazující k biologickému původu materiálu. Tento moodboard sloužil jako vodítko při návrhu produktové řady a pomohl určit nejen směr, ale i technické a funkční možnosti materiálu v různých typech výrobků.



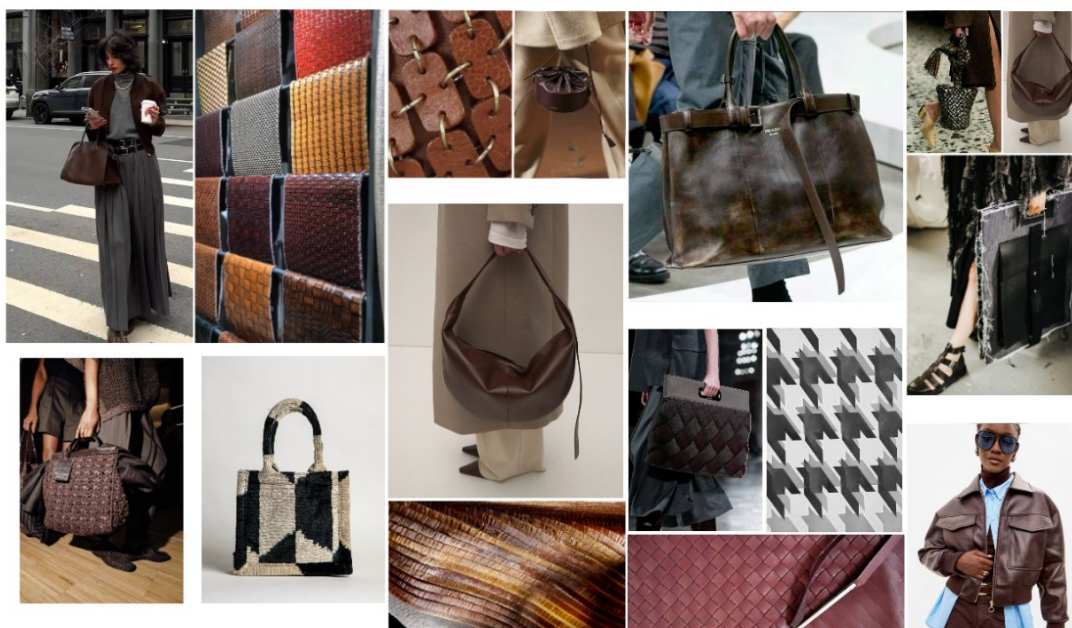
Obrázek 65 Moodboard 1 - aplikační směr bakteriální celulózy v produktové řadě²³⁹

Druhý moodboard vymezuje estetiku oděvů a stylingu. Převažují minimalistické střihy s akcentem na ženskou eleganci s francouzským nádechem. Siluety jsou volnější, s důrazem na zakulacené linie, které lichotí ženské postavě a zajišťují komfort při nošení. Objevují se zde inspirace vrstvením, kombinací hladkých a strukturovaných materiálů a aktuálním stylingem.

239 Vlastní

Obrázek 66 Moodboard 2 - siluety a styling oděvů²⁴⁰

Další moodboard se zaměřil na textury a doplňky. Obsahuje inspirace čerpající z přírodních materiálů, jako je useň a textilie s výraznou strukturou či vzorováním. Barevná paleta zahrnuje především hnědé, vínové a přírodní odstíny, které podporují surový charakter bakteriální celulózy. Dominantními motivy jsou proplétané a vrstvené textury, nadále tradiční vzor pepito, který byl následně využit i v návrzích kolekce.

Obrázek 67 Moodboard 3 – vizuální směr doplňků k produktové řadě²⁴¹²⁴⁰ Vlastní²⁴¹ Vlastní

11.3 Barevnice a vzorování

Prvotním záměrem bylo udržet barevnou paletu produktové řady *Cellulee LABEL* v tlumených tónech hnědé, starorůžové a velbloudí béžové. Tyto odstíny měly navodit přirozenou harmonii a podtrhnout charakter bakteriální celulózy. V průběhu vývoje se však ukázalo, že by tato barevnost způsobila vizuální splynutí materiálu BC s tradičními textiliemi a hlavní prvek kolekce by zanikal v jednotlivých barevných valérech. Barevná a materiálová skladba byla zvolena tak, aby podpořila výraz samotného materiálu a vytvořila soudržný a esteticky vyvážený celek.

Barevnice proto byla přepracována tak, aby materiál z BC dominoval a současně dodal produktům svěžest. Výsledná paleta zahrnuje světle modrou, šedou, vínovou a béžovou. Tyto odstíny byly zvoleny nejen pro estetický kontrast, ale také s ohledem na dostupnost materiálů. Materiál z bakteriální celulózy vznikl již v počátečních fázích projektu, ještě před samotnými návrhy, a jeho barevnost mohla být ovlivněna pouze během procesu sušení. Zasahování do již připravené BC, například dodatečné barvení, by mohlo ohrozit její kvalitu, a proto byla barevná paleta přizpůsobena přírodnímu vzhledu vzniklého materiálu.



Obrázek 68 Základní barevnice produktové řady²⁴²

²⁴² Vlastní

Vzorování produktové řady se přizpůsobilo nejen vizuálním cílům, ale také omezenému množství dostupné bakteriální celulózy a jejím fyzikálním vlastnostem, zejména propustnosti světla. Hlavním vzorem se stal motiv kohoutí stopy, který propojuje pravidelný geometrický rytmus s přirozenou strukturou materiálu. Tento vzor byl zvolen i proto, že jeho střídání plných a vynechaných ploch umožňuje efektivní využití světelné propustnosti BC. Vzor kohoutí stopy byl zvolen nejen z estetických důvodů, ale také s ohledem na jeho praktické využití při výrobě. Díky své drobnosti a pravidelnosti byl vhodný pro laserové vyřezávání do bakteriální celulózy, přičemž pro samotné získání vzoru byly využity zbytkové části materiálu vzniklé při stříhání větších dílů. Tento přístup umožnil efektivní využití BC a minimalizaci materiálového odpadu. Doplnkovým vzorem je imitace krajky, která odkazuje na jemnost a ženskou estetiku kolekce.

Oba vzory byly realizovány pomocí laserového vyřezávání a gravírování, což umožnilo přesné a zároveň šetrné zpracování materiálu. Vzory tak nejen dekorují produkty, ale zároveň podporují koncept spojení tradičních dekorativních motivů s přírodními materiály a současnou technologií



Obrázek 69 Laserová zkouška vzoru imitace krajky na BC materiál ²⁴³

²⁴³ Vlastní



Obrázek 70 Návrh rozložení vzoru v ploše²⁴⁴

11.4 Materiály

Výběr materiálů pro produktovou řadu *Cellulee LABEL* byl veden snahou o propojení přírodních surovin s konceptem kolekce. Hlavním materiálem se stala bakteriální celulóza, která byla využívána jak v přírodní (nebarvené), tak barvené podobě. Barvení probíhalo za použití přírodního barviva — extraktu z červené řepy, díky čemuž získala bakteriální

²⁴⁴ Vlastní

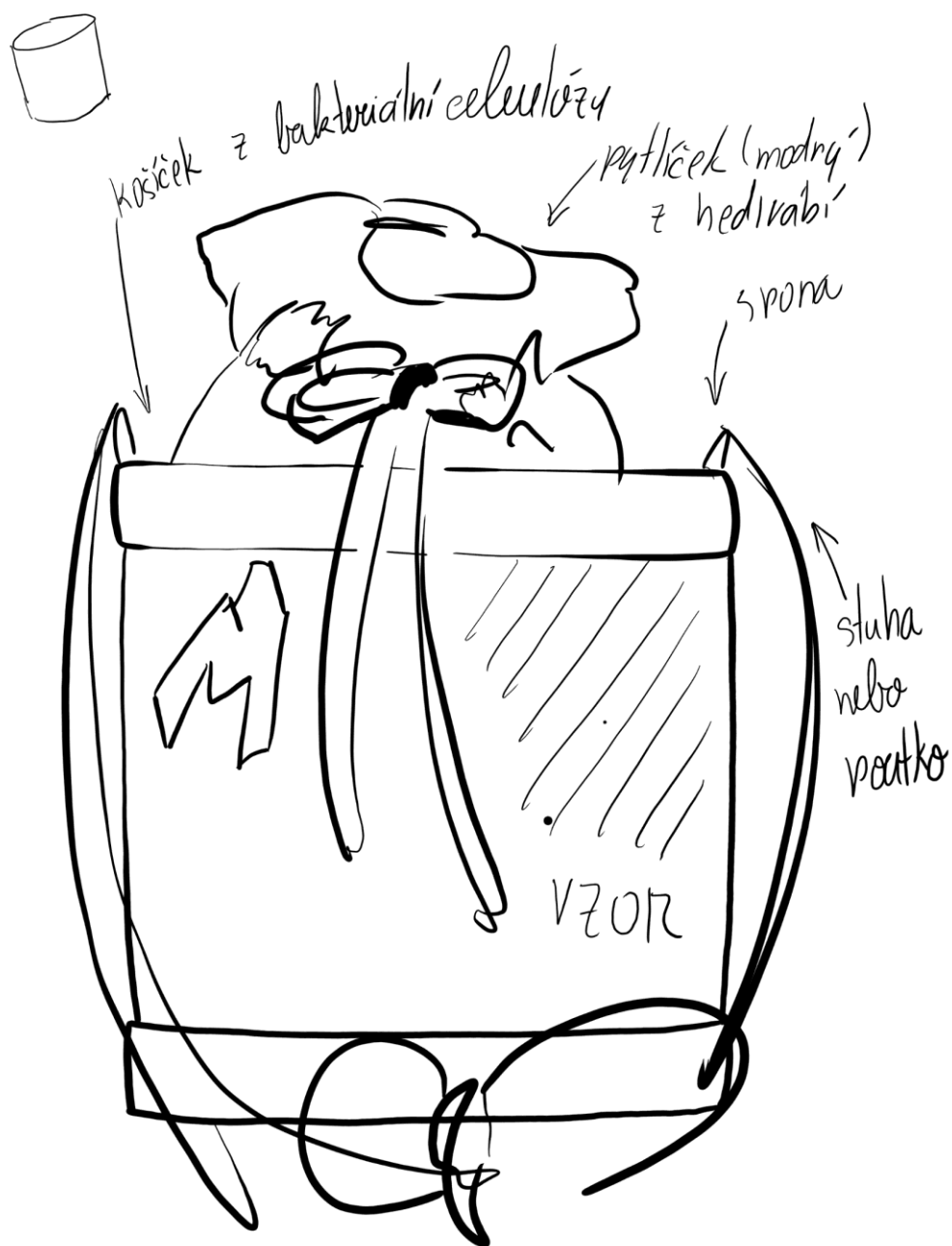
celulóza vínový odstín. Tento způsob barvení respektoval biologický charakter materiálu a umožnil zachovat jeho přirozené vlastnosti, jako je propustnost světla a jemná struktura. Výhodou použití červené řepy jako barviva byla její dostupnost i během zimních měsíců, kdy probíhala výroba BC plátů a jejich modifikace.

Pro doplnění a podtržení vzhledu BC byly do kolekce zařazeny další přírodní materiály: vlna, useň a přírodní hedvábí. Každý z těchto materiálů byl vybrán s ohledem na vizuální, strukturální i barevnou kompatibilitu s bakteriální celulózą. Vlna přinesla do kolekce hřejivost a objem, useň zdůraznila pevnost a stabilitu některých prvků, zatímco hedvábí dodalo modelům lehkost, jemnost a eleganci. Podšívky byly zvoleny z viskózy, která nabízí přírodní původ celulózového vlákna a zároveň příjemný omak a dobrou prodyšnost. Materiálová skladba byla navržena tak, aby podporovala vizuální i haptickou harmonii jednotlivých modelů. Spojení lehkosti hedvábí, tuhosti usně a bakteriální celulózy vytvořilo dynamický kontrast, s cílem vytvořit materiálovou rovnováhu kolekce.

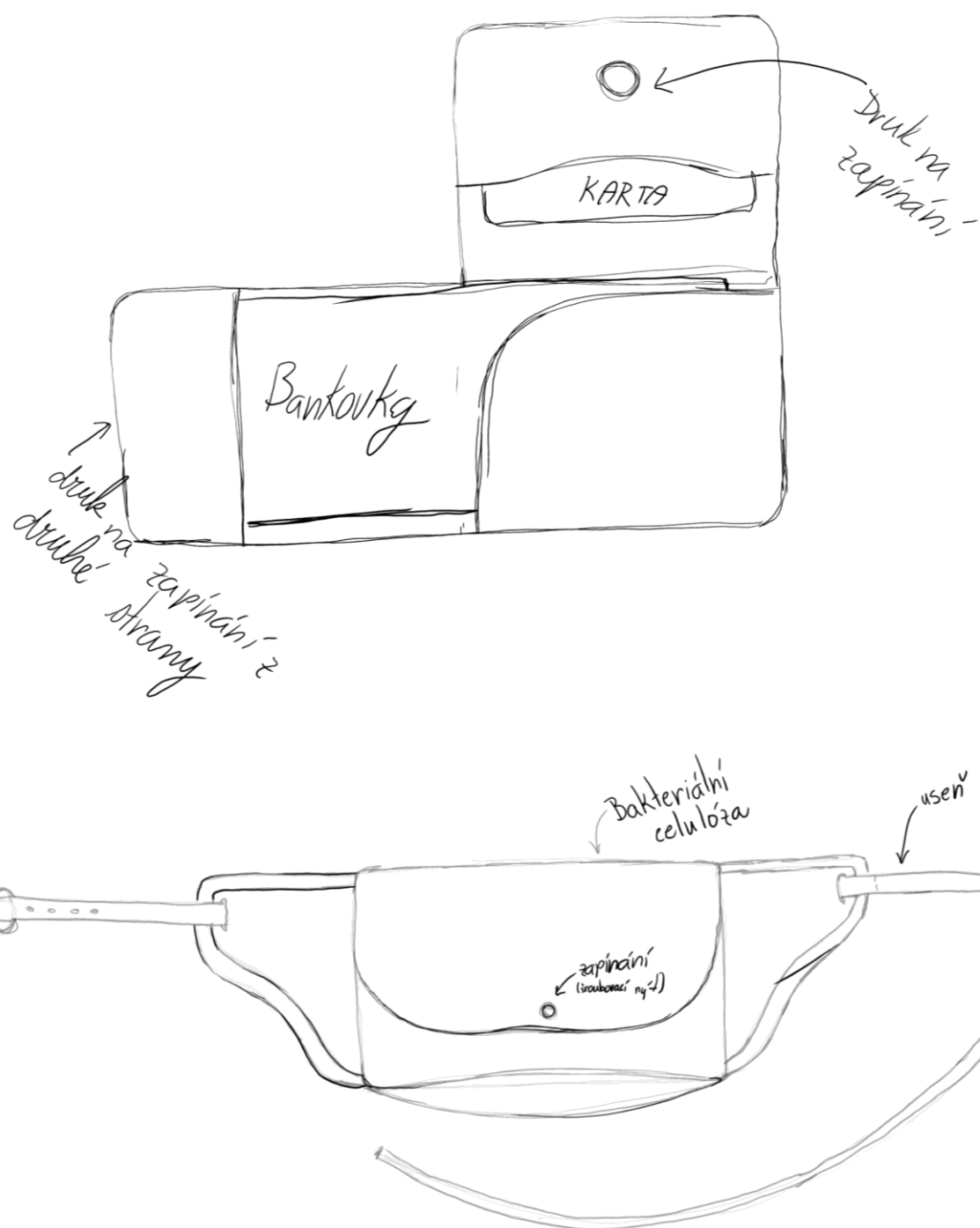
11.5 Hledání tvarosloví a vývoj návrhů

V počáteční fázi návrhového procesu vznikala série skic, které sloužily jako prostředek pro vizuální hledání tvarosloví, siluet a základních prvků produktové řady *Celulee LABEL*. Tyto skici dokumentují přemýšlení nad kompozicí modelů a zároveň mapují počáteční úvahy o celkové atmosféře produktové řady.

Hlavním záměrem skicování bylo ověřit, jakým způsobem lze v co největší míře využít potenciál bakteriální celulózy v kombinaci s výraznějšími konstrukčními detaily, minimalistickými střihy a dekorativním vzorováním. Návrhy vycházely z požadavku, aby materiál BC mohl být uplatněn nejen funkčně, ale především jako vizuálně dominantní prvek. Dalším určujícím faktorem návrhové fáze byla snaha o vizuální jednotu celé řady, která vycházela z práce s materiálem a jeho specifiky. Omezené množství bakteriální celulózy, rozdíly v tloušťce a textuře jednotlivých plátů ovlivnily směřování návrhů i možnosti konstrukčních řešení. Výsledné návrhy tak reflektují jak tvůrčí záměr autorky, tak i limity práce s tímto specifickým materiálem.

Obrázek 71 Skica oděvního doplňku – bucket bag²⁴⁵

²⁴⁵ Vlastní



Obrázek 72 Skici variant oděvních doplňků²⁴⁶

²⁴⁶ Vlastní



Obrázek 73 Skici svrchních oděvů produktové řady²⁴⁷

²⁴⁷ Vlastní

12 NÁVRHY

Návrhy produktové řady *Cellulee LABEL* nezůstaly pouze v oblasti oděvního designu, ale rozšířily se i do sféry produktového designu. Cílem návrhové fáze bylo prozkoumat co nejširší spektrum možností aplikace bakteriální celulózy a ověřit její využitelnost v různých typech výrobků. Proto produktová řada zahrnuje návrhy oděvů, oděvních doplňků a prvků produktového designu.

Vývoj návrhů byl zásadně ovlivněn množstvím a kvalitou vypěstované bakteriální celulózy. Ne všechny pláty tohoto materiálu byly vhodné pro libovolné typy aplikací, protože se mezi sebou lišily zejména v tloušťce, pevnosti a celkové konzistenci. Hlavním kritériem při rozhodování o způsobu využití konkrétních plátů se tak stala právě jejich tloušťka, která měla přímý vliv na vhodnost aplikace v jednotlivých částech návrhu.

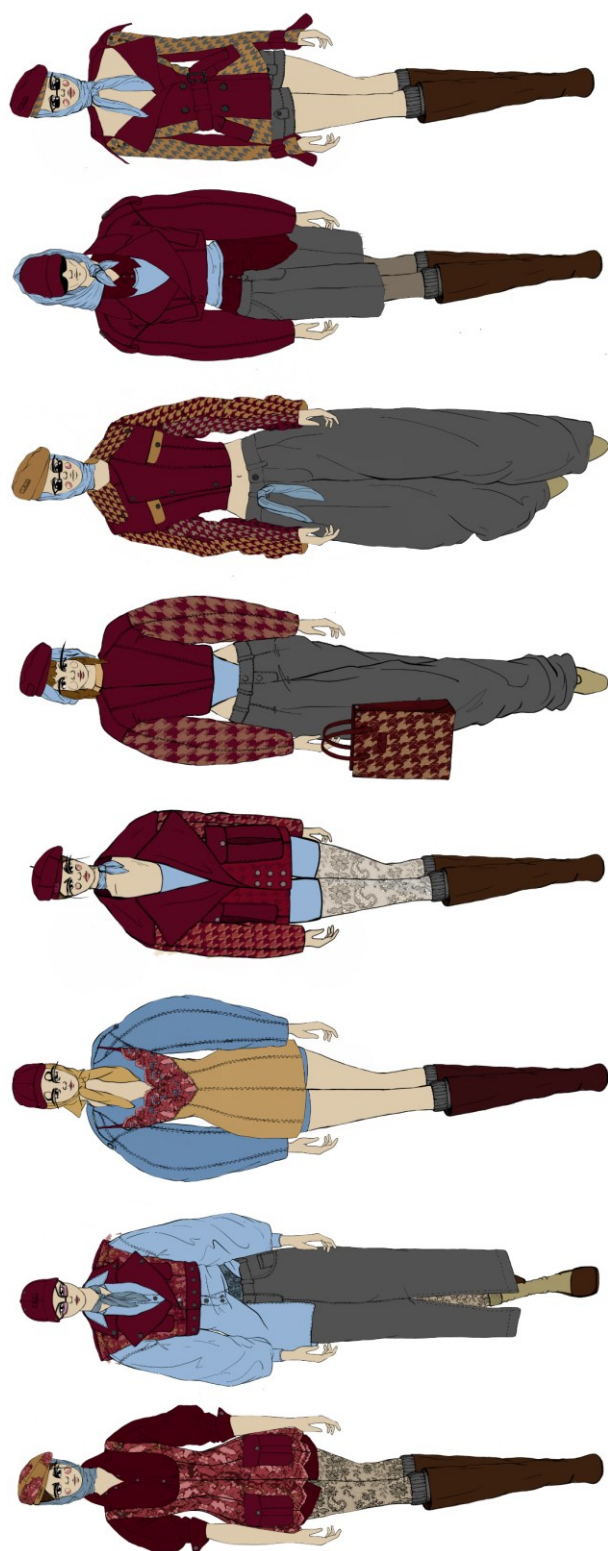
Aby bylo možné přizpůsobit oděvní návrhy skutečnému stavu dostupného materiálu, byla vytvořena série osmi siluet, které kombinují různé přístupy k aplikaci bakteriální celulózy. Siluety pracují s dominancí vzorované bakteriální celulózy jako hlavního vizuálního prvku a propojují objemné formy s minimalistickými detaily, čímž podtrhují kontrast mezi surovým materiálem a čistým designem.

Z této série návrhů byly následně vybrány dva finální modely, které se staly ústředními produkty celé řady. Tyto modely reprezentují hlavní záměry kolekce: propojení bakteriálního materiálu s elegantní a nositelnou formou. Produktová řada byla dále doplněna o oděvní doplňky, konkrétně pokrývky hlavy a kabelky, které doplňuje realizované světelné stínidlo.



Obrázek 74 Kresebné návrhy vzorování BC materiálu²⁴⁸

²⁴⁸ Vlastní

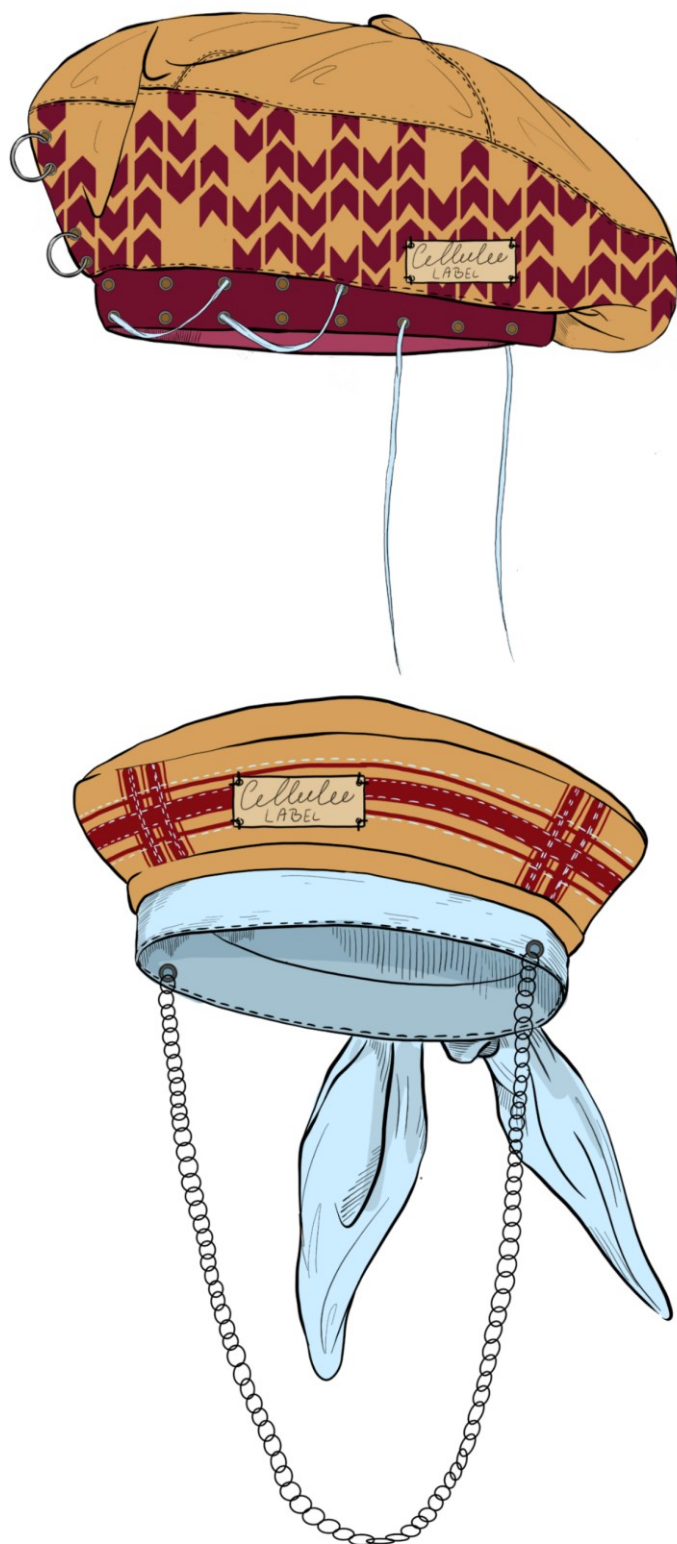
Obrázek 75 Řada oděvů²⁴⁹

²⁴⁹ vlastní



Obrázek 76 Návrhy pokrývek hlavy, typ kšiltovka²⁵⁰

²⁵⁰ Vlastní



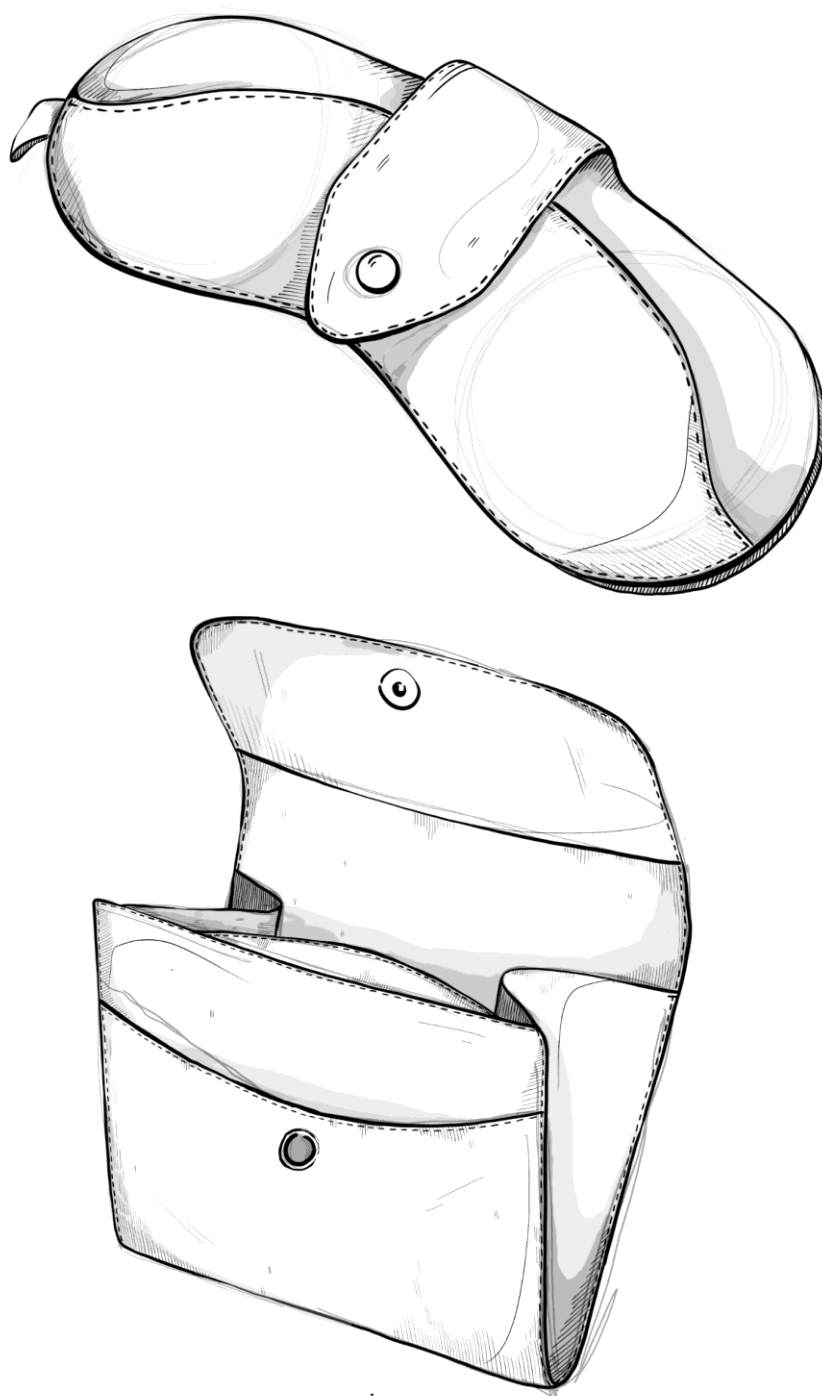
Obrázek 77 Kresebné návrhy pokrývek hlavy, nahoře: typ baret, dole: typ kadetní čepice²⁵¹

²⁵¹ Vlastní



Obrázek 78 Kresebné návrhy oděvních doplňků, nahoře: typ ledvinka, dole: typ shopper bag²⁵²

²⁵² Vlastní



Obrázek 79 Kresebné návrhy oděvních doplňků, nahoře: pouzdro na brýle, dole: peněženka²⁵³

²⁵³ Vlastní



Obrázek 80 Kresebný návrh interiérového nábytku, typ: taburet²⁵⁴

²⁵⁴ Vlastní

12.1 Model 1

První, dámský model je složen z jemného hedvábného body, kalhot plné délky a bundy, které dominují rukávy s výrazným vzorem. Vzhledem ke konstrukční a siluetové stylizaci určitých prvků v oděvu, minimalistickým tendencím, materiálové kombinaci a konceptuálnímu charakteru je celkový styl modelu označen pojmem Contemporary artistic fashion. Dalšími parametry, kterými se Contemporary fashion označuje je podle House of Arti důraz na udržitelnost v tvorbě, čisté linie se zakřivenými prvky a vrstvení či kombinace různě strukturovaných materiálů.²⁵⁵ Tento model i celá návrhová řada naplňují uvedené charakteristiky jak vizuálním ztvárněním, tak i samotnou prací s materiály a způsobem jejich aplikace.



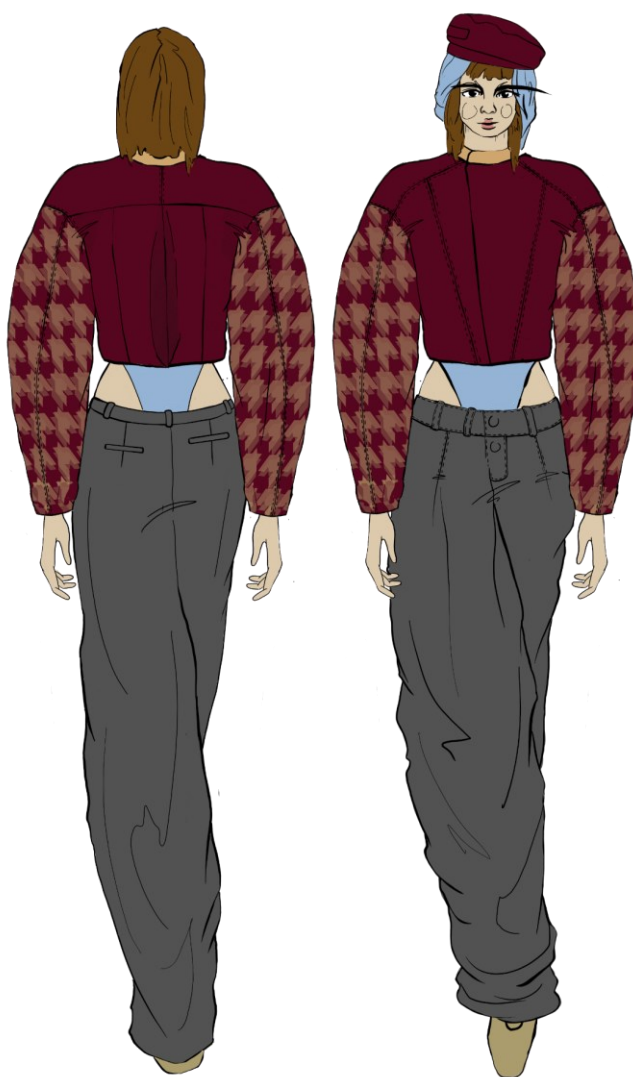
Obrázek 81 Vlevo: skica Modelu 1, vpravo: prvotní návrh Modelu 1²⁵⁶

Dominantním materiálem, který byl využit při zhotovení Modelu 1 je bakteriální celulóza. Ta byla v plné míře aplikována při zhotovení svrchního oděvu ve formě dámské

²⁵⁵ *What Is Contemporary Style?*, 10 October 2024.

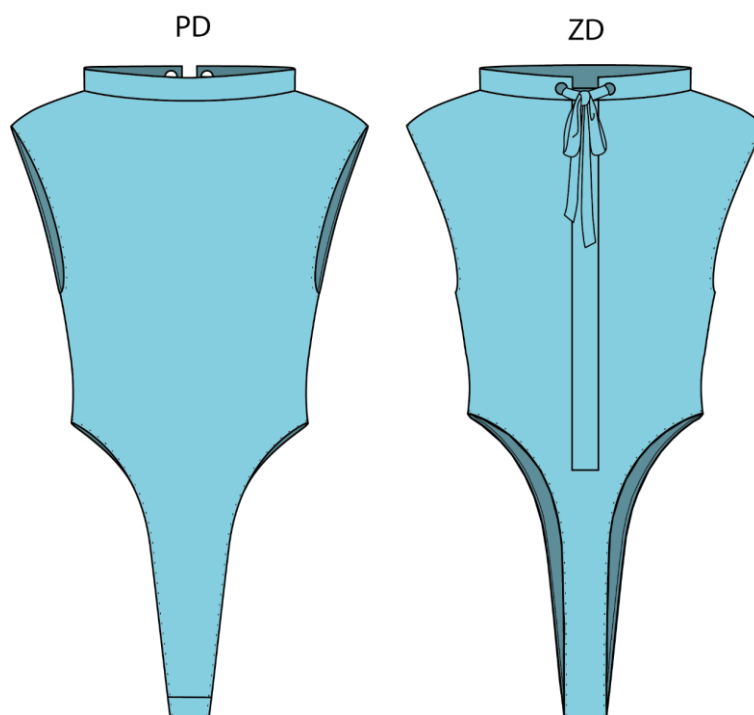
²⁵⁶ Vlastní

bundy i jejího vzorování motivu kohoutí stopy. V původní módní ilustraci je na svrchním oděvu začleněna řada detailů ve formě náramenních popruhů, košilového límce, nakládané náprsní kapsy, překrytu na předním díle a množství ozdobných i funkčních popruhů. Vzhledem k vysoké obtížnosti řemeslného zpracování bakteriální celulózy do oděvu a omezeného množství materiálu byl návrh přizpůsoben praktickým potřebám. Finální návrh je tak oproštěn od přebytečných prvků, které by funkčně limitovaly potřeby nositele oděvu a snižovaly kvalitu materiálu BC.



Obrázek 82 Finální kresebný návrh modelu 1²⁵⁷

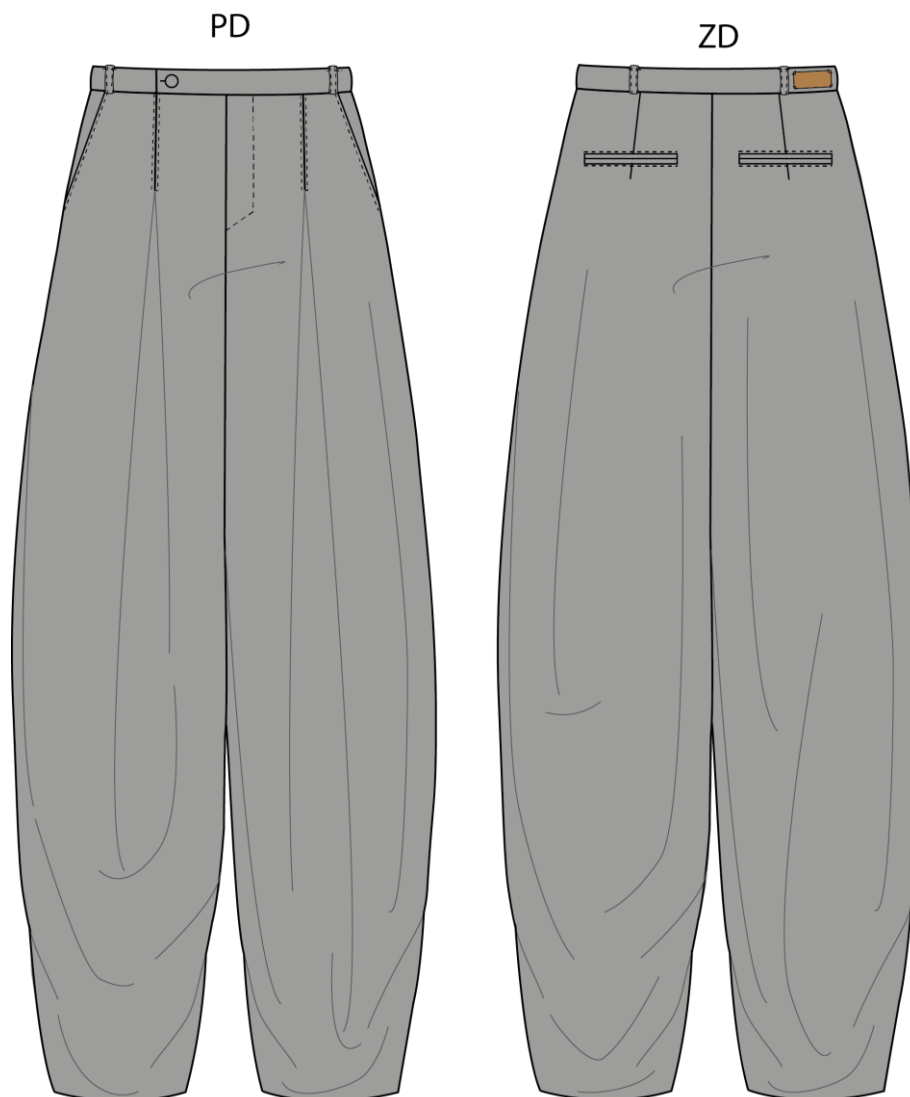
Model 1 zahrnuje modré odepínací body z hedvábného šifonu. Přední díl je hladký, bez členění švů či tvarovacích záševků. Zadní díl je konstruován obdobně, doplněn o hluboký středový rozparek se skrytým zapínáním na druky po celé délce. Body je bez rukávů, průramky a okraje jsou zapraveny ručním šitím. Průkrčník je zakončen dvojitém stojákovým límcem, který je v zadní části doplněn průchodkami určenými pro mašlové zavazování. Rozkroková část je dvakrát podehnuta a opatřena zapínáním na druky.



Obrázek 83 Technický nákres body²⁵⁸

Model je nadále doplněn dámskými nohavicemi plné délky z vlněné tkaniny. Přední díly jsou tvarovány dvěma složenými protizáhyby, které jsou po celé délce upevněny prošitím v kraji. V oblasti bočního švu jsou vypracovány klínové kapsy. Zadní díl je tvarován pomocí záševků o délce 10 cm, přes které jsou vypracovány dvouvýpustkové kapsy. Horní okraj kalhot je zapraven do pasového límce s poutky, doplněného o překryt, přesahující 10 cm od středové linie předního dílu. Překryt je upevněn na knoflík. Zapínání kalhot je realizováno pomocí spirálového zipu, který je vsazen do středového předního švu a kryt légou. Nohavice jsou podšity do kolenní délky. Dolní kraj nohavic je dvakrát podehnut a zajištěn ručním šitím.

²⁵⁸ Vlastní

Obrázek 84 Technický náčrtes nohavic²⁵⁹

Součástí modelu 1 je rovněž přiléhavá bunda krátké délky z bakteriální celulózy. Přední díl je členěn sedlem a podélným švovým členěním, jenž je v kraji zpevněno prošitím. Středová linie předních dílů je prodloužena o 10 cm od středu. Zadní díl je tvarován dvoudílným sedlem a podélným členěním. Ve středovém švu zadního dílu je vypracován protizáhyb, který je v dolním okraji fixován šesti měděnými nýty. Rukávy jsou čtyřdílné, svým členěním navazující na sedla a náramenice trupové části bundy. Podélné švové přídatky rukávu jsou zajištěny prošitím v kraji. Povrch rukávů je dekorován výrazným vzorem kohoutí stopy z bakteriální celulózy, realizovaný technikou laserového řezání. Vzor je na díly fixován přirozenou schopností adheze materiálu za vlhka. Průkrčník je zakončen jednoduchým stojákovým límcem. Zapínání předních dílů je řešeno formou volného

²⁵⁹ Vlastní

překrytí. Dolní okraj bundy i rukávů je sestřižen do rovné linie a ponechán nezačištěný, bez podehnutí v souladu s charakterem materiálu.



Obrázek 85 Technický nákres bundy²⁶⁰

12.2 Proces práce na modelu 1

Po dokončení fáze vývoje návrhů a výběru materiálů započala fáze tvorby stříhovových konstrukcí. Pro nejefektivnější ověření zhotovených stříhů byla vytvořena kalika – tedy oděvy z náhradních materiálů, na nichž se finalizovaly úpravy tak, aby výsledný oděv co nejlépe lichotil postavě. V další řadě se šelila forma a silueta oděvů, aby odpovídala vybranému návrhu. Při zhotovování oděvů z náhradních materiálů se bral v potaz charakter finálního materiálu.

²⁶⁰ Vlastní



Obrázek 86 Oděvy z náhradních materiálů²⁶¹

²⁶¹ Vlastní

Netradiční a specifické postupy bylo nutné uplatnit zejména při práci s materiálem bakteriální celulóza, a to v rámci její aplikace na svrchní oděv typu bunda. Pro oddělování jednotlivých dílů byly využity konvenční metody, jako je stříhání a řezání. Současně byla aplikována i nekonvenční metoda – oddělování pomocí laserového paprsku, které umožnilo vytvoření vzoru kohoutí stopy.



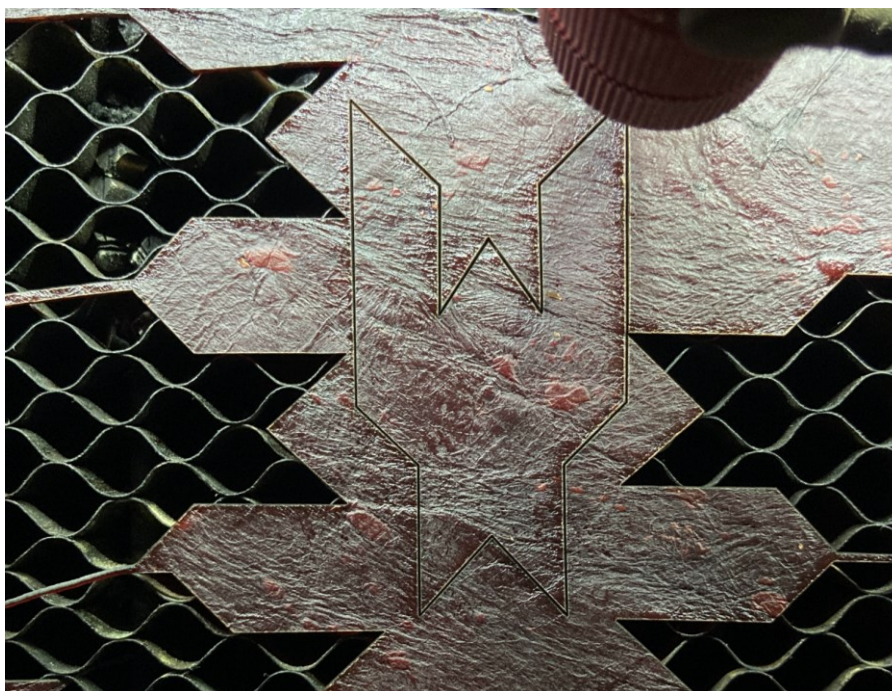
Obrázek 87 Rozložení stříhových šablon na BC materiál²⁶²

Na základě provedených zkoušek intenzity laserového paprsku na materiálu BC bylo zjištěno, že dehydratovaný biofilm lze tímto způsobem oddělit bez rizika poškození či vzplanutí. Laserové řezání tak umožnilo vysokou přesnost při vytváření vzoru a současně podpořilo princip zero waste. Vzor byl napoložován tak, aby bylo možné využít zbylé větší kusy materiálu vzniklé při oddělování hlavních dílů bundy. Tímto způsobem bylo dosaženo maximálního využití přírodního materiálu v kombinaci s moderní technologií.

²⁶² Vlastní



Obrázek 88 Rozložení vzoru na zbytky materiálu²⁶³

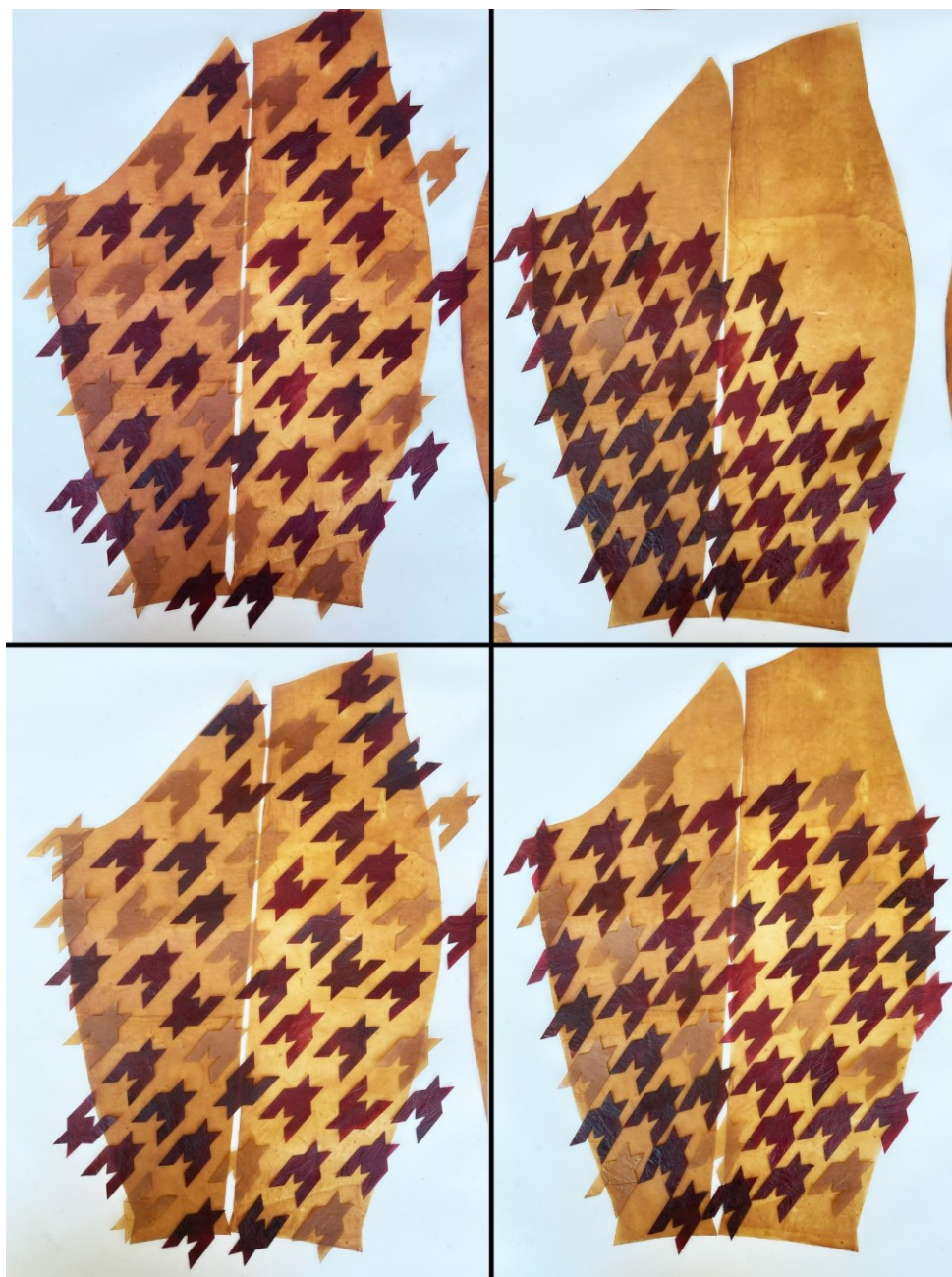


Obrázek 89 Laserový výřez vzoru z BC materiálu²⁶⁴

²⁶³ Vlastní

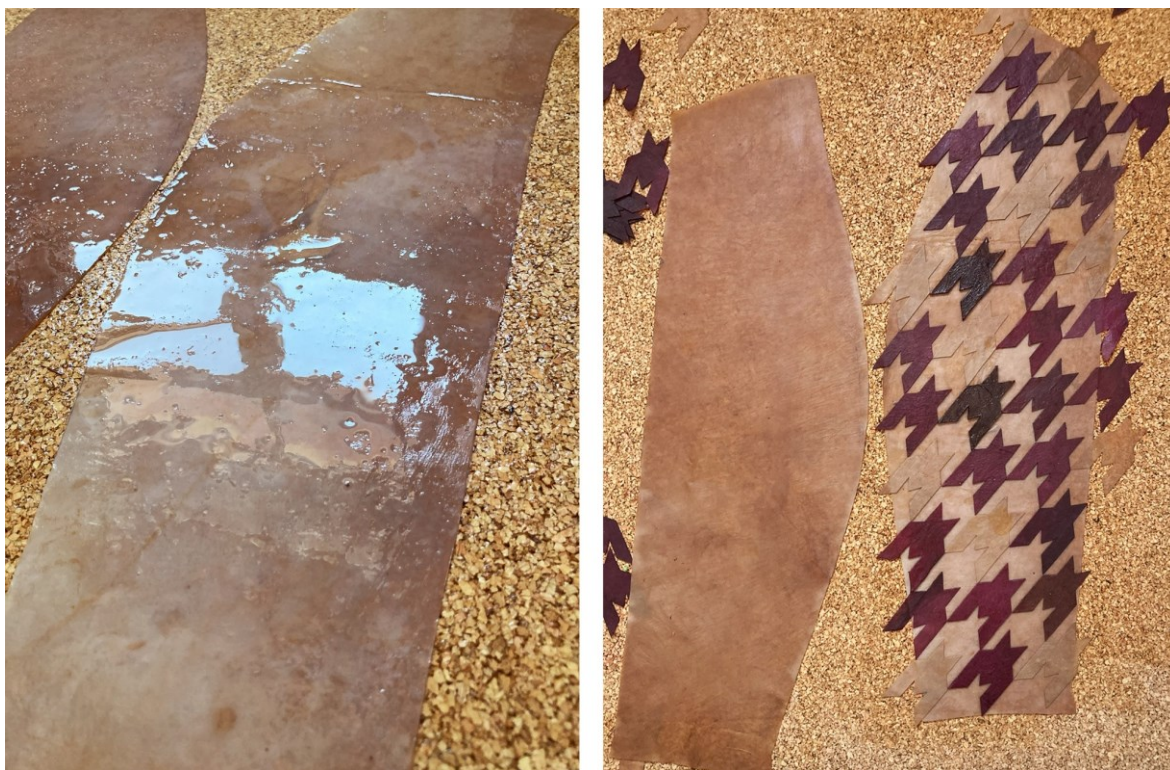
²⁶⁴ Vlastní

Vytvořený vzor byl na povrch připevněn pomocí přirozené adheze materiálu za mokra. V procesu aplikace vzoru bylo zapotřebí navlhčit vodou jak rukávy trupového dílu, tak samotný vzor. Po kontaktu s vodou materiál okamžitě reaguje. Z původně tuhé formy se stává tvarovatelným a přizpůsobivým. Po dokončení vzorování byl materiál ponechán v klidu k přirozenému sušení, které bylo podstatné pro co nejúčinnější uchycení vzoru na BC materiál.



Obrázek 90 Varianty vzorování rukávu²⁶⁵

²⁶⁵ Vlastní



Obrázek 91 Proces vzorování materiálu, vlevo: navlhčení bakteriální celulózy, vpravo: vzorování za mokrého stavu BC²⁶⁶



Obrázek 92 Kontrola návaznosti vzoru během procesu vzorování²⁶⁷

²⁶⁶ Vlastní

²⁶⁷ Vlastní

Nevýhodou metody adheze za mokra je skutečnost, že za vlhka lze vzor nejen připevnit, ale i snadno oddělit, a fixace proto není trvalá. Další nevýhodou je časová náročnost vyplývající z nutnosti opakované hydratace a následného sušení. Významnou předností metody je však schopnost zachovat 100 % biologickou rozložitelnost materiálu, neboť do něj nejsou přidávány žádné látky narušující jeho přirozené vlastnosti.

Spojovací proces byl přizpůsoben specifickým požadavkům bakteriální celulózy, a to s cílem zajistit co nejefektivnější spojení materiálu při současném minimalizování jeho poškození. V rámci experimentálního zkoumání byly testovány dva přístupy – obuvnická a oděvní technologie. Na základě získaných poznatků se ukázalo, že pro práci s tímto specifickým materiálem je vhodnější využití oděvní technologie. Obuvnické postupy, určené primárně pro pevnější a odolnější materiály, vedly v případě BC ke zvýšenému mechanickému namáhání a častému poškození struktury materiálu.

Z těchto důvodů byly pro spojování BC zvoleny konvenční metody strojového i ručního šití. Výběr konkrétní techniky závisel na aktuálním stavu materiálu, především na jeho vlhkosti. Vzhledem k nerovnoměrnému vysychání a rozdílné tloušťce nebylo některé díly možné strojově zpracovat. Hrozilo jejich znehodnocení i poškození použitého šicího stroje. Při pokusech o strojové šití docházelo k prosekávání materiálu bez vytvoření kvalitního stehu, což vedlo k trvalému narušení jeho struktury.

Jako řešení byly do materiálu předem vysekány otvory a nejvíce namáhané spoje byly následně spojeny ručním šitím. Pro zajištění vyšší odolnosti a životnosti oděvu bylo dále přistoupeno k podlepení exponovaných švů. Tyto švy byly zpevněny pruhem z bakteriální celulózy a fixovány lepidlem Prym Textil +, které se osvědčilo již během předchozí experimentální práce s tímto materiálem.



Obrázek 93 Poškození BC materiálu strojovým šitím²⁶⁸

²⁶⁸ Vlastní



Obrázek 94 Šev spojený strojovým šitím – detail²⁶⁹



Obrázek 95 Lepení namáhaných spojů bundy²⁷⁰

²⁶⁹ Vlastní

²⁷⁰ Vlastní



Obrázek 96 Svrchní oděv z rubové strany²⁷¹



Obrázek 97 Prosvícení dílu bundy z rubové strany²⁷²

²⁷¹ Vlastní

²⁷² Vlastní



Obrázek 98 Separace BC materiálu po jeho opětovné hydrataci a následném vyvrácení bundy do lící strany²⁷³

²⁷³ Vlastní

Spojení jednotlivých dílů trupové části oděvu bylo následováno vyvrácením modelu do líce. Vzhledem ke skulpturní povaze dehydratované bakteriální celulózy bylo nutné oděv před dalším zpracováním hydratovat, čímž materiál změkkl a stal se lépe tvarovatelným. Po vyvrácení bundy bylo zvažováno doplnění dalších konstrukčních a designových detailů, jako je nakládání náprsní kapsa, manžety, košilový límec nebo náramenní popruhy, s cílem naplnit původní návrhovou vizi. Z důvodu částečného poškození materiálu během spojovacího procesu a také kvůli vyšší hmotnosti hotového oděvu však bylo od těchto prvků nakonec upuštěno. Průkrčník je proto zakončen jednoduchým stojáčkem, který byl k oděvu připevněn technologií lepených švů. Tento prvek zároveň plní funkci zpevnění náramenic, které jsou během nošení výrazně zatěžovány.



Obrázek 99 Varianty detailů na oděvu²⁷⁴

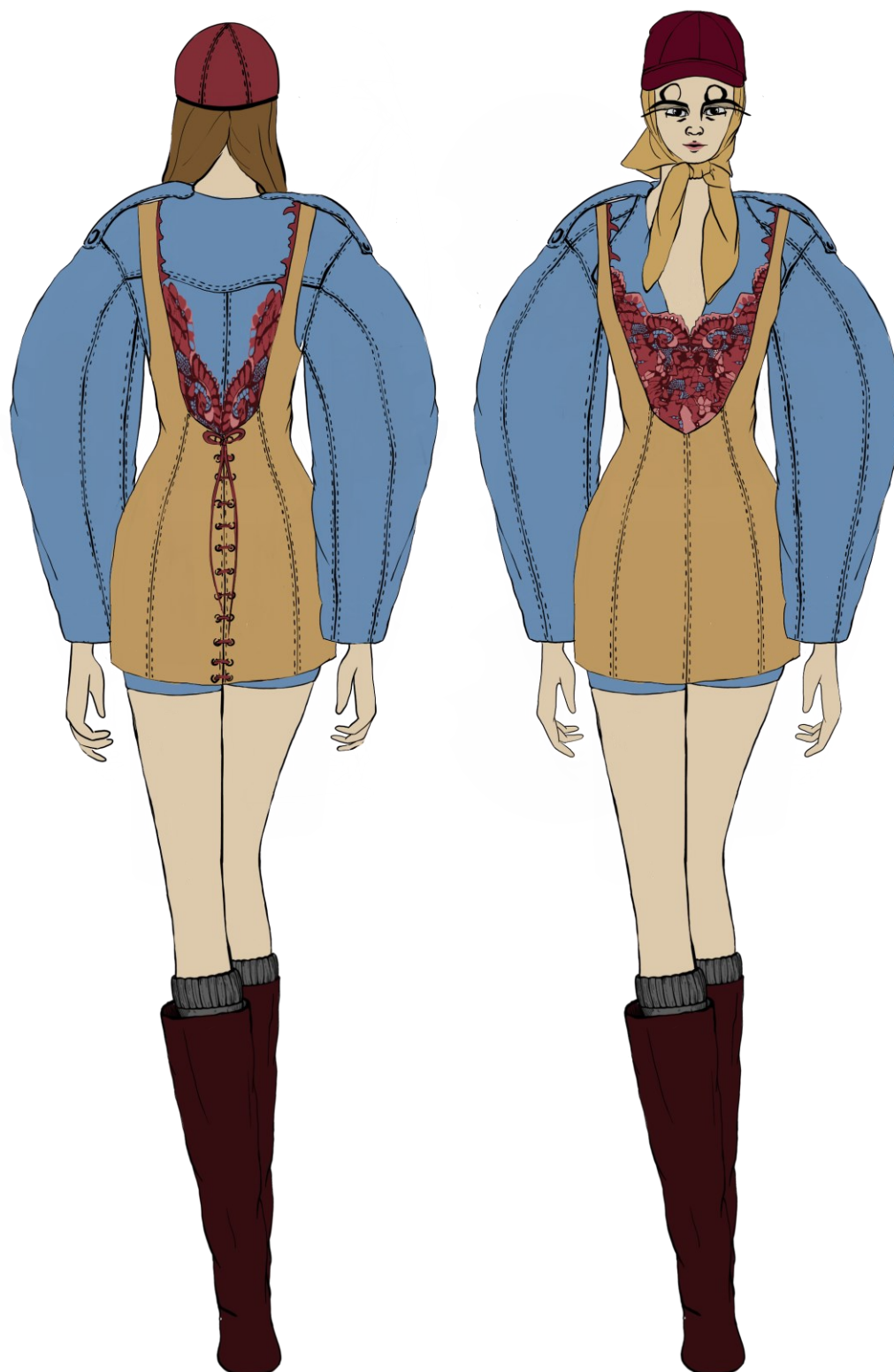
²⁷⁴ Vlastní

13 MODEL 2

Model 2 tvoří dámský přiléhavý kabátek z modré vlněné tkaniny a dámské přiléhavé šaty na ramínka s aplikací v podobě imitace krajky z bakteriální celulózy. Z navržené řady oděvů byl vybrán k realizaci především z důvodu netradičního zpracování BC v podobě imitace krajkového dekoru, které bylo realizováno za pomoci laserové technologie gravírování a řezání. Dalším důvodem byla efektivní spotřeba tohoto přírodního biofilmu s ohledem na celkové množství vypěstovaného materiálu a vzájemného propojení přírodních materiálů, konkrétně BC, usně a vlny. Výběr modelu byl podmíněn nejen technologickými možnostmi zpracování, ale především i snahou ověřit poznatky nabyté v experimentální části práce.

V modelu je zachována minimalistická forma, kterou doplňuje kontrastní prvek v podobě detailně propracované krajkové aplikace. Tento kontrast mezi zdobností detailů a strukturální tvrdostí použitých materiálů zároveň vytváří vizuální i tematickou návaznost mezi modelem č. 1 a modelem č. 2. Siluetu oděvu podtrhují organické linie, kterých je dosaženo díky stříhovému řešení. Model přiléhá k tělu a akcentuje přirozené proporce ženské postavy typu přesýpacích hodin, a to především díky konstrukci objemných rukávů a tvarování oblasti sedu u šatů.

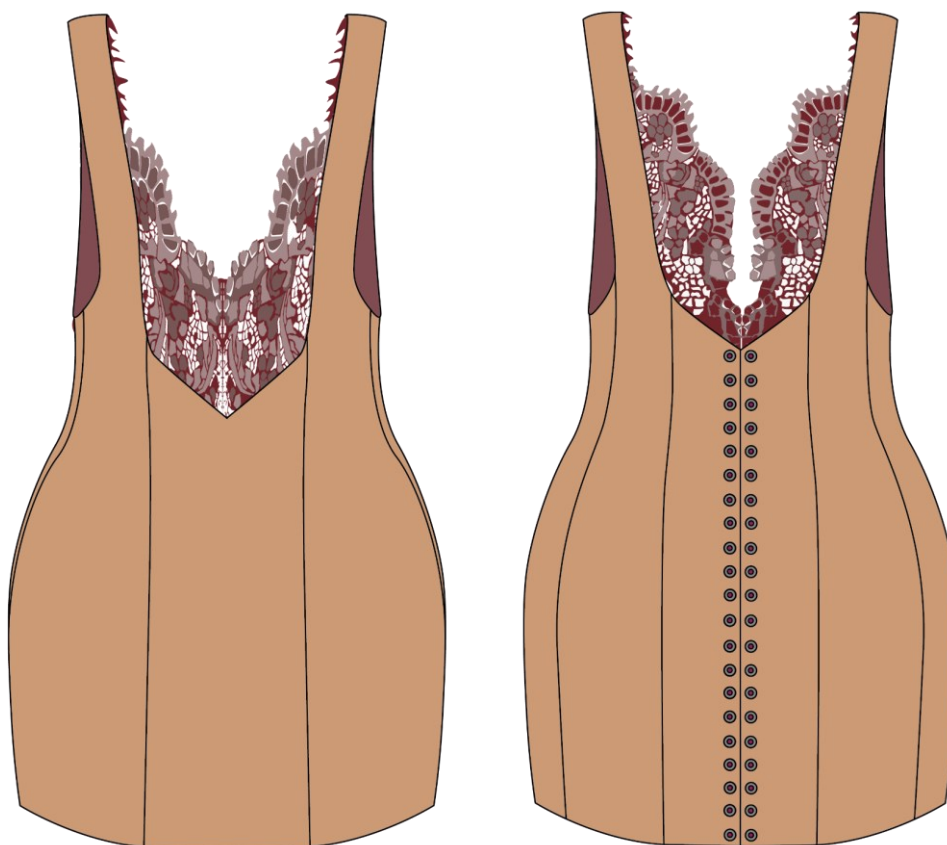
Použití bakteriální celulózy v tomto modelu umisťuje oděv spíše do roviny konceptuálního návrhu než běžného každodenního odívání. BC je materiál citlivý na vlhkost, a proto může při nepříznivých klimatických podmínkách, jako je déšť nebo zvýšená vzdušná vlhkost, dojít k narušení ornamentální aplikace. Díky jejímu umístění na svrchní vrstvu však dochází pouze k nepřímému kontaktu s pokožkou, což výrazně omezuje její vystavení tělesné vlhkosti. Realizace modelu sloužila především k ověření technologických možností zpracování BC a k prozkoumání jejího vizuálního potenciálu v rámci oděvního designu.



Obrázek 100 Kresebný návrh Modelu 2²⁷⁵

²⁷⁵ Vlastní

Dámské přiléhavé šaty krátké délky zhotoveny z přírodní usně s aplikací z bakteriální celulózy. Přední díl je tvarován podélným švovým členěním, které modelu dodává mírně oválnou siluetu v oblasti sedové linie. Výstřih je hluboký, tvarovaný do písmene V, a doplněn o dekorativní aplikaci z bakteriální celulózy imitující krajkou. Zadní díl je konstrukčně řešen obdobně jako přední a rovněž je doplněn krajkovým motivem z bakteriální celulózy. Šaty jsou opatřeny rovnými ramínky, která propojují hluboký výstřih předního a zadního dílu. Zapínání je umístěno ve středové ose zadního dílu a je tvořeno čtyřiceti dvěma měděnými průchodkami, jimiž je provlečena úzká stuha umožňující zavazování. Šaty jsou celopodšíité viskózovou podšívkou, která je k vrchovému materiálu připojena technologií lepení. Dolní okraj i průramky jsou začištěny v souladu s obuvnickou technologií, tedy sestřižením do jedné délky a povrchovou fixací bez podehnutí.



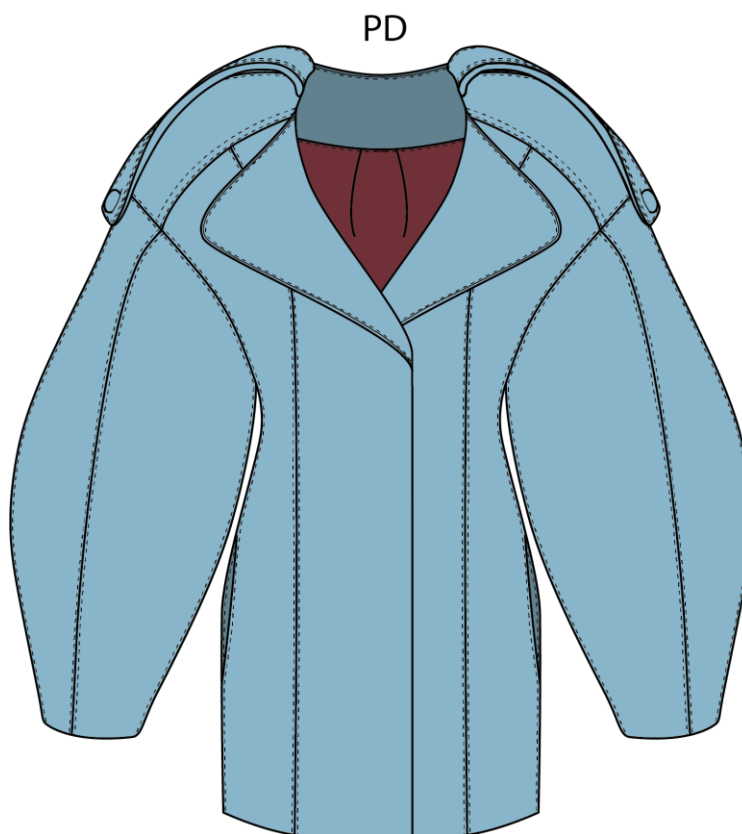
Obrázek 101 Technický náčrt šatů²⁷⁶

²⁷⁶ Vlastní

Model 2 je doplněn dámským přiléhavým kabátem krátké délky, siluety přesýpacích hodin. Přední díl je konstruován ze tří částí a členěn podélnými princesovými švy, doplněnými o sedlo v oblasti ramen. Sedlo je dvoudílné. Švové záložky jsou zajištěny prošitím ve vzdálenosti 0,2 cm od kraje švu. Přední středová linie je prodloužena o 7 cm směrem do překryvu. V bočním švu jsou umístěny kapsy délky 15 cm, které jsou v kraji prošité. Zadní díl je řešen obdobně jako přední, tedy s podélným členěním princesovými švy. Sedlo zadního dílu je jednodílné. Švové záložky jsou rovněž zajištěny prošitím 0,2 cm od kraje švu.

Průkrčník a přední okraj jsou začistěny podsádkou. K podsádce je připojena podšívka, která je v dolním kraji přišita ke švovým přídávům ve vzdálenosti 0,2 cm. V zadním dílu je podšívka tvarována protizáhybem délky 5 cm, který umožňuje volnost pohybu. Rukávy jsou čtyřdílné a konstrukčně tvarované do oválného objemu. Švové přídavky jsou zajištěny prošitím 0,2 cm od kraje švu.

V oblasti náramenic průramků jsou všity popruhy, které jsou v kraji dvakrát prošité a upevněné knoflíkem k horní části rukávu. Na ramenou jsou vloženy dvojité raglánové ramenní vycpávky. V dolním kraji pravého rukávu je přišit štítek značky. Zapínání je umístěno na předním díle a tvoří jej tři magnetické zapínací prvky, umístěné na středové přímce. Spodní okraj kabátu i dolní okraje rukávů jsou podehnuty a připevněny k podšívce strojovým šitím.



Obrázek 102 Technický nákres kabátu²⁷⁷

²⁷⁷ Vlastní

13.1 Postup práce na modelu 2

Po dokončení stříhových konstrukcí a výběru materiálů byla nejprve realizována zkušební verze oděvu z náhradních materiálů. Cílem tohoto kroku bylo ověřit správnost zhotoveného střihu pro kabát i šaty, zejména s ohledem na umístění členících švů a celkové proporční vyvážení. Součástí ověřování bylo také posouzení, zda výsledná silueta odpovídá původnímu kresebnému návrhu a zda daný střih lichotí ženské postavě tak, jak bylo zamýšleno.



Obrázek 103 Oděvy z náhradních materiálů²⁷⁸

²⁷⁸ Vlastní

Hlavním prvkem celého oděvu je aplikace bakteriální celulózy v podobě imitace krajky. Tento zdobný prvek vyplňuje výstřihovou část předního a zadního dílu svrchních šatů z přírodní usně. Vzor nadále pokračuje z vnitřní strany ramínek, kde propojuje díly z krajky, aby na sebe plynule navazovaly. Pro kontrast mezi jednotlivými použitými materiály byl odstín imitace krajky zvolen v odstínu bordó, který byl dosažen barvením BC extraktem z červené řepy. Vzor byl realizován technologií laseru. V této technologii se kombinoval princip řezání a gravírování, kdy pro docilení více kontrastního vzoru byly použity více intenzit laseru. Na stupně intenzity laser byla předem vykonaná zkouška materiálu, u kterého se zvolil ten neoptimálnější stupeň. Kdy laserové gravírování je viditelné a zároveň nepoškozuje materiál. Tento výběr byl náročný vzhledem k nerovnoměrnému povrchu a rozdílné tloušťky bakteriální celulózy.



Obrázek 104 Grafický návrh imitace krajky pro laserové řezání – přední díl ²⁷⁹

²⁷⁹ Vlastní



Obrázek 105 Grafický návrh imitace krajky pro laserové řezání – 1/2 zadního dílu²⁸⁰



Obrázek 106 Záznam průběhu laserového gravírování na materiálu z bakteriální celulózy²⁸¹

²⁸⁰ Vlastní

²⁸¹ Vlastní

Obrázek 107 Detail vzoru²⁸²

S ohledem na zvolenou kombinaci materiálů pro šaty – přírodní usně a bakteriální celulózu – bylo při zpracování využito obuvnické technologie. Tato technologie umožnila vlepit ornament z BC mezi vrchní vrstvu usně a spodní vrstvu viskózové podšívky. Výhodou tohoto postupu je trvalé uchycení vzoru bez nutnosti šití, které by jinak narušilo strukturu materiálu mechanickými vpichy. Tímto způsobem byla prodloužena životnost aplikace. Nevýhodou však zůstává přítomnost syntetických složek v adhezivu, které snižují biologickou rozložitelnost materiálu. Vzhledem ke konceptuální povaze modelu nebyly šaty

²⁸² Vlastní

po vlepění v okrajích dodatečně prošity, čímž se předešlo riziku poškození bakteriální celulózy.



Obrázek 108 Proces zpracování švových záložek lepením – výroba šatů z usně²⁸³

²⁸³ Vlastní



Obrázek 109 Detail uchycení ornamentu z bakteriální celulózy mezi vrstvy materiálu lepením²⁸⁴

²⁸⁴ Vlastní

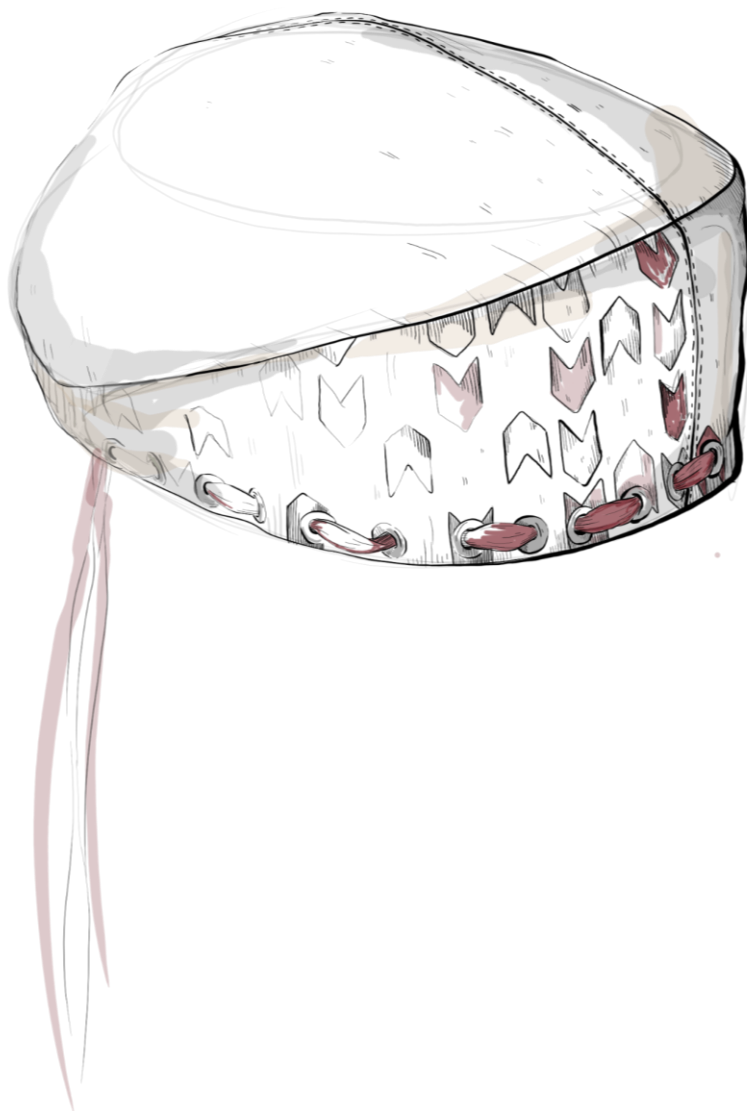
14 ODĚVNÍ DOPLŇKY

Oděvní doplňky byly zařazeny do produktové řady *Cellulee LABEL* za účelem ověření možností aplikace bakteriální celulózy v rámci konstrukčně jednodušších a rozměrově menších prvků. Cílem bylo porovnat rozdíl mezi plošnou aplikací BC na oděv a lokální či drobnou aplikací v rámci menších objektů. Zvolený formát doplňků zároveň umožnil sledovat, jak konstrukční řešení a spojovací proces ovlivňují vlastnosti materiálu, aniž by bylo nutné řešit složitější oděvní struktury.

Konkrétní návrhy oděvních doplňků jsou uvedeny v kapitole 13 *Návrhy*. Z celé série byly k realizaci vybrány dvě pokrývky hlavy a dvě kabelky. Výběr těchto konkrétních typů doplňků byl motivován snahou ověřit v menším měřítku technologie a principy, které byly aplikovány na plošných částech modelu 1 a 2. Dále hrálo roli také dostupné množství BC materiálu a rozmanitost spojovacích metod, které bylo možné na těchto objektech využít. Materiál BC byl uplatněn buď samostatně, nebo ve formě kompozitu s jiným materiálem. Díky tomuto přístupu bylo možné porovnat vlastnosti materiálu ve vztahu k celkovému způsobu jeho zpracování.

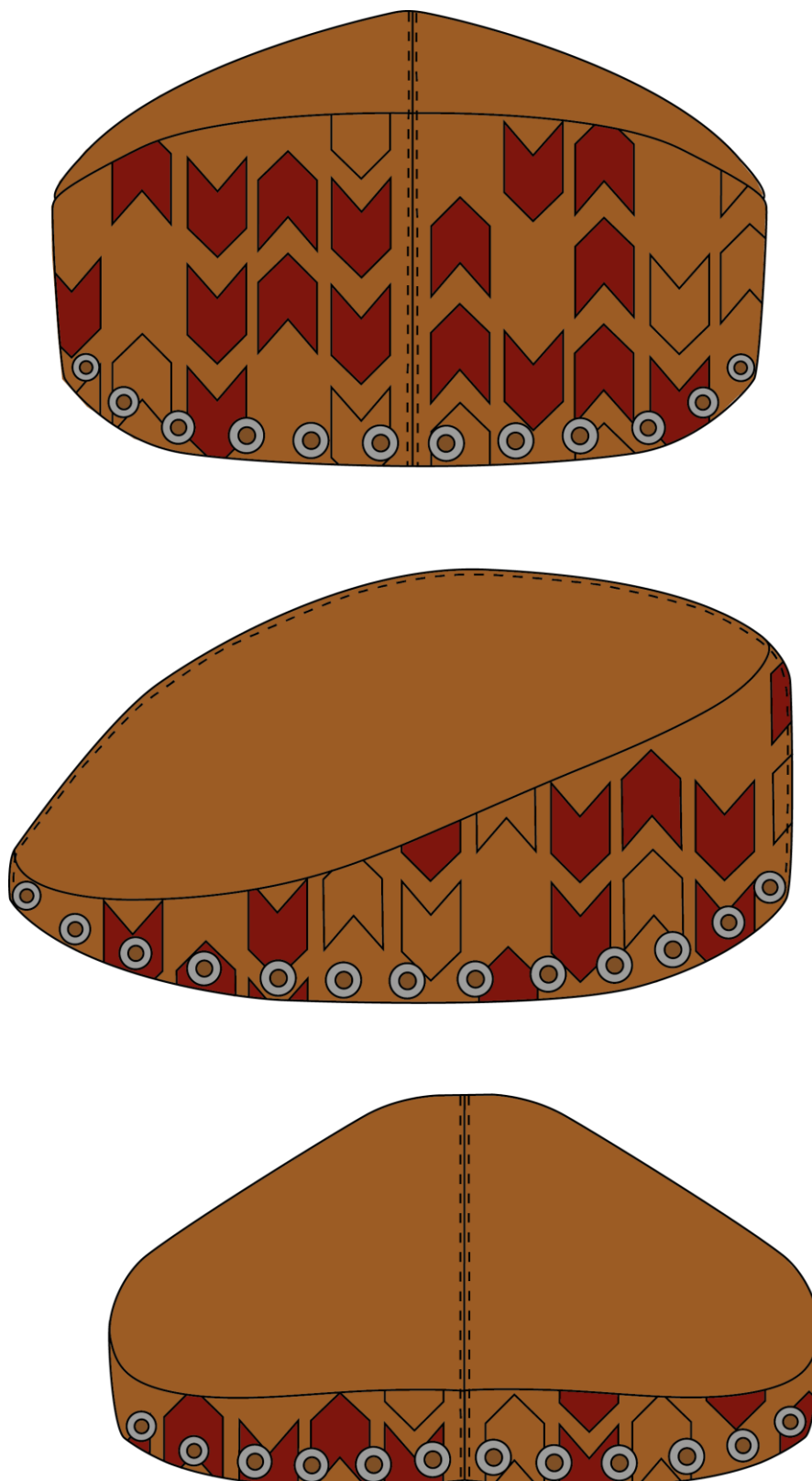
14.1 Tvarovaný baret se vzorem

Jedním z realizovaných pokrývek hlavy je tvarovaný baret s vyšším lemem a šněrováním. Vrchní část baretu je konstrukčně řešena ze dvou dílů, které jsou ve středovém švu spojeny strojovým šitím. Švové záložky středového švu jsou zajištěny strojovým prošitím. Lem pokrývky hlavy je v přední části široký 10 cm a směrem k zadní části se postupně snižuje na 2 cm. K horní části baretu je připojen strojovým přišitím a je dekorován vzorem ve formě stylizovaného šípového motivu. Vzorování je na lemu rozmístěno nepravidelně a je fixováno přirozenou adhezí materiálu ve vlhkém stavu. Vnitřní strana lemu je začištěna podsádkou, která je v dolní části připojena strojovým šitím. V horní části je podsádka podehnuta a fixována lepením. Po dolním obvodu lemu jsou v pravidelném rozestupu 2 cm umístěny měděné průchodky, skrze které je provlečena dekorativní stuha v odstínu bordó.



Obrázek 110 Návrh pokrývky hlavy, typ: tvarovaný baret²⁸⁵

²⁸⁵ Vlastní



Obrázek 111 Technický nákres pokrývky hlavy, typ: tvarovaný baret se vzorem²⁸⁶

²⁸⁶ Vlastní

14.1.1 Postup práce na tvarovaném baretu

Tvarovaný baret vychází svou konstrukcí z klasického francouzského typu s kruhovitým základem. Po vytvoření základního střihu byla provedena střihová manipulace, která prodloužila vrchní část pokrývky hlavy a dodala jí větší objem, čímž bylo dosaženo lepšího ergonomického přizpůsobení. Upravován byl také lem baretu – v přední části dosahuje šířky 10 cm a směrem k zadní části se zužuje na 2 cm. Konstrukce baretu byla přizpůsobena specifickým vlastnostem bakteriální celulózy, která ovlivnila volbu spojovacích metod. Hlavním způsobem spojování bylo strojové šití, které se však během nošení ukázalo jako méně efektivní ve srovnání s technologií lepených švů, jež byla na některých místech rovněž aplikována. Pro optimalizaci tvaru a doladění konstrukčních detailů byl nejprve vytvořen prototyp z náhradního materiálu.



Obrázek 112 Pokrývka hlavy typu tvarovaný baret z náhradního materiálu²⁸⁷

Po finalizaci střihového řešení pokrývky hlavy následovalo oddělení jednotlivých dílů, které bylo provedeno stříháním pomocí krejčovských nůžek. Před samotným spojením švů strojovým šitím byl vzorován lem baretu, a to technikou přirozené adheze mokré bakteriální celulózy. Za tímto účelem byl lem navlhčen a poté na něj byl ručně aplikován rovněž navlhčený vzor se stylizovaným motivem šípů. Tento dekor byl vytvořen recyklací zbytků výřezů vzoru kohoutí stopy, který byl použit na modelu 1. Tímto způsobem došlo

²⁸⁷ Vlastní

k maximálnímu využití dostupného materiálu. Aplikovaný vzor po vysušení BC přilnul k podkladu.



Obrázek 113 Aplikovaný vzor na lem tvarovaného baretu²⁸⁸

Po dokončení spojovacího procesu byl tvarovaný baret obrácen do líce a doplněn o kovové aplikace v podobě měděných průchodek umístěných v dolním kraji lemu. Před jejich aplikací bylo provedeno zkušební proražení materiálu s cílem ověřit, zda je bakteriální celulóza schopna odolat mechanickému zatížení při použití raznice. Ukázalo se, že je nutné postupovat s nižší silou a zvýšenou opatrností, neboť při přílišném tlaku hrozí prasknutí materiálu v okrajové části.



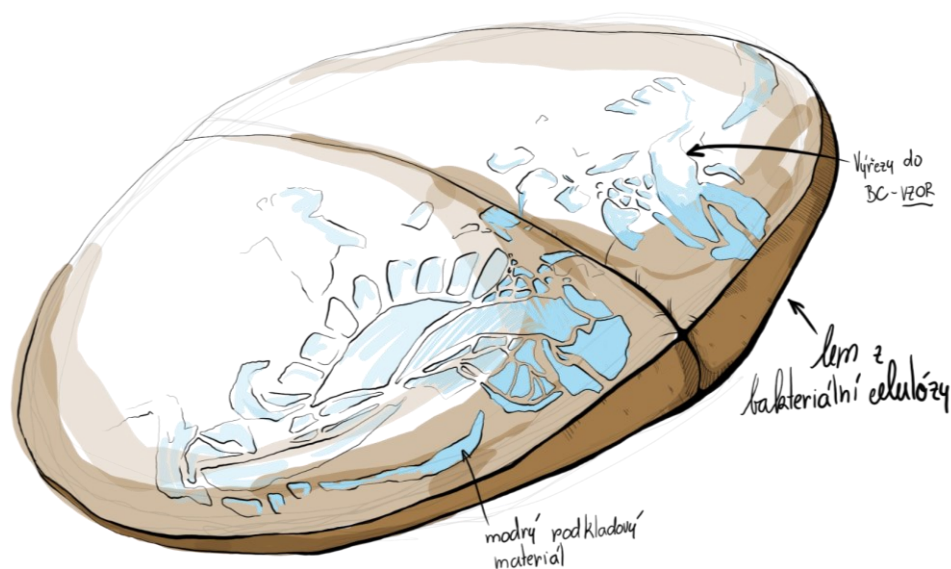
Obrázek 114 Zkouška proražení BC²⁸⁹

²⁸⁸ Vlastní

²⁸⁹ Vlastní

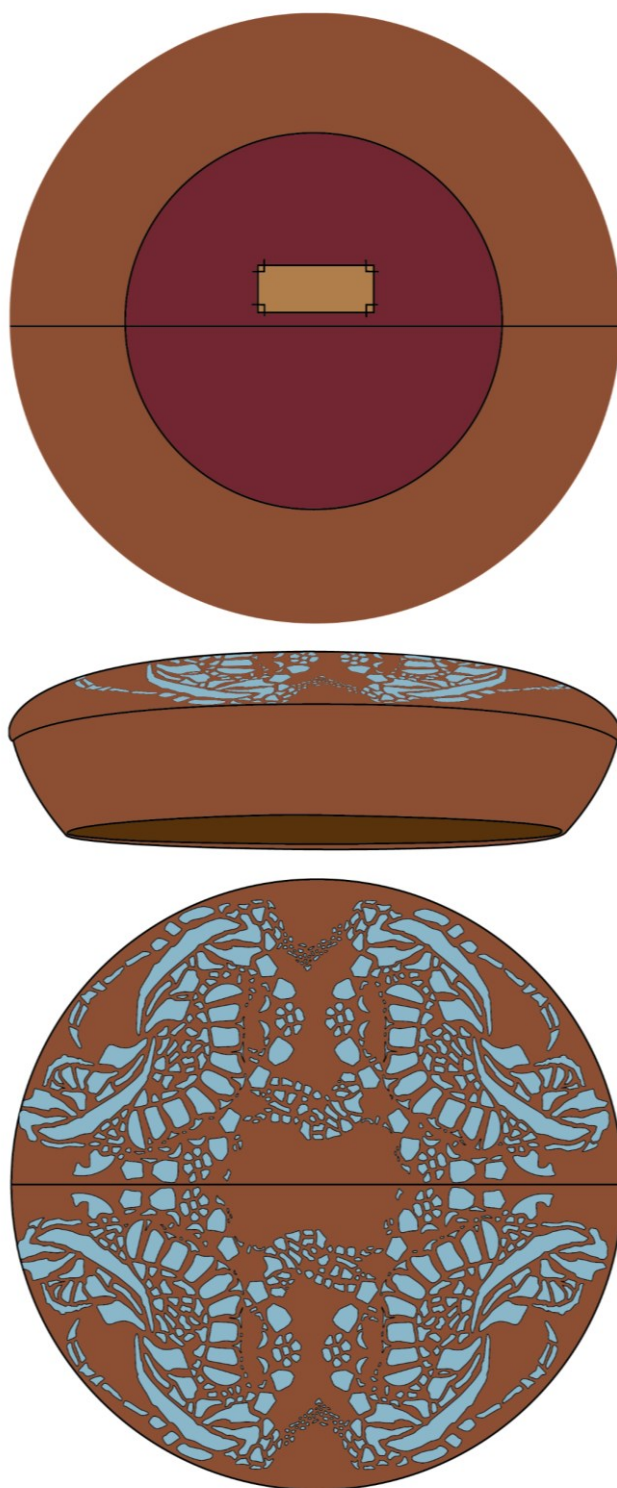
14.2 Baret s BC aplikací

Mezi zrealizované oděvní doplňky patří taktéž dámský baret, který je zhotoven z vlněné tkaniny s keprovou vazbou a dekorován aplikací z bakteriální celulózy. Vrchní část pokrývky hlavy je konstrukčně sestavena ze čtyř dílů, které se spojují ve středovém švu. Povrch je ozdoben krajkovým motivem vytvořeným laserovým výřezem do bakteriální celulózy. Tento ornament je podložen kontrastním materiálem v modrém odstínu, který zvýrazňuje perforovaný vzor. Vnitřní část baretu je opatřena podšívkou z hedvábí s příměsí bavlny v bordó barvě. Ve středu podšívky je našit štítek z přírodní usně. Obvod pokrývky hlavy je zakončen úzkým límcem o šířce 10 cm, který je z rubové strany začištěn podsádkou z bakteriální celulózy. Podsádka je k podšívce připevněna strojovým šitím.



Obrázek 115 Kresebný návrh baretu s aplikací z BC²⁹⁰

²⁹⁰ Vlastní



Obrázek 116 Technický nákres pokrývky hlavy, typ: baret²⁹¹

²⁹¹ Vlastní

14.2.1 Postup práce na baretu s aplikací BC

Vzhledem k předem zvolené technologii laserového vzorování do bakteriální celulózy bylo v počáteční fázi zásadní nalézt vhodný tvar pokrývky hlavy, který by umožnil efektivní umístění dekoru. Z tohoto důvodu vznikla série kreslených návrhů, které jsou uvedeny v kapitole 13 Návrhy. Současně probíhalo hledání optimální formy prostřednictvím modelování střihu. Jako výchozí základ byl vytvořen střih klasického francouzského baretu s kruhovou základnou, jenž byl dále upravován pomocí různých tvarových a proporčních variant.

Ačkoli byly vytvořeny zkušební prototypy z náhradních materiálů, s ohledem na specifické vlastnosti bakteriální celulózy a zvolený technologický postup bylo rozhodnuto ponechat střih v jeho základní podobě. Tato verze zároveň nejlépe odpovídala ergonomii lidské hlavy a umožnila stabilní aplikaci vzoru.



Obrázek 117 Varianty baretů z náhradního materiálu²⁹²

²⁹² Vlastní

Při spojovacím procesu byl použit výhradně konvenční způsob spojování, konkrétně řetízkový steh realizovaný jednojehlovým šicím strojem. S ohledem na křehkost vzoru zhotoveného z bakteriální celulózy byl jako podkladový materiál zvolen modrý vlněný textil v keprové vazbě, který plnil zpevňující funkci. Tímto spojením vznikl kompozitní materiál, jenž nejen zvýšil pevnost celku, ale zároveň díky kontrastní barevnosti podkladu vizuálně zvýraznil aplikovaný vzor.



Obrázek 118 Vylaserovaný vzor do plátu bakteriální celulózy²⁹³

²⁹³ Vlastní

14.3 Bucket bag

Kabelka typu bucket bag je zhotovena z bakteriální celulózy. Dvoudílná stěna kabelky je vysoká 10 cm. Dno je tvarováno do nepravidelné organické formy a ke stěně je připevněno technologií lepení. Povrch kabelky je opatřen vzorováním ve formě kohoutí stopy, které je realizováno technologií laserového gravírování. Boční části kabelky jsou opatřeny měděnými průchodkami, skrze které jsou upevněny karabiny. Na karabiny jsou připevněny nastavitelné popruhy z hedvábného šifonu, které jsou po celé délce prošity a zakončeny uzlem. Skelet kabelky z bakteriální celulózy je opatřen kovovým drukem, který slouží k základnímu uzavření hlavního vstupu do kabelky. Okraj stěny je zastřižen do jedné roviny a začištěn pomocí vodní úpravy.

Vnitřní část kabelky je doplněna o hedvábný pytlík sloužící k dodatečnému zabezpečení obsahu, opatřený stahovacím zapínáním. Kabelka je dále vybavena klíčenkou z bakteriální celulózy, tvarovanou do prostorového 3D tvaru, která je plněna ovčím rounem a v horní části opatřena kovovým průchoodem. Klíčenka je k tělu kabelky připevněna pomocí kovového kroužku.



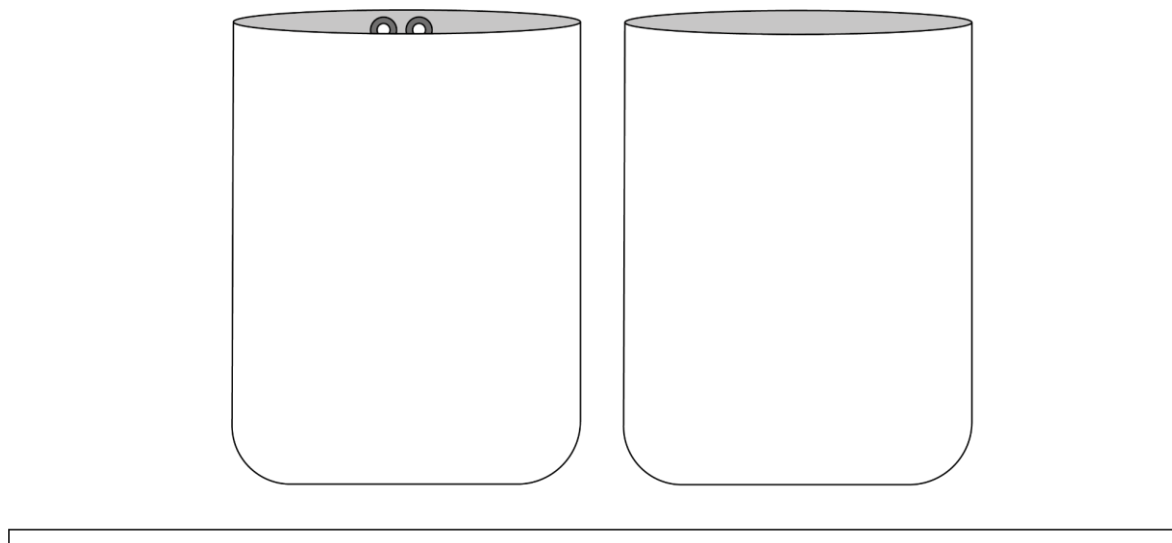
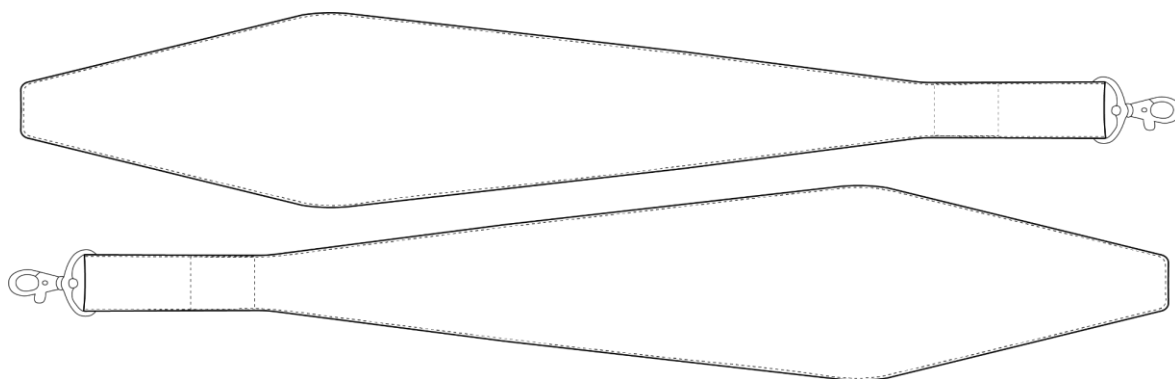
Obrázek 119 Kresebný nákres kabelky typu: bucket bag²⁹⁴

²⁹⁴ Vlastní



Obrázek 120 Technický nákres kabelky bucket bag²⁹⁵

²⁹⁵ Vlastní

Obrázek 121 Technický náčrtes úložného vaku²⁹⁶Obrázek 122 Technický náčrtes popruhů kabelky typu bucket bag²⁹⁷

14.3.1 Postup práce na kabelce bucket bag

Při realizaci kabelky typu bucket bag bylo zásadní nalézt efektivní uplatnění pro vzorovaný plát bakteriální celulózy, který vznikl v průběhu pracovního procesu na Modelu 1. Kabelka byla zhotovena z původně navrženého překryvu bundy, který však nemohl být v oděvu finálně použit z důvodu nadměrné hmotnosti, jež by konstrukci zbytečně zatěžovala. V souladu s myšlenkovým konceptem produktové řady Cellulee LABEL bylo zásadní zpracovat tento nadbytečný komponent do nového doplňku, aby nedocházelo k plýtvání materiálem a jeho potenciál byl dále využit.

²⁹⁶ Vlastní

²⁹⁷ Vlastní



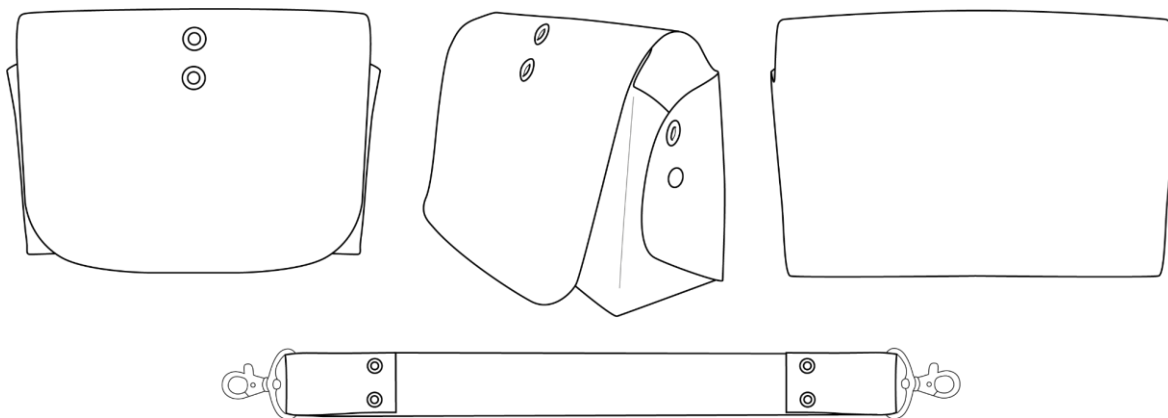
Obrázek 123 Překryt bundy vzorovaný laserovým gravírováním²⁹⁸

Technologie výroby kabelky byla přizpůsobena kvalitě a aktuálnímu stavu bakteriální celulózy. Oddělení jednotlivých dílů bylo provedeno řezáním. Spojení částí kabelky bylo realizováno pomocí technologie lepených švů, neboť materiál nebyl dostatečně proschlý a nebylo možné jej zpracovat strojovým šitím bez rizika poškození. Do zhotoveného skeletu kabelky byly na boční části aplikovány kovové průchodky, jejichž instalace proběhla bez obtíží díky dostatečné tloušťce materiálu. Tato vlastnost zároveň umožnila umístění drukového zapínání ve střední části kabelky. Z důvodu nedostatečného proschnutí bakteriální celulózy byl do vnitřní části vložen vak z hedvábného krepdešínu, který chrání vložené předměty před případným zabarvením nebo vlhkostí pocházející z BC materiálu.

²⁹⁸ Vlastní

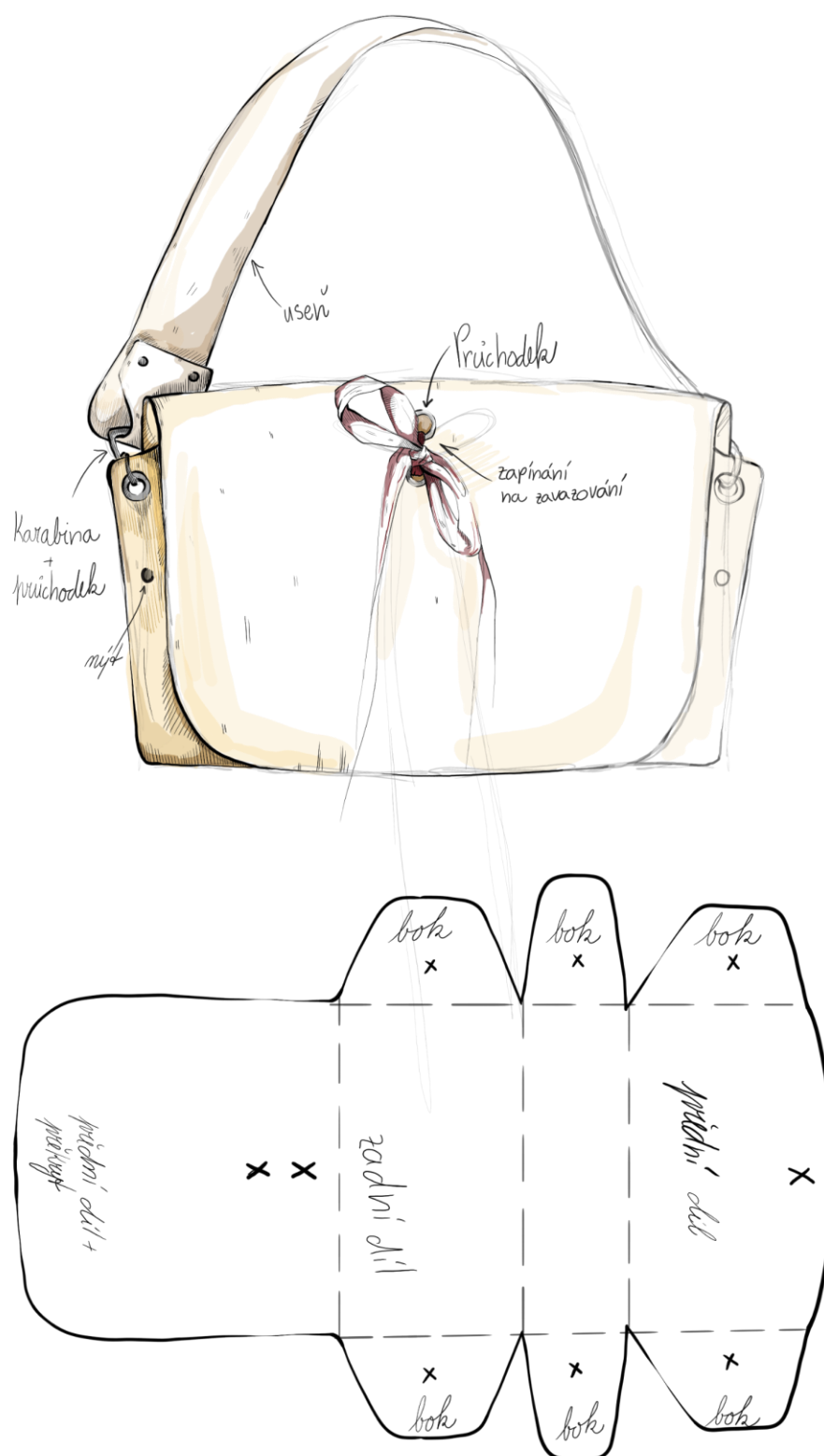
14.4 Kabelka typu envelope bag

Kabelka typu envelope bag je zhotovena z jednoho dílu bakteriální celulózy. Tvar kabelky je definován jednotlivými sklady, které při ohybu vytvářejí výslednou prostorovou formu. Okraje jsou zastřiženy a ponechány volně, bez podehnutí, v souladu s charakterem použitého materiálu. Boční stěny jsou zafixovány pomocí měděného nýtu umístěného ve středu dílu. Nad nýtem je aplikován měděný průchodek sloužící k uchycení karabiny. Zapínání kabelky je řešeno trojicí měděných průchodek, jimiž je protažena stuha určená k zavazování. Kabelka je doplněna o odepínací ramenní popruh vyrobený z přírodní usně.



Obrázek 124 Technický náčrt kabelky typu envelope bag²⁹⁹

²⁹⁹ Vlastní



Obrázek 125 Kresebný návrh kabelky³⁰⁰

³⁰⁰ Vlastní

14.4.1 Postup práce na kabelce typu envelope bag

S cílem prozkoumat nejen možnosti aplikace bakteriální celulózy, ale i vhodná stříhová řešení, oddělovací a spojovací technologie, byl návrh kabelky typu envelope bag pojat odlišným způsobem. Experimentálně zde byl testován jednoduchý stříh, u něhož tvar objektu nevzniká klasickým švovým členěním, ale skládáním jednotlivých ploch do prostorové podoby. Inspirací k tomuto přístupu byla i teoretická část bakalářské práce, která zmiňuje využití BC jako náhrady origami papíru.



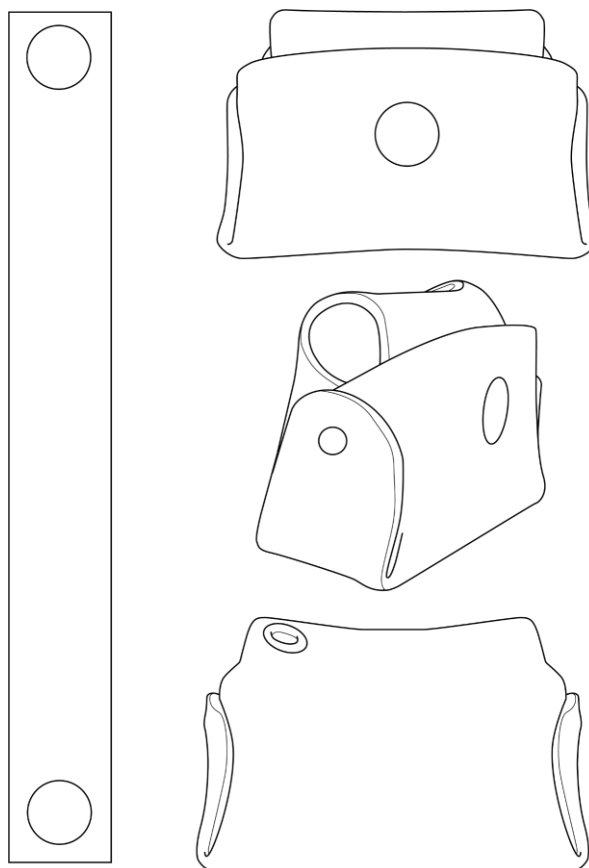
Obrázek 126 Přenesení stříhové šablony na BC³⁰¹

Z důvodu minimalizace zásahů do materiálu byly boční strany kabelky spojeny kovovými nýty, bez použití konvenčních spojovacích metod. Kabelka je doplněna o kovové průchodky, které slouží nejen k uchycení karabin, ale i jako součást zapínacího systému. Při tomto způsobu spojování se ukázalo, že výsledná pevnost závisí na tloušťce materiálu. Během aplikace nýtů do tenké vrstvy BC docházelo k popraskání materiálu v důsledku působení raznice. Na rozdíl od zadního dílu bundy, kde byla aplikace nýtů úspěšná, zde nebylo možné vytvořit dostatečně pevné a stabilní spojení.

³⁰¹ Vlastní

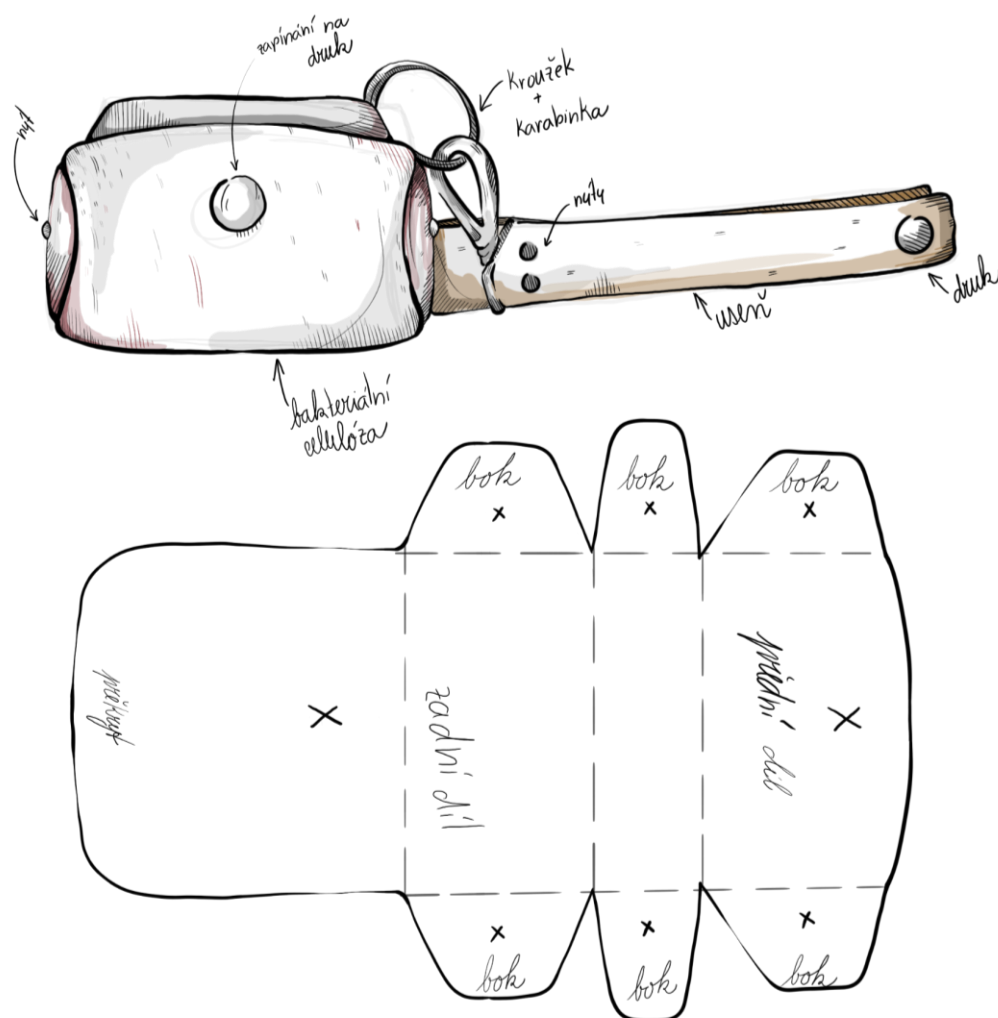
14.5 Pouzdro na sluchátka

Pouzdro na sluchátka je vyhotoveno z bakteriální celulózy v odstínu bordó. Konstrukčně je řešeno jako malá uzavíratelná kapsa s klopou, jejíž horní linie je zaoblená. Celý skelet pouzdra je tvořen z jednoho kusu materiálu, bez použití švů – tvarování do 3D formy je dosaženo skládáním stěn. Boční části jsou stabilizovány měděnými nýty, které jsou umístěny ve středové ose boků. Zapínání pouzdra je řešeno pomocí měděného druku, který je umístěn na překryvu klopy a předním díle. V horní části zadní stěny pouzdra a to 1 cm od levého okraje, je vypracován kovový průchodek. Skrze něj je provlečen kovový kroužek, na který je upevněno odepínací poutko z přírodní usně, zakončené zapínáním na měděný druk. Dekorativním prvkem pouzdra je svazek třásní z barvené bakteriální celulózy a hedvábné stuhy s příměsí bavlny, které jsou připevněny ke kovovému kroužku protažením.



Obrázek 127 Technický nákres pouzdra na sluchátka³⁰²

³⁰² Vlastní

Obrázek 128 Kresebný návrh pouzdra na sluchátka³⁰³

14.5.1 Postup práce na pouzdře

Při realizaci pouzdra na sluchátka byl zvolen podobný přístup jako u kabelky typu envelope bag. Stříhové řešení vychází z jednoho dílu, jehož jednotlivé části se skládáním formují do trojrozměrné podoby bez použití klasických švů. Oddělení dílů bylo provedeno řezáním, neboť hydratovaný materiál nebylo možné přesně oddělit krejčovskými nůžkami. Kovové nýty u pouzdra na sluchátka naplnily svůj spojovací potenciál, na rozdíl od kabelky

³⁰³ Vlastní

envelope bag, kde kvůli nízké tloušťce materiálu zůstaly pouze vizuálním prvkem. Tento rozdíl potvrdil význam volby materiálu při použití mechanického spojení pomocí nýtování.



Obrázek 129 Vyznačení stříhového dílu na BC materiálu³⁰⁴

³⁰⁴ Vlastní

14.6 Světelné stínidlo

Součástí produktové řady je rovněž světelné stínidlo, které rozšiřuje aplikaci bakteriální celulózy do produktového designu. Autorské nástěnné LED svítidlo je tvořeno stínidlem ve tvaru stylizovaného kruhu o rozměru 40×40 cm, které vzniklo ručním zpracováním dehydratovaného plátu bakteriální celulózy o původní velikosti 70×50 cm. Geometrická forma objektu je záměrně narušena výraznou prostorovou strukturou materiálu, připomínající textilní drapérii, a zakončena asymetrickým cípkem. Povrchová textura je výsledkem přirozeného sušení a vrstvení materiálu, bez dodatečné fixace nebo povrchové úpravy. Bakteriální celulóza je částečně transparentní a funguje jako přirozený difuzor světla, přičemž výsledný světelný efekt vzniká prostupem světla skrze proměnlivě silné vrstvy materiálu. Svítidlo je určeno výhradně pro interiérové použití se stabilními klimatickými podmínkami. Napájení zajišťuje síťový přívod s manuálním vypínačem na kabelu. Světelný zdroj tvoří integrovaný LED modul s teplým bílým světlem. Svítidlo je uchyceno pomocí zadního montážního systému pro nástěnnou instalaci.

14.6.1 Proces práce na světelném stínidlu

Pro zhotovení světelného stínidla byl použit plát bakteriální celulózy o rozměrech 70×50 cm. Tento konkrétní plát se svými vlastnostmi vymykal standardům ostatních. Během procesu sušení získal křehkou strukturu, která by nebyla vhodná pro použití v oděvech či oděvních doplňcích. Z tohoto důvodu byl využit v oblasti interiérového designu. Dalším důvodem, proč je BC vhodná pro aplikace v oblasti bytových doplňků, je skutečnost, že podle výsledků měření materiál výrazně reaguje na klimatické podmínky. V uzavřeném interiéru lze však předpokládat stabilnější prostředí, a tedy i větší stálost materiálu.



Obrázek 130 Využitý BC plát na světelné stínidlo³⁰⁵

Plát bakteriální celulózy byl nejprve zvlhčen s cílem obnovit jeho flexibilitu. Po dosažení potřebné míry ohebnosti, která umožnila bezpečnou manipulaci bez rizika mechanického poškození, byl aplikován na konstrukci svítidla a dále tvarován do výsledné podoby. Design stínidla nebyl předem přesně určen. Jeho finální forma vznikala v průběhu procesu na základě tvůrčího přístupu autorky a citlivé práce s materiálem. Důraz byl kladen na zachování přirozené barevnosti, transparentnosti a povrchové struktury celulózy, které podtrhují její organický původ. V rámci procesu aranžování bylo experimentováno s více variantami tvarového řešení, přičemž byla následně zvolena nejvhodnější. Materiál byl ponechán na konstrukci svítidla po dobu sušení, během něhož přirozeně přilnul k hladkému povrchu bez potřeby dodatečných fixačních prostředků. Tento postup umožňuje snadnou demontáž stínidla po ukončení jeho funkční životnosti a jeho případnou výměnu. Jelikož během celého procesu nebyly použity žádné chemické úpravy, zůstává bakteriální celulóza plně biologicky rozložitelným materiálem, vhodným ke kompostaci.

³⁰⁵ Vlastní



Obrázek 131 Varianty aranžování BC na svítidlo³⁰⁶

14.7 Sada vzorků bakteriální celulózy

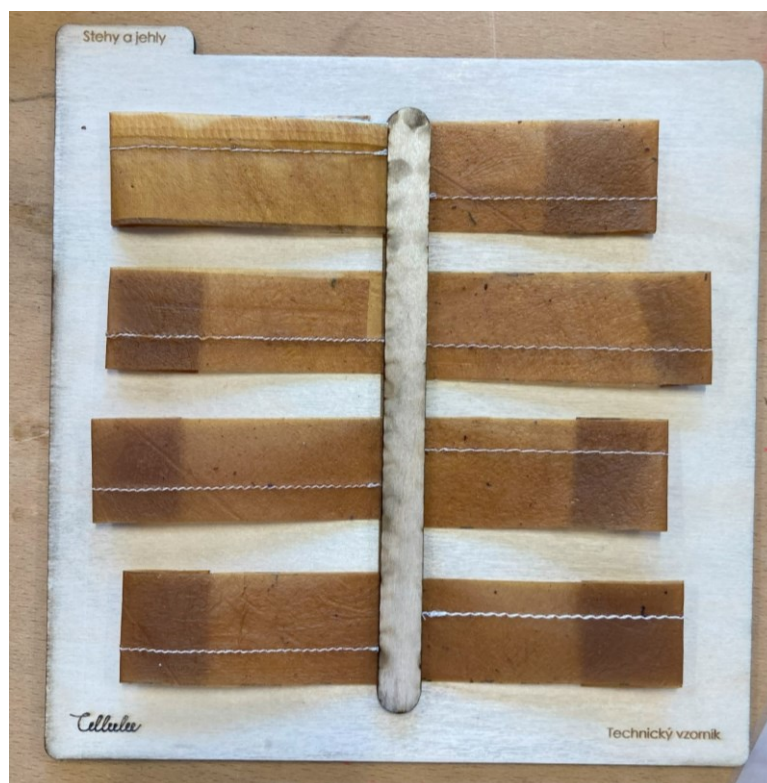
Součástí bakalářské práce je rovněž sada vzorků z bakteriální celulózy, která dokumentuje experimentální práci s tímto materiálem. Vzorky obsažené ve vzorníku vznikly za účelem co nejširšího prozkoumání potenciálu bakteriální celulózy v kontextu oděvního designu. Každý vzorek je výsledkem několikaměsíční práce, během níž bylo nutné materiál nejprve vypěstovat a následně technologicky zpracovat. Pro přípravu vzorků byly využity dva pláty bakteriální celulózy o rozměrech 70 × 50 cm.

Výsledná sada vzorků je uspořádána do kazetové formy a tematicky rozdělena do osmi kategorií podle typu technologie nebo zvolené experimentální metody. Jednotlivé části vzorníku zahrnují tyto tematické okruhy: ČSN 80 0110, strojové šití, impregnace, struktury a vzorování, barvení přírodními barvivy, barvení syntetickými barvivy, kompozity a lepené švy. Vzorník je zhotoven z dřevěných destiček a navržen tak, aby reflektoval specifika materiálu a současně umožňoval přehlednou archivaci jednotlivých experimentálních vzorků.

³⁰⁶ Vlastní



Obrázek 132 Experimentální ověření vhodnosti dřeva pro laserové zpracování³⁰⁷



Obrázek 133 Tematické rozčlenění vzorků z bakteriální celulózy podle typu zpracování³⁰⁸

³⁰⁷ Vlastní

³⁰⁸ Vlastní

IV PROJEKTOVÁ ČÁST

15 PRODUKTOVÁ FOTODOKUMENTACE

Fotograf: Jan Vitha

Modelka: Eva Haluzíková











































16 KONCEPTUÁLNÍ FOTODOKUMENTACE

Fotograf: Jan Vitha

Asistentka fotografa: Kristina Kordiakova

Modelky: Tereza Vodsed'álková, Eva Haluzíková























ZÁVĚR

Hlavním cílem bakalářské práce na téma *Výroba a možnosti aplikace materiálu z bakteriální celulózy* bylo zhodnotit aplikační potenciál bakteriální celulózy (BC) z pohledu oděvního designu a nalézt vhodné možnosti jejího uplatnění. Vytvořená produktová řada Cellulee Label se soustředí především na koncept *biocouture*, v jehož rámci je BC aplikována jako alternativní materiál v oblasti oděvní tvorby. S ohledem na charakter jednotlivých produktů však kolekce částečně zasahuje také do oblasti interiérového a produktového designu, čímž rozšiřuje spektrum možného využití tohoto biomateriálu. Součástí práce je rovněž sada experimentálních vzorků, které dokumentují vlastnosti, technologickou zpracovatelnost a limity materiálu, a slouží jako podklad pro další varianty jeho aplikace.

Dílčím cílem bylo optimalizovat produkci bakteriální celulózy v nekvalifikovaných podmínkách bez laboratorního zázemí a vytvořit takové kultivační prostředí, které bude příznivé pro její růst. Za tímto účelem byla realizována experimentální část, jež zachycuje kultivační postupy aplikované autorkou práce. V průběhu experimentu bylo vypěstováno osm plátů o rozměrech 70 x 50 cm a čtyři pláty formátu 110 x 30 cm. Celý proces pěstování a zpracování materiálu trval přibližně devět měsíců, přičemž hlavním aspektem bylo správné nastavení poměrů kultivačního média a nalezení vhodné technologie sušení celulózy. Výsledkem experimentu bylo celkem dvanáct plátů bakteriální celulózy různé tloušťky, kvality a stupně dehydratace. Tyto pláty sloužily jako základ pro tvorbu produktové řady i sady vzorků dokumentujících práci s materiálem. Část vypěstovaného materiálu byla dále využita k laboratornímu měření vlastností BC.

Na základě zkušeností získaných během experimentální i praktické části práce autorka dospěla k závěru, že bakteriální celulóza představuje slibný alternativní materiál zejména v oblasti interiérového designu. V kontextu oděvní tvorby však její využití naráží na řadu technických a funkčních omezení, které v současnosti brání tomu, aby mohla být považována za plnohodnotnou a udržitelnou alternativu běžně používaných textilních materiálů. Nejzásadnějším limitem se ukázal být proces spojování jednotlivých částí. BC se v namáhaných spojkách neosvědčila jako dostatečně odolná, což omezuje její využití v každodenním nošení.

Laboratorní testy rovněž potvrdily, že BC je živý a velice specifický materiál, který výrazně reaguje na podmínky okolního prostředí, zejména na vlhkost vzduchu. Díky této schopnosti adaptace je vhodnější pro aplikace ve stabilních klimatických podmínkách,

kde nedochází k prudkým výkyvům teploty či vlhkosti. V oděvním kontextu, kde materiál přichází do přímého kontaktu s lidskou pokožkou a vystavuje se různým klimatickým vlivům, se tato vlastnost projevuje jako riziková. BC má tendenci absorbovat tělní sekrety a ztrácet svou původní strukturu i vzhled.

V rámci experimentální části práce se ukázalo, že bakteriální celulóza má praktické a funkční uplatnění mimo oblast oděvního designu – konkrétně v oblasti tatérství. Díky své vizuální podobnosti s lidskou pokožkou a strukturálním vlastnostem, které odpovídají požadavkům tetování, se nabízí jako vhodná alternativa k umělé tréninkové kůži pro začínající tatéry. Významnou výhodou je také její částečná transparentnost, která umožňuje kontrolu hloubky vpichu tetovací jehly, a tím zvyšuje efektivitu nácviku. Za perspektivní se rovněž ukázala aplikace BC v interiérovém designu – konkrétně jako materiál pro světelné stínidlo. V této podobě není materiál vystaven přímému mechanickému zatížení ani výrazným výkyvům teplot či vlhkosti, což přispívá k jeho vyšší stabilitě a delší životnosti.

Na základě praktické části práce se jako méně vhodná technologie pro spojování bakteriální celulózy ukázalo strojové šití. Vpichy způsobené jehlou představují výrazný zásah do struktury materiálu, který BC spíše oslabuje, než aby zajistil funkční a trvalé spojení, zejména v namáhaných částech oděvu. Naopak jako perspektivní se ukázala technologie lepených švů, která nenarušuje celistvost materiálu mechanickým působením. Pro její širší využití však bude zapotřebí další experimentální práce, vedoucí k výběru vhodného adheziva, jež bude v souladu s přírodním složením materiálu a nebude negativně ovlivňovat jeho ekologické vlastnosti.

Oblast, která si rovněž zaslouží další vývoj, představuje následná péče o produkty z bakteriální celulózy. Péče o tento materiál je specifická a značně náročná, především kvůli vysoké citlivosti BC na vlhkost a okolní podmínky. Produkty nelze čistit běžnými způsoby, které jsou obvyklé u konvenčních textilií, a je proto nezbytné vyvinout nové přístupy, technologie či postupy, které by umožnily jejich dlouhodobou udržitelnost a funkčnost. V současnosti mají produkty spíše konceptuální charakter, přičemž materiál vyžaduje pravidelné zvlhčování, aby si zachoval flexibilitu a nedocházelo k jeho degradaci.

Výsledky práce potvrdily, že bakteriální celulóza disponuje řadou jedinečných vlastností, mezi které patří například přirozená adheze či vysoká odolnost vůči oděru. Zároveň bylo prokázáno, že tento materiál je možné barvit přírodními pigmenty bez narušení jeho čisté struktury vláken. Ukázalo se, že BC je mimořádně specifický materiál,

který vyžaduje netradiční přístupy ke zpracování a technologickému uchopení. Bakalářská práce tímto přispívá k rozšíření možností v oblasti udržitelného designu a propojuje oděvní tvorbu s vědeckými poznatky. Současně reflektuje aktuální potřebu textilního průmyslu hledat nové, ekologicky šetrné materiály, které minimalizují dopad na životní prostředí.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ACHARYYA, Pragya Permita; SARMA, Munmi a KASHYAP, Anurag. Recent advances in synthesis and bioengineering of bacterial nanocellulose composite films for green, active and intelligent food packaging. Online. *Cellulose*. 2024, vol. 31, Issue 12, s. 7163-7187. ISSN 0969-0239. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10570-024-06023-3>. [cit. 2025-01-04].

AISHWARIYA, Sachidhanandham. Textiles from orange peel waste. Online. *Science & Technology Development Journal*. 2020, vol. 23, Issue 2, article 23(2), s. 508-516. Dostupné z: <https://doi.org/10.32508/stdj.v23i2.1730>. [cit. 2024-11-12].

ANTOLAK, Hubert; PIECHOTA, Dominik a KUCHARSKA, Aleksandra. Kombucha Tea—A Double Power of Bioactive Compounds from Tea and Symbiotic Culture of Bacteria and Yeasts (SCOBY). Online. *Antioxidants*. 2021, vol. 10, Issue 10, s. 1-20. ISSN 2076-3921. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/antiox10101541>. [cit. 2024-12-19].

AMEDA, Imrana; HUDSON, Sara; WEAVER, Kristi Klitsch a PACCHIA, Megan Lesko. *The beauty market in 2023: A special State of Fashion report*. Online. In: McKinsey & Company. 2023. Dostupné z: https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/the-beauty-market-in-2023-a-special-state-of-fashion-report#/. [cit. 2024-12-15].

Biofabricate. Online. C2025. Dostupné z: <https://www.biofabricate.co/about>. [cit. 2025-01-02].

CALIDA. *SeaCell: what makes these fibres so special?* Online. 2021. Dostupné z: <https://blog.calida.com/en-CH/blog/seacell-what-makes-these-fibres-so-special/>. [cit. 2024-11-20].

CARROLL, KC; S, Miller; HOB DEN, JA; MILLER, S; MORSE, SA et al. Cultivation of Microorganisms. Online. *Jawetz, Melnick, & Adelberg's Medical Microbiology*. 2019, vol. 2019, Issue 27e, Dostupné z: <https://accessmedicine.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1551&ionid=94105594>. [cit. 2024-12-01].

CENKKUT GÜLTEKIN, B. Bleaching of SeaCell® active fabrics with hydrogen peroxide. Online. *Fibers and Polymers*. 2016, vol. 17, Issue 8, s. 1175-1180. ISSN 1229-9197. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s12221-016-6181-9>. [cit. 2024-11-20].

COELHO, Raquel Macedo Dantas; ALMEIDA, Aryelle Leite de; AMARAL, Rafael Queiroz Gurgel do; MOTA, Robson Nascimento da a SOUSA, Paulo Henrique M. de. Kombucha: Review. Online. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2020, roč. 22, č. 100272, s. 1-12. ISSN 1878450X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100272>. [cit. 2025-02-10].

Upravit citaci Zkopírovat citaci

COLLET, Carole. Designing our future bio-materiality. Online. *AI & SOCIETY*. 2021, vol. 36, Issue 4, s. 1331-1342. ISSN 0951-5666. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00146-020-01013-y>. [cit. 2025-01-02].

DARDOUK, Fareed; ARANDI, Hallah a MAKHARZEH, Mohammad. *Extraction of Corn silk and its applications in healing and cosmetics*. Graduation project. Nablus: An-Najah National University, Faculty of Engineering and Information Technology, Chemical Engineering Department.

ESA, Faezah; TASIRIN, Siti Masrinda a RAHMAN, Norliza Abd. Overview of Bacterial Cellulose Production and Application. Online. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 2014, vol. 2, Issue. 26943, s. 113-119. ISSN 22107843. Dostupné z: Elsevier, <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2014.11.017>. [cit. 2024-12-01].

FERNANDES, Isabela de Andrade Arruda; PEDRO, Alessandra Cristina; RIBEIRO, Valéria Rampazzo; BORTOLINI, Débora Gonçalves; OZAKI, Mellany Sarah Cabral et al. Bacterial cellulose: From production optimization to new applications. Online. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2020, vol. 164, s. 2598-2611. ISSN 01418130. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.07.255>. [cit. 2024-12-19].

FERNANDES, Marta; SOUTO, António Pedro; DOURADO, Fernando a GAMA, Miguel. Application of Bacterial Cellulose in the Textile and Shoe Industry: Development of Biocomposites. Online. *Polysaccharides*. 2021, vol. 2, Issue 3, s. 566-581. ISSN 2673-4176. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/polysaccharides2030034>. [cit. 2024-12-25].

FILLAT, Amanda; MARTÍNEZ, Josefina; VALLS, Cristina; CUSOLA, Oriol; RONCERO, M. Blanca et al. Bacterial cellulose for increasing barrier properties of paper products. Online. *Cellulose*. 2018, vol. 25, Issue 10, s. 6093-6105. ISSN 0969-0239. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10570-018-1967-0>. [cit. 2024-12-15].

MCGAW, Janet; ANDRIANOPOULOS, Alex a LIUTI, Alessandro. Tangled Tales of Mycelium and Architecture: Learning From Failure. Online. *Frontiers in Built Environment*. 2022, vol. 8, Issue 805292, s. 1-8. ISSN 2297-3362. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.805292>. [cit. 2025-01-18].

GREGERSEN, Ólavur; GRANDORF BAK, Urd; ZWAANENBURG, Lars; ÝR GUNNARSDÓTTIR, Kolbrún a BONEFELD, Birgit. *A feasibility study on Blue Fashion using cultivated seaweed for textile production: TaraTekstile*. Online. 2nd. 2019. Dostupné z: <https://phyconomy.net/wp-content/uploads/2020/11/seaweed-textile-feasibility-study.pdf>. [cit. 2024-11-21].

GREGORY, David A.; TRIPATHI, Lakshmi; FRICKER, Annabelle T.R.; ASARE, Emmanuel; ORLANDO, Isabel et al. Bacterial cellulose: A smart biomaterial with diverse applications. Online. *Materials Science and Engineering: R: Reports*. 2021, vol. 145, no. 100623, article 100623, s. 27. Licence: 2021. ISSN 0927796X. Dostupné z: Elsevier, <https://doi.org/10.1016/j.mser.2021.100623>. [cit. 2024-11-27].

HESSMANN – KOSARIS, Anita a KRAMLOVÁ, Anděla. *Zázračná kombucha: Prastaré léčivé prostředky: [energetický nápoj s jemnou léčivou silou]*. Olomouc: Fontána, 2002. ISBN 80-86179-81-8.

HUANG, Yang; ZHU, Chunlin; YANG, Jiazhi; NIE, Ying; CHEN, Chuntao et al. Recent advances in bacterial cellulose. Online. *Cellulose*. 2014, vol. 21, Issue 1, s. 1-30. Licence:

2013. ISSN 0969-0239. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10570-013-0088-z>. [cit. 2024-11-27].

HUSSAIN, Zohaib; SAJJAD, Wasim; KHAN, Taous a WAHID, Fazli. Production of bacterial cellulose from industrial wastes: a review. Online. *Cellulose*. 2019, vol. 26, Issue 5, s. 2895-2911. ISSN 0969-0239. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10570-019-02307-1>. [cit. 2024-12-25].

CHAWLA, Prashant R.; BAJAJ, Ishwar B.; SURVASE, Shrikant A. a SINGHAL, Rekha S. Microbial Cellulose: Fermentative Production and Applications. Online. *Food Technology and Biotechnology*. 2008, vol. 47, Issue 2, article 2058, s. 107-124. ISSN 1330-9862. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/279896217_Microbial_Cellulose_Fermentative_Production_and_Applications. [cit. 2024-11-26].

CHOI, Soon Mo; RAO, Kummara Madhusudana; ZO, Sun Mi; SHIN, Eun Joo a HAN, Sung Soo. Bacterial Cellulose and Its Applications. Online. *Polymers*. 2022, vol. 14, Issue 6, s. 1-44. ISSN 2073-4360. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/polym14061080>. [cit. 2024-12-25].

ISLAM, Mazhar Ul; ULLAH, Muhammad Wajid; KHAN, Shaukat; SHAH, Nasrullah a PARK, Joong Kon. Strategies for cost-effective and enhanced production of bacterial cellulose. Online. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2017, vol. 102, s. 1166-1173. ISSN 01418130. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.04.110>. [cit. 2024-12-25].

ISLAM, Salman Ul; UL-ISLAM, Mazhar; AHSAN, Haseeb; AHMED, Muhammad Bilal; SHEHZAD, Adeeb et al. Potential applications of bacterial cellulose and its composites for cancer treatment. Online. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2021, vol. 168, s. 301-309. ISSN 01418130. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.12.042>. [cit. 2024-12-23].

KALLIO, A. Maarit I. Wood-based textile fibre market as part of the global forest-based bioeconomy. Online. *Forest Policy and Economics*. 2021, vol. 123, Issue 102364, s. 1-11. ISSN 13899341. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102364>. [cit. 2024-11-19].

KAMIŃSKI, Kamil; JAROSZ, Magdalena; GRUDZIEŃ, Joanna; PAWLIK, Justyna; ZASTAWNIAK, Filip et al. Hydrogel bacterial cellulose: a path to improved materials for new eco-friendly textiles. Online. *Cellulose*. 2020, vol. 27, Issue 9, s. 5353-5365. ISSN 0969-0239. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10570-020-03128-3>. [cit. 2024-12-25].

KHAN, Sher Bahadar a KAMAL, Tahseen (ed.). *Bacterial Cellulose: Synthesis, Production, and Applications*. Online. CRC Press, 2022. ISBN 9781003118756. Dostupné z: <https://doi.org/10.1201/9781003118756>. [cit. 2024-10-17].

KIM, Yelim. *Growing the future with mycelium: Production and applications of mycelium materials*. Online. In: Medium. 2022. Dostupné z: <https://medium.com/@julie0229yl/growing-the-future-with-mycelium-73f7a23b83d7>. [cit. 2024-11-14].

LLONCHOVÁ, Laura. *BIOCOUTURE: Garments with living bacteria*. Online. In: Knowledge hub. 2022. Dostupné z: <https://knowledge-hub.circle-economy.com/wctd/article/18396?n=BIOCOUTURE-Garments-with-living-bacteria>. [cit. 2025-01-18].

KRYSTYNOWICZ, A; CZAJA, W; WIKTOROWSKA-JEZIERSKA, A; GONCALVES-MISKIEWICZ, M; TURKIEWICZ, M et al. Factors affecting the yield and properties of bacterial cellulose. Online. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*. 2002, vol. 29, Issue 4, s. 189-195. ISSN 1367-5435. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/sj.jim.7000303>. [cit. 2024-12-11].

LIMA, Nicole Folmann; MACIEL, Giselle Maria; LIMA, Nayara Pereira; FERNANDES, Isabela de Andrade Arruda a HAMINIUK, Charles Windson Isidoro. Bacterial cellulose in cosmetic innovation: A review. Online. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2024, vol. 275, Issue 133396. ISSN 01418130. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.133396>. [cit. 2025-01-04].

LIN, Shin-Ping; LOIRA CALVAR, Iris; CATCHMARK, Jeffrey M.; LIU, Je-Ruei; DEMIRCI, Ali et al. Biosynthesis, production and applications of bacterial cellulose. Online. *Cellulose*. 2013, vol. 20, Issue 5, s. 2191-2219. ISSN 0969-0239. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10570-013-9994-3>. [cit. 2024-12-14].

Lionne Van Deursen. Online. C2025. Dostupné z: <https://www.lionnevandeursen.com/>. [cit. 2025-01-02].

MAHAPATRA, N.N. *Processing of orange fibres in textile industries*. Online. In: TEXTILE VALUE CHAIN. 2020. Dostupné z: <https://textilevaluechain.in/news-insights/processing-of-orange-fibres-in-textile-industries>. [cit. 2024-11-12].

MAŁACHOWSKA, Edyta; DUBOWIK, Marcin; LIPKIEWICZ, Aneta; PRZYBYSZ, Kamila a PRZYBYSZ, Piotr. Analysis of Cellulose Pulp Characteristics and Processing Parameters for Efficient Paper Production. Online. *Sustainability*. 2020, vol. 12, Issue 17, s. 1-12. ISSN 2071-1050. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/su12177219>. [cit. 2024-12-15].

MOHITE, Bhavna V. a PATIL, Satish V. A novel biomaterial: bacterial cellulose and its new era applications. Online. *Biotechnology*. 2014, vol. 61, Issue 2, s. 101-110. ISSN 08854513. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/bab.1148>. [cit. 2024-12-01].

MOKASHI, Amruta; HARALE, Pranov a CHOUGULE, Sandesh. Vegan Leather from Kombucha Tea and Scoby. Online. *Medicon Engineering Themes*. 2022, vol. 3, Issue 6, s. 70-75. Dostupné z: <https://doi.org/10.55162/MCET.03.097>. [cit. 2024-12-25].

MORENO-DÍAZ, Cristina; GONZÁLEZ-ARRANZ, Salvador a MARTÍNEZ-CEREZO, Carmen. Bacterial Cellulose Production within a Circular Economy Framework: Utilizing Organic Waste. Online. *Polymers*. 2024, vol. 16, Issue 19, s. 1-19. ISSN 2073-4360. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/polym16192735>. [cit. 2024-12-14].

MUTHU, Subramanian Senthilkannan (ed.). *Sustainability in the Textile Industry: Textile Science and Clothing Technology*. Online. Springer, 2017. ISBN 978-981-10-2639-3. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/978-981-10-2639-3>. [cit. 2024-12-24].

MUTHU, Subramanian Senthilkannan a RATHINAMOORTHY, R. (ed.). *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles*. Online. Springer, 2021. ISBN 978-981-15-9581-3. Dostupné z: <https://libgen.is/book/index.php?md5=BA79CE3B069AAE71A454D068B4F77909>. [cit. 2024-10-17].

NAYAK, Rajkishore; CLEVELAND, Donna; TRAN, Giang a JOSEPH, Frances. Potential of bacterial cellulose for sustainable fashion and textile applications: A review. Online. *Journal of Materials Science*. 2024, vol. 59, Issue 16, s. 6685-6710. ISSN 0022-2461. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10853-024-09577-6>. [cit. 2024-12-25].

OLIVER CHARLES. *SeaCell: The Ultimate Guide*. Online. 2024. Dostupné z: https://www.oliver-charles.com/pages/seacell-the-ultimate-guide?srltid=AfmBOorxWAlVJbwNEfco9tbPH3zcmDyivMF5SeLPtXB_qWHvBTQmpzYD. [cit. 2024-11-19].

PROVIN, Ana Paula; CUBAS, Anelise Leal Vieira; DUTRA, Ana Regina de Aguiar a SCHULTE, Neide Köhler. Textile industry and environment: can the use of bacterial cellulose in the manufacture of biotextiles contribute to the sector? Online. *Clean Technologies and Environmental Policy*. 2021, vol. 23, Issue 10, s. 2813-2825. ISSN 1618-954X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10098-021-02191-z>. [cit. 2024-12-26].

PROVIN, Ana Paula; DOS REIS, Victória Oliva; HILESHEIM, Stefany Espindola; BIANCHET, Ritanara Tayane; DE AGUIAR DUTRA, Ana Regina et al. Use of bacterial cellulose in the textile industry and the wettability challenge—a review. Online. *Cellulose*. 2021, vol. 28, Issue 13, s. 8255-8274. ISSN 0969-0239. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10570-021-04059-3>. [cit. 2024-12-24].

RATHINAMOORTHY, R. a KIRUBA, T. Bacterial cellulose-A potential material for sustainable eco-friendly fashion products. Online. *Journal of Natural Fibers*. 2022, vol. 19, Issue 9, s. 3275-3287. ISSN 1544-0478. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1842841>. [cit. 2025-01-02].

ROCHA, André R. F. da Silva; VENTURIM, Bárbara Côgo; ELLWANGER, Elena R. A.; PAGNAN, Caroline S.; SILVEIRA, Wendel B. da et al. Bacterial cellulose: Strategies for its production in the context of bioeconomy. Online. *Journal of Basic Microbiology*. 2023, vol. 63, Issue 3-4, s. 257-275. ISSN 0233-111X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/jobm.202200280>. [cit. 2025-01-01].

SANDIN, Gustav; PETERS, Greg M. a SVANSTRÖM, Magdalena. Moving down the cause-effect chain of water and land use impacts: An LCA case study of textile fibres. Online. *Resources, Conservation and Recycling*. 2013, vol. 73, s. 104-113. ISSN 09213449. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.01.020>. [cit. 2025-01-06].

SMARTFIBERAG. *SeaCell™LT – The power of seaweed in a fiber*. Online. Rudolstadt, c2024. Dostupné z:

<https://algae.foundationatec.org/aces/library/The%20Power%20of%20Seaweed%20in%20a%20Fiber.pdf>. [cit. 2024-11-21].

ŠKOPOVÁ, Jitka (ed.). *Textil a experiment*. UMPRUM, 2017. ISBN 978-80-87989-28-9.

TARGOSZ-WRONA, Elżbieta. Ecolabelling as a Confirmation of the Application of Sustainable Materials in Textiles. Online. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*. 2009, vol. 17, Issue 4 (75), s. 21-25. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/298574877_Ecolabelling_as_a_Confirmation_of_the_Application_of_Sustainable_Materials_in_Textiles. [cit. 2025-01-03].

TEISSIE, NATALIE EYNARD JUSTIN et al. *Electrotransformation of Bacteria*. Online. Springer, 2000. ISBN 978-3-662-04305-9. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-04305-9>. [cit. 2024-11-07].

THOUGHT. *Unlock the wonders of the ocean*. Online. ©2024. Dostupné z: https://www.wearethought.com/pages/seacell?srltid=AfmBOoojUBYwhdr6BG9nm2IXM5-JQ0Q8GmUUS5tacx_VV4HsXwnLHg9S. [cit. 2024-11-20].

TORRES, Fernando; COMMEAUX, Solene a TRONCOSO, Omar. Biocompatibility of Bacterial Cellulose Based Biomaterials. Online. *Journal of Functional Biomaterials*. 2012, vol. 3, Issue 4, s. 864-878. ISSN 2079-4983. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/jfb3040864>. [cit. 2024-11-27].

TORRISI, Carla; CARRABINO, Rosario; SANTONOCITO, Adriana; MATARAZZO, Agata a MERTOLI, Federico. Industrial Symbiosis in The Production of Sustainable Textiles: Orange Fiber S.R.L. Online. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*. 2022, vol. 9, Issue 4, s. 9995-10000. ISSN 2392-9537. Dostupné z: https://www.iris.unict.it/bitstream/20.500.11769/563071/1/19_120_Torrissi_22%20matarazzo%20mertoli%20carrabino.pdf. [cit. 2024-11-12].

TURHAN, Gozde Damla; AFSAR, Secil; OZEL, Berfin; DOYURAN, Aslihan; VARINLIOGLU, Guzden et al. 3D Printing with Bacterial Cellulose-Based Bioactive Composites for Design Applications. Online. *Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe*. 2022, vol. 40, Issue 77, s. 77-84. Dostupné z: <https://doi.org/10.52842/conf.eaaade.2022.1.077>. [cit. 2024-12-23].

Thr34d5: NGO design studio. Online. C2025. Dostupné z: <https://thr34d5.org/>. [cit. 2025-01-02].

ULLAH, Hanif; SANTOS, Hélder A. a KHAN, Taous. Applications of bacterial cellulose in food, cosmetics and drug delivery. Online. *Cellulose*. 2016, vol. 23, Issue 4, s. 2291-2314. ISSN 0969-0239. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10570-016-0986-y>. [cit. 2024-12-14].

VANDAMME, E.J.; DE BAETS, S.; VANBAELEN, A.; JORIS, K. a DE WULF, P. Improved production of bacterial cellulose and its application potential. Online. *Polymer Degradation and Stability*. 1998, vol. 59, Issue 1-3, s. 93-99. ISSN 01413910. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0141-3910\(97\)00185-7](https://doi.org/10.1016/S0141-3910(97)00185-7). [cit. 2024-12-22].

VANDELOOK, Simon; ELSACKER, Elise; VAN WYLICK, Aurélie; DE LAET, Lars a PEETERS, Eveline. Current state and future prospects of pure mycelium materials. Online. *Fungal Biology and Biotechnology*. 2021, vol. 8, Issue 20, s. 1-10. ISSN 2054-3085. Dostupné z: BMC, <https://doi.org/10.1186/s40694-021-00128-1>. [cit. 2024-11-13].

What Is Contemporary Style? Online. House of Arti. 10 October 2024. Dostupné z: <https://house-of-arti.com/blogs/stories/what-is-contemporary-style>. [cit. 2025-05-11].

What is pH? Online. In: EPA. 2024. Dostupné z: <https://www.epa.gov/goldkingmine/what-ph>. [cit. 2025-01-17].

WAHID, Fazli; HUANG, Long-Hui; ZHAO, Xue-Qing; LI, Wen-Chao; WANG, Yun-Ya et al. Bacterial cellulose and its potential for biomedical applications. Online. *Biotechnology Advances*. 2021, vol. 53, Issue 107856, s. 1-31. ISSN 07349750. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2021.107856>. [cit. 2024-12-22].

ZHONG, Chunyan. Industrial-Scale Production and Applications of Bacterial Cellulose. Online. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2020, vol. 8, Issue 605374, s. 1-19. ISSN 2296-4185. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.605374>. [cit. 2024-12-14].

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ K OBRÁZKŮM

ACHARYYA, Pragma Permita; SARMA, Munmi a KASHYAP, Anurag. *Recent advances in synthesis and bioengineering of bacterial nanocellulose composite films for green, active and intelligent food packaging*. Online. Cellulose. 2024, roč. 31, č. 12, s. 7163-7187. ISSN 0969-0239. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10570-024-06023-3>. [cit. 2025-01-04].

CHAN, Chun Kit; SHIN, Jooyoung a JIANG, Shou Xiang Kinor. *Development of Tailor-Shaped Bacterial Cellulose Textile Cultivation Techniques for Zero-Waste Design*. Online. In: Sage Journals. 2017. Dostupné z: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0887302X17737177?journalCode=ctra>. [cit. 2024-12-26].

CHIN, Andrea. *Suzanne Lee: Biocouture growing textiles*. Online. In: Designboom. 2010. Dostupné z: <https://www.designboom.com/design/suzanne-lee-biocouture-growing-textiles/>. [cit. 2025-01-03].

CHOI, Soon Mo; RAO, Kummara Madhusudana; ZO, Sun Mi; SHIN, Eun Joo a HAN, Sung Soo. *Bacterial Cellulose and Its Applications*. Online. Polymers. 2022, roč. 14, č. 6, s. 1-44. ISSN 2073-4360. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/polym14061080>. [cit. 2024-12-25].

ESA, Faezah; TASIRIN, Siti Masrinda a RAHMAN, Norliza Abd. *Overview of Bacterial Cellulose Production and Application*. Online. Agriculture and Agricultural Science Procedia. 2014, roč. 2, č. 26943, s. 113-119. ISSN 22107843. Dostupné z: Elsevier, <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2014.11.017>. [cit. 2024-12-01].

GREEN, Jesse. *Mushroom leather? The future of fashion is closer than you think*. Online. In: National Geographic. 2024. Dostupné z: <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/fungi-fast-fashion-mycotextiles>. [cit. 2025-01-04].

KHAN, Shaukat; UL-ISLAM, Mazhar; ULLAH, Muhammad Wajid; ZHU, Youlong; NARAYANAN, Kannan Badri et al. *Fabrication strategies and biomedical applications of three-dimensional bacterial cellulose-based scaffolds: A review*. Online. International Journal of Biological Macromolecules. 2022, roč. 209, s. 9-30. ISSN 01418130. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.03.191>. [cit. 2025-01-04].

LEHNER, Benjamin A. E.; SCHMIEDEN, Dominik T. a MEYER, Anne S. *A Straightforward Approach for 3D Bacterial Printing*. Online. ACS Synthetic Biology. 2017, roč. 6, č. 7, s. 1124-1130. ISSN 2161-5063. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/acssynbio.6b00395>. [cit. 2025-01-04].

MOHITE, Bhavna V. a PATIL, Satish V. *A novel biomaterial: bacterial cellulose and its new era applications*. Online. Biotechnology. 2014, roč. 61, č. 2, s. 101-110. ISSN 08854513. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/bab.1148>. [cit. 2024-12-01].

MORENO-DÍAZ, Cristina; GONZÁLEZ-ARRANZ, Salvador a MARTÍNEZ-CEREZO, Carmen. *Bacterial Cellulose Production within a Circular Economy Framework: Utilizing Organic Waste*. Online. Polymers. 2024, roč. 16, č. 19, s. 8-9. ISSN 2073-4360. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/polym16192735>. [cit. 2024-12-14].

Nullarbor – A new era of sustainable clothing made possible. Online. In: Nanollose. C2025. Dostupné z: <https://nanollose.com/products/nullarbor/>. [cit. 2025-01-01].

RADNAEVA, Surzhana. *ReGROW*. Online. In: Thr34d5. 2018. Dostupné z: <https://thr34d5.org/2019/08/20/regrow/>. [cit. 2025-01-02].

SACHIDHANANDHAM, Aishwariya. *Textiles from orange peel waste*. Online. In: Science and Technology Development Journal. 2020. Dostupné z: <https://stdj.scienceandtechnology.com.vn/index.php/stdj/article/view/1730>. [cit. 2025-01-04].

SeaCell: The Ultimate Guide. Online. In: Oliver Charles. C2025. Dostupné z: <https://www.oliver-charles.com/pages/seacell-the-ultimate-guide>. [cit. 2025-01-07].

TENCEL™ & Orange Fiber. Online. In: Orange Fiber. C2025. Dostupné z: <https://orangefiber.it/process/>. [cit. 2025-01-07].

To grow a shoe: The Biocouture Shoe. Online. In: This is saline. C2025. Dostupné z: <http://thisisalive.com/biocouture/>. [cit. 2025-01-02].

TORRES, Fernando; COMMEAUX, Solene a TRONCOSO, Omar. *Biocompatibility of Bacterial Cellulose Based Biomaterials*. Online. Journal of Functional Biomaterials. 2012, roč. 3, č. 4, s. 864-878. ISSN 2079-4983. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/jfb3040864>. [cit. 2024-11-27].

VAN DEURSEN, Lionne. *BIOTIC*. Online. In: Lionne Van Deursen. C2025. Dostupné z: <https://www.lionnevandeursen.com/>. [cit. 2025-01-02].

ZHONG, Chunyan. *Industrial-Scale Production and Applications of Bacterial Cellulose*. Online. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. 2020, roč. 8, č. 605374, s. 1-19. ISSN 2296-4185. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.605374>. [cit. 2025-01-07].

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Proces sklizně mořských řas za pomoci speciálního stroje.....	17
Obrázek 2 Porovnání struktury vlákna SeaCell s tradičními druhy textilních materiálů	18
Obrázek 3 Kontrola mycelia v čisté místnosti MycoWorks	19
Obrázek 4 Patentovaný materiál z mycelia od společnosti Mycoworks	20
Obrázek 5 Ukázka pomerančového vlákna od společností TENCEL™ Limited Edition x Orange Fiber	21
Obrázek 6 Orange Fiber – příze.....	22
Obrázek 7 Vzorky materiálu bakteriální celulóza ze studia Lionne Van Deursen	24
Obrázek 8 Inter – a intra – molekulární vodíkové vazby bakteriální celulózy	26
Obrázek 9 SEM (skenovací elektronová mikroskopie) bakteriální celulózy zobrazující souvislou 3D síť vláken	27
Obrázek 10 Produkce BC pomocí (a) statické a (b) míchací kultivace	31
Obrázek 11 Metody sušení bakteriální celulózy používané různými výzkumníky	34
Obrázek 12 Aplikace bakteriální nanocelulózy v různých potravinářských výrobcích	38
Obrázek 13 Grafický abstrakt výroby a aplikací BC v kosmetickém průmyslu	40
Obrázek 14 Fotografie obvazu na rány z BC od společnosti Nanoderm™ aplikovaný na poškozené místo kůže	41
Obrázek 15 Biomedicínské aplikace bakteriální celulózy a jejích kompozitů	42
Obrázek 16 Papír vyrobený z bakteriální celulózy	43
Obrázek 17 Bakteriální 3D tiskový systém	46
Obrázek 18 Kruhový diagram udržitelného cyklu výroby bakteriální celulózy.....	52
Obrázek 19 Odpovídající tvar bakteriální celulózy z různých tvarů pěstebních nádob	53
Obrázek 20 Oděv zhotovený technologií zero-waste 3D knitting z vláken na bázi BC od společnosti Nanollose Ltd.....	54
Obrázek 21 Oděv z projekt reGrow	55
Obrázek 22 Vzorky barvení BC ze studia Lionne Van Deursen	56
Obrázek 23 Obuv BioCouture	57
Obrázek 24 Oděv zhotovený konceptem Biocouture™	58
Obrázek 25 Mateřská SCOBY kombuchová kultura.....	66
Obrázek 26 Výsledný plát bakteriální celulózy za použití základního složení kultivačního média.....	67
Obrázek 27 Experiment: Vliv kofeinu na bakteriální celulózu	68
Obrázek 28 Biofilm bakteriální celulózy v průběhu kultivace v alkoholovém médiu	69
Obrázek 29 Kontaminace kultivačního média plísní během růstu BC	70
Obrázek 30 Celulózový plát s viditelnými nečistotami	71

Obrázek 31 Proces čištění BC plátů ve vodní lázni	72
Obrázek 32 Proces sušení celulózových plátů na korkových podložkách.....	72
Obrázek 33 Plát bakteriální celulózy připravený na zpracování v produktu	73
Obrázek 34 Záznam výsledků Stanovení odolnosti proti odírání	75
Obrázek 35 Záznam výsledků Stanovení propustnosti pro vodní páry	76
Obrázek 36 Záznam výsledků měření Stanovení odolnosti proti opakovanému ohybu pro barvený vzorek BC.....	77
Obrázek 37 Vzorek nebarvené BC po 30 000 ohybech	78
Obrázek 38 Vzorek barvené BC po 30 000 ohybech.....	78
Obrázek 39 Výběr zhotovených vzorků strojového prošití BC	80
Obrázek 40 Výběr zhotovených typů švů podle ČSN 80 0110	81
Obrázek 41 Vzorek lepených švů	82
Obrázek 42 Spojení vrstev bakteriální celulózy vlhkostí.....	83
Obrázek 43 Motiv 1 - vzorování bakteriální celulózy prostřednictvím přirozené adheze ...	84
Obrázek 44 Motiv 2 - vzorování bakteriální celulózy prostřednictvím přirozené adheze ...	84
Obrázek 45 Impregnace BC včelím voskem.....	86
Obrázek 46 Barvení BC v průběhu kultivačního procesu.....	88
Obrázek 47 BC v barvicí lázni.....	89
Obrázek 48 Plát bakteriální celulózy po ukončení barvení v lázni, připravený k sušení	89
Obrázek 49 Barvení během procesu sušení – vniknutí pigmentu do struktury BC	90
Obrázek 50 Vzorek BC obarvený červenou řepou	92
Obrázek 51 Vzorek BC obarvený černým čajem.....	92
Obrázek 52 Vzorek BC obarvený kurkumou.....	92
Obrázek 53 Vzorek BC obarvený červeným hlávkovým zelím	93
Obrázek 54 Bakteriální celulóza po barvení reaktivními pigmenty Artemiss – srovnání výsledných odstínů	94
Obrázek 55 Povrchová struktura bakteriální celulózy po aplikaci reaktivního barviva Artemiss	94
Obrázek 56 Otištěný vzor na povrchu hydratované BC	96
Obrázek 57 Potisk na BC – finální vzhled po sušení	96
Obrázek 58 Přenesení motivu na dehydratovanou BC	97
Obrázek 59 Tetování bakteriální celulózy: aplikace tetovacího inkoustu do její vnitřní struktury	97
Obrázek 60 Výsledek tetování do dehydratované bakteriální celulózy	98
Obrázek 61 Přenesení vzoru na hydratovanou BC	99
Obrázek 62 Výsledek vytetovaného motivu na hydratovanou BC	99

Obrázek 63 Zkouška BC materiálu na laserové řezání	101
Obrázek 64 Zkouška BC materiálu na laserové gravírování	101
Obrázek 65 Moodboard 1 - aplikační směr bakteriální celulózy v produktové řadě.....	107
Obrázek 66 Moodboard 2 - siluety a styling oděvů.....	108
Obrázek 67 Moodboard 3 – vizuální směr doplňků k produktové řadě	108
Obrázek 68 Základní barevnice produktové řady	109
Obrázek 69 Laserová zkouška vzoru imitace krajky na BC materiál	110
Obrázek 70 Návrh rozložení vzoru v ploše	111
Obrázek 71 Skica oděvního doplňku – bucket bag.....	113
Obrázek 72 Skici variant oděvních doplňků.....	114
Obrázek 73 Skici svrchních oděvů produktové řady	115
Obrázek 74 Kresebné návrhy vzorování BC materiálu	117
Obrázek 75 Řada oděvů.....	118
Obrázek 76 Návrhy pokrývek hlavy, typ kšiltovka	119
Obrázek 77 Kresebné návrhy pokrývek hlavy, nahoře: typ baret, dole: typ kadetní čepice	120
Obrázek 78 Kresebné návrhy oděvních doplňků, nahoře: typ ledvinka, dole: typ shopper bag	121
Obrázek 79 Kresebné návrhy oděvních doplňků, nahoře: pouzdro na brýle, dole: peněženka	122
Obrázek 80 Kresebný návrh interiérového nábytku, typ: taburet.....	123
Obrázek 81 Vlevo: skica Modelu 1, vpravo: prvotní návrh Modelu 1	124
Obrázek 82 Finální kresebný návrh modelu 1	125
Obrázek 83 Technický náčrt body.....	126
Obrázek 84 Technický náčrt nohavic	127
Obrázek 85 Technický náčrt bundy.....	128
Obrázek 86 Oděvy z náhradních materiálů.....	129
Obrázek 87 Rozložení stříhových šablon na BC materiál	130
Obrázek 88 Rozložení vzoru na zbytky materiálu.....	131
Obrázek 89 Laserový výřez vzoru z BC materiálu.....	131
Obrázek 90 Varianty vzorování rukávu.....	132
Obrázek 91 Proces vzorování materiálu, vlevo: navlhčení bakteriální celulózy, vpravo: vzorování za mokrého stavu BC	133
Obrázek 92 Kontrola návaznosti vzoru během procesu vzorování	133
Obrázek 93 Poškození BC materiálu strojovým šitím.....	135
Obrázek 94 Šev spojený strojovým šitím – detail	136

Obrázek 95 Lepení namáhaných spojů bundy	136
Obrázek 96 Svrchní oděv z rubové strany	137
Obrázek 97 Prosvícení dílu bundy z rubové strany	137
Obrázek 98 Separace BC materiálu po jeho opětovné hydrataci a následném vyvrácení bundy do lící strany.....	138
Obrázek 99 Varianty detailů na oděvu.....	139
Obrázek 100 Kresebný návrh Modelu 2	141
Obrázek 101 Technický náskres šatů	142
Obrázek 102 Technický náskres kabátu	144
Obrázek 103 Oděvy z náhradních materiálů.....	145
Obrázek 104 Grafický návrh imitace krajky pro laserové řezání – přední díl	146
Obrázek 105 Grafický návrh imitace krajky pro laserové řezání – 1/2 zadního dílu	147
Obrázek 106 Záznam průběhu laserového gravírování na materiálu z bakteriální celulózy	147
Obrázek 107 Detail vzoru	148
Obrázek 108 Proces zpracování švových záložek lepením – výroba šatů z usně	149
Obrázek 109 Detail uchycení ornamentu z bakteriální celulózy mezi vrstvy materiálu lepením	150
Obrázek 110 Návrh pokrývky hlavy, typ: tvarovaný baret.....	152
Obrázek 111 Technický náskres pokrývky hlavy, typ: tvarovaný baret se vzorem	153
Obrázek 112 Pokrývka hlavy typu tvarovaný baret z náhradního materiálu.....	154
Obrázek 113 Aplikovaný vzor na lem tvarovaného baretu.....	155
Obrázek 114 Zkouška proražení BC	155
Obrázek 115 Kresebný návrh baretu s aplikací z BC	156
Obrázek 116 Technický náskres pokrývky hlavy, typ: baret	157
Obrázek 117 Varianty baretů z náhradního materiálu	158
Obrázek 118 Vylaserovaný vzor do plátu bakteriální celulózy	159
Obrázek 119 Kresebný náskres kabelky typu: bucket bag	160
Obrázek 120 Technický náskres kabelky bucket bag.....	161
Obrázek 121 Technický náskres úložného vaku	162
Obrázek 122 Technický náskres popruhů kabelky typu bucket bag	162
Obrázek 123 Překryt bundy vzorovaný laserovým gravírováním	163
Obrázek 124 Technický náskres kabelky typu envelope bag.....	164
Obrázek 125 Kresebný návrh kabelky	165
Obrázek 126 Přenesení stříhové šablony na BC	166
Obrázek 127 Technický náskres pouzdra na sluchátka	167

Obrázek 128 Kresebný návrh obalu na sluchátka.....	168
Obrázek 129 Vyznačení stříhového dílu na BC materiálu	169
Obrázek 130 Využitý BC plát na světelné stínidlo	171
Obrázek 131 Varianty aranžování BC na svítidlo	172
Obrázek 132 Experimentální ověření vhodnosti dřeva pro laserové zpracování	173
Obrázek 133 Tematické rozčlenění vzorků z bakteriální celulózy podle typu zpracování	173

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Postup produkce bakteriální celulózy za optimálních podmínek	63
--	----

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PMM – Pure Mycelial Material

CMM – Composite Mycelium Material

bio – biologický

SCOBY – Symbiotic Culture Of Bacteria And Yeast

BC – bakteriální celulóza

př. n. l. – před naším letopočtem

n. l. – našeho letopočtu

° - stupeň

BNC – bakteriální nanocelulóza

SEM – skenovací elektronová mikroskopie

pH – měřítko kyselosti nebo zásaditosti roztoku

°C – stupeň Celsia

g/l – gram na litr

G. Xylinus – Gluconacetobacter xylinus

cm – centimetr

USD – United States Dollar

FDA – Food and Drug Administration

3D – třídimenzionální

% - procento

RC – rostlinná celulóza

CEO – Chief Executive Officer

mm – milimetr

mg/cm²h – miligram na centimetr čtvereční za hodinu

ČSN – Česká národní norma

PVC – polyvinylchlorid

SEZNAM PŘÍLOH

Flash disk