



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA CHEMICKÁ

FACULTY OF CHEMISTRY

## ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

# KOSMETICKÁ MASKA NA OBLIČEJ S ANTIOXIDAČNÍMI VLASTNOSTMI NA BÁZI BAKTERIÁLNÍ CELULÓZY

BACTERIAL CELLULOSE BASED FACIAL MASK WITH ANTIOXIDANT PROPERTY

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Šárka Borová

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. Adriána Kovalčík, Ph.D.

BRNO 2023

## Zadání diplomové práce

Číslo práce: FCH-DIP1772/2022 Akademický rok: 2022/23  
Ústav: Ústav chemie potravin a biotechnologií  
Studentka: **Bc. Šárka Borová**  
Studijní program: Chemie přírodních látek  
Studijní obor: Bez specializace  
Vedoucí práce: **prof. Ing. Adriána Kovalčík, Ph.D.**

### Název diplomové práce:

Kosmetická maska na obličej s antioxidačními vlastnostmi na bázi bakteriální celulózy

### Zadání diplomové práce:

1. Rešerše (Rozdíly mezi celulózu a bakteriální celulózu, funkce kůže, péče o pleť, druhy kosmetických masek, funkce antioxidačních doplňků)
2. Příprava extraktů z plodů šípkové růže a jejich charakterizace.
3. Modifikace bakteriální celulózy extraktem z plodů šípkové růže.
4. Příprava, optimalizace složení a charakterizace (antioxidační a mechanické vlastnosti) kosmetických masek a analýza pokožky (za pomoci přístroje Visioscope).
5. Diskuze a závěr práce.

### Termín odevzdání diplomové práce: 8.5.2023:

Diplomová práce se odevzdává v děkanem stanoveném počtu exemplářů na sekretariát ústavu. Toto zadání je součástí bakalářské práce.

-----  
Bc. Šárka Borová  
studentka

-----  
prof. Ing. Adriána Kovalčík, Ph.D.  
vedoucí práce

-----  
prof. RNDr. Ivana Márová, CSc.  
vedoucí ústavu

V Brně dne 1.2.2023

-----  
prof. Ing. Michal Veselý, CSc.  
děkan

## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce se zabývá přípravou kosmetické masky na obličej na bázi bakteriální celulózy. Motivací bylo připravit kosmetickou masku s antioxidačními vlastnostmi. Pro získání bioaktivních látek s antioxidační aktivitou byly nejprve připraveny extrakty z plodů růže šípkové (*Rosa Canina L.*) s rozdílnými navážkami šípků i s rozdílnými přidávkami konzervantů. Tyto šípkové extrakty byly podrobeny spektrofotometrickým metodám, díky kterým byly zjištěny celkové obsahy polyfenolů, flavonoidů a celková antioxidační aktivita. Bylo prokázáno, že obsah stanovovaných látek roste s poměrem naváženého šípků a nejvyšší obsahy antioxidačních látek byly naměřeny u extraktů s navážkou 25 g šípku.

Následně byly tyto vybrané extrakty modifikovány do několika vzorků bakteriální celulózy. Po modifikaci látek bylo prokázáno, že bakteriální celulóza je vhodným materiálem pro naabsorbování bioaktivních látek do struktury jednotlivých analyzovaných vzorků. Bylo zjištěno, že bakteriální celulóza ve formě hydrogelu a lyofilizovaná bakteriální celulóza dokázaly absorbovat největší množství bioaktivních látek s antioxidačními vlastnostmi. Naopak vzorky suché bakteriální celulózy a bakteriální celulózy s alginátovým komponentem absorbovaly aktivní látky nejméně. Dále bylo zjištěno, díky analýze pomocí přístroje Visioscope, že kosmetická maska na obličej na bázi bakteriální celulózy ve formě hydrogelu by mohla mít potenciálně i nejen antioxidační, ale i hydratační účinky na pleť.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Kosmetická maska, bakteriální celulóza, modifikace, antioxidant, růže šípková, extrakt, pleť

## **ABSTRACT**

This final thesis deals with the preparation of a cosmetic facial mask based on bacterial cellulose. The motivation of this work was to prepare a cosmetic mask with antioxidant properties. To obtain bioactive substances with antioxidant activity, extracts from the rosehip fruits (*Rosa Canina L.*) with different weight dosages of rosehips and different preservatives were prepared. These rosehip extracts were subjected to spectrophotometric methods, thanks to which the total contents of polyphenols, flavonoids and total antioxidant activity were determined. It was proven that the content of the determined substances increases with the proportion of weighted rose hips and the highest contents of antioxidant substances were measured in extracts with a weight of 25 g of rose hips.

Subsequently, these selected extracts were modified into several samples of bacterial cellulose. After the modification of the substances, it was demonstrated that bacterial cellulose is a suitable material for absorbing bioactive substances into the structure of individual analyzed samples. It was found that bacterial celluloses in the form of hydrogel and lyophilized bacterial cellulose were able to absorb the largest amount, of bioactive substances with antioxidant properties. On the other hand, the samples of dry bacterial cellulose and bacterial cellulose with an alginate component absorbed active substances the least. Furthermore, analysis using a Visioscope device revealed that the facial cosmetic mask based on bacterial cellulose in the form of hydrogel could potentially have not only antioxidant but also hydrating effects on the skin.

## **KEY WORDS**

Cosmetic facial mask, bacterial cellulose, modification, antioxidant, rose hip, extract, skin

## CITACE

BOROVÁ, Šárka. *Kosmetická maska na obličej s antioxidačními vlastnostmi na bázi bakteriální celulózy* [online]. Brno, 2023 [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/147953>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie potravin a biotechnologií. Vedoucí práce Adriána Kovalčík.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citovala. Diplomová práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího diplomové práce a děkana FCH VUT.

-----  
podpis studenta

## PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat především vedoucí této diplomové práce paní prof. Ing. Adriáne Kovalčík, Ph.D., za její odborné rady, ochotu a veškerý čas při zpracování celé diplomové práce. Velké díky náleží také Ing. Radimu Střížovi, Ing. Markétě Sobkové, Ing. Nicole Černekové za pomoc při práci v laboratoři, konzultace a vstřícnost. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat Ing. Jaroslavu Končickému, Mgr. Šárce Končické, Ing. Martinu Beňovi za pomoc při psaní této diplomové práce a celé mé rodině za podporu při studiu.

## OBSAH

1	ÚVOD .....	8
2	TEORETICKÁ ČÁST.....	9
2.1	Kosmetika a kosmetologie.....	9
2.1.1	Historie kosmetiky a kosmetických masek .....	9
2.2	Kůže.....	9
2.2.1	Stavba kůže .....	10
2.2.2	Funkce kůže.....	11
2.2.3	Péče o pleť a typy pokožky .....	12
2.3	Druhy kosmetických masek.....	14
2.3.1	Textilní pleťové masky .....	14
2.3.2	Slupovací pleťové masky .....	14
2.3.3	Gelové a hydrogelové pleťové masky .....	14
2.3.4	Kosmetické pleťové masky s nejrůznějšími přísadami a účinky pro pleť .....	15
2.4	Aplikace biopolymerů v kosmetických produktech .....	17
2.4.1	Biopolymery jako nosiče aktivních látek .....	17
2.4.2	Celulóza.....	17
2.4.3	Bakteriální celulóza.....	18
2.4.4	Využití bakteriální celulózy .....	19
2.5	Antioxidanty a jejich funkce.....	21
2.5.1	Antioxidanty využívané v kosmetických produktech .....	21
2.6	Růže šípková.....	22
3	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....	24
3.1	Použité přístroje a pracovní pomůcky .....	24
3.2	Použité chemikálie.....	24
3.3	Příprava šípkových extraktů .....	24
3.4	Stanovení celkových polyfenolů .....	25
3.5	Stanovení flavonoidů.....	25
3.6	Stanovení antioxidační aktivity (TEAC).....	26
3.7	Příprava jednotlivých druhů bakteriální celulózy .....	26
3.8	Stupeň bobtnání .....	27
3.9	Modifikace bakteriálních celulóz šípkovými extrakty .....	28
3.10	Příprava bakteriálních celulóz pro přímé stanovení obsahu bioaktivních látek ....	28
3.11	Stanovení mechanických vlastností kosmetické masky .....	29
3.12	Analýza pomocí přístroje Visioscope 35 .....	29
4	VÝSLEDKY A DISKUZE .....	31
4.1	Stanovení polyfenolů v šípkových extraktech.....	31

4.2	Stanovení flavonoidů v šípkových extraktech.....	32
4.3	Stanovení antioxidační aktivity v šípkových extraktech .....	33
4.4	Stupeň bobtnání .....	34
4.5	Charakterizace bioaktivních látek v modifikovaných bakteriálních celulózech .....	36
4.5.1	Polyfenoly a flavonoidy .....	37
4.5.2	Antioxidační aktivita .....	39
4.6	Stanovení mechanických vlastností kosmetické masky .....	41
4.7	Analýza pomocí přístroje Visioscope 35 .....	43
5	ZÁVĚR.....	45
6	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	47
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....	55

# 1 ÚVOD

Dějiny kosmetiky a kosmetologie usilující o krásnou a zdravou pleť se datují již od starověku, kdy používaly různé prostředky. Historie kosmetiky sahá až do starověkých civilizací, jako je Řecko, kde se používaly přírodní produkty k omlazení a očištění pleti. Během tisíciletí se však postupně vyvinula moderní kosmetologie a dnes jsou kosmetické produkty na velmi vysoké technologické a kvalitativní úrovni.

V současnosti se v kosmetice stále více uplatňují přírodní ingredience, které mají blahodárné účinky na pokožku. Jednou z těchto přírodních složek je růže šípková (*Rosa Canina L.*) a její plody, které obsahují bioaktivní látky jako jsou polyfenoly, flavonoidy a vitamíny. Tyto bioaktivní látky mají antioxidační vlastnosti, které jsou schopny vylučovat volné radikály, a tak potlačovat možnost poškození buněk. S využitím těchto složek se v současnosti vyrábějí různé kosmetické produkty, mezi kterými se nachází i kosmetické masky na obličej.

V kosmetickém i potravinářském průmyslu, nebo také medicínských aplikacích a tkáňovém inženýrství se do popředí čím dál tím častěji dostává aplikace biopolymerů. Jedním z těchto biopolymerů je právě bakteriální celulóza, na kterou je tato diplomová práce zaměřena. Kosmetická maska na bázi bakteriální celulózy, by mohla být schopná efektivně se přizpůsobit tvaru obličeje a uvolňovat tak potřebné aktivní látky do pleti. Mezi její mechanicko-chemické vlastnosti patří vysoká pórovitost, čistota, biokompatibilita, schopnost zadržovat vodu, schopnost absorpce aktivních látek a pevnost. Využívá se tedy například jako nosič bioaktivních látek. V kombinaci těchto jejích mechanicko-chemických vlastností a možnosti modifikace například extrakty z plodů růže šípkové jako je tomu v této diplomové práci by mohla kosmetická maska na bázi bakteriální celulózy vykazovat silné antioxidační vlastnosti, které by pomáhaly chránit kůži před poškozením způsobeným volnými radikály, zlepšit její vzhled a hydrataci.



## 2 TEORETICKÁ ČÁST

### 2.1 Kosmetika a kosmetologie

Kosmetika, z řeckého slova *kosmeo*, znamená „umění zdobit, zkrášlovat“. Slovem kosmetika se myslí pracovní a praktická činnost, která se vykonává za účelem udržovat optimální vzhled, zpomalit stárnutí apod. Kosmetologie je pak vědní obor o kosmetice, který se zabývá vědeckými, technickými i sociálními poznatky z oblasti krásy. Náplní kosmetologie je vývoj nových kosmetických prostředků, surovin a způsobů aplikace [1].

#### 2.1.1 Historie kosmetiky a kosmetických masek

Už Řekové ve 2. tisíciletí před Kristem připravovali oleje a masti z nejrůznějších bylin, květin či živočišných produktů. Jeden z olejů, který Řekové připravovali se vyráběl pomocí lisu z vyvařených okvětních lístků z růže šípkové extrahovaných v olivovém oleji a medu [1].

Ve starověkém Římě jsou taktéž první zmínky o využívání kosmetiky, a to v podobě prvních pleťových masek, které se nanášely na obličej a krk jako večerní maska. Existují také zmínky o používání parafinových masek, které se nanášely přes gázu. Jejich účinky spočívaly v hydrataci pokožky a čištění pórů [1].

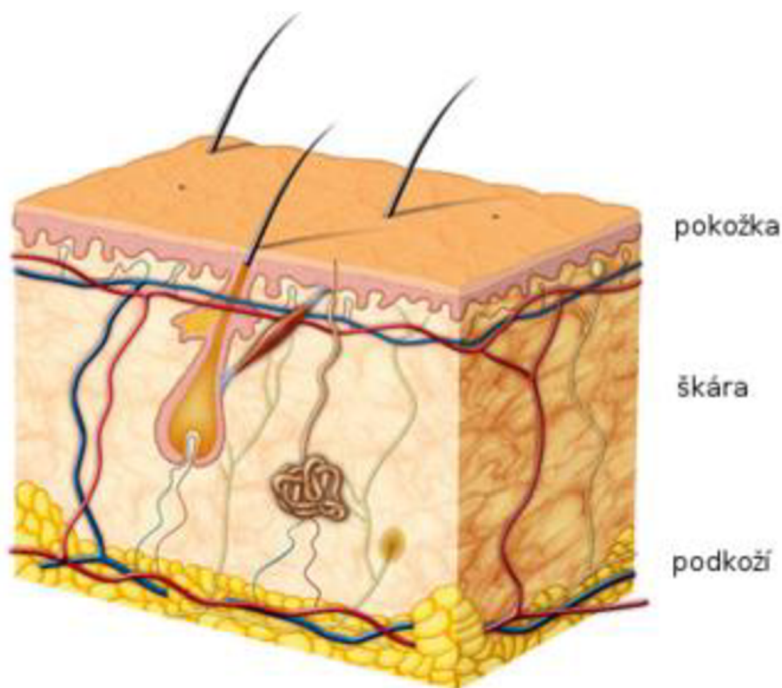
V Egyptě existují zase zmínky o péči o pleť a prvních pleťových maskách používaných Kleopatrou. Jednou z prvních zmínek o péči o pleť bylo používání červeného vína na obličej a dekolt. Postupně se na obličej a dekolt začaly nanášet první pleťové masky, které se vyráběly z krokodýlího trusu, bahna z Mrtvého moře a vaječných bílků, ale také z různých typů jílu. Často se do pleťových masek nebo do koupelí přidávali výluhy z růže [2, 3].

### 2.2 Kůže

Kůže (*cutis, dermis*) je největším plošným orgánem lidského těla a je rozhraním mezi naším vnitřním tělem a vnějším prostředím. Celková plocha kůže se pohybuje v průměru okolo 2,0 m<sup>2</sup>, z čehož na hlavu, obličej a krk připadá 11 %. Kůže činí 15 % celkové tělesné hmotnosti člověka, váží tedy zhruba až 4,5 až 10 kg. Tyto parametry kůže se pak u jednotlivých jedinců mohou lehce lišit, vždy záleží na věku a rozměrech jedince, jelikož například stářím se na kůži mohou tvořit nejrůznější vrásky a prohyby. Tím se pak může postupně zvyšovat celková plocha kůže [4, 5].

### 2.2.1 Stavba kůže

Kůže je tvořena ze tří základních struktur (viz obrázek 1) a to pokožky (*epidermis*), škály (*dermis/corium*) a podkoží (*hypodermis/subcutis*). Mezi těmito třemi základními strukturami probíhá celá řada složitých interakcí a navzájem se doplňují [6, 7].



Obrázek 1: Stavba lidské kůže [6]

#### ***Epidermis – pokožka***

Pokožka je tvořena pěti vrstvami buněk, které postupem času rohovatí, odumírají a olupují se. První vrstva se nazývá bazální vrstva (*stratum basale*) a je tvořena keratinocyty a melanocyty. Je napojena na škálu nepravidelnou, zvlněnou linií a je také zárodečnou vrstvou pro vznik nových keratinocytů. Kosmetické produkty, by se k této vrstvě neměly dostat, jelikož se poté už nejedná o kosmetický produkt, ale například o léčivo [1, 6, 8].

Druhou vrstvou je tzv. vrstva ostnitých buněk (*stratum spinosum*), která je tvořena několika vrstvami mnohoúhelných keratinocytů s ostními výběžky. Vrstva zrnitá (*stratum granulosum*) je vrstvou třetí, kde se nachází oploštěné buňky v několika řadách a je zde první projev rohovatění díky zrníčkům keratohyalinu v plazmě [1, 6].

Čtvrtou vrstvou je vrstva jasná (*stratum lucidum*). Jedná se o tenkou vrstvu tvořenou oploštěnými neživými keratinocyty a je významná pro permeabilitu kůže. Poslední pátá vrstva rohová (*stratum corneum*) má různou tloušťku podle typu rohovění kůže. Tato vrstva je tedy povrchem pokožky. Představuje bariéru proti fyzikálním, chemickým i mechanickým vlivům a zabraňuje ztrátám vody, bílkovin a důležitých iontů a minerálů. Buňky v této vrstvě neobsahují jádra ani buněčné organely a jádra jsou vyplněny keratinem [1, 6].

### ***Dermis, corium – škára***

Škára je nejsilnější vrstva vaziva a její funkce spočívá v zachování mechanické pevnosti kůže a výživy pokožky. Škára obsahuje dvě vrstvy. První povrchová vrstva je složena z cévnatého řídkého kolagenního vaziva. Druhá hlubší vrstva je složena z hustě neuspořádaných kolagenních vaziv obsahující elastická vlákna. Elastická a kolagenní vlákna zajišťují pružnost, pevnost a výživu pokožky. Škára obsahuje kyselinu hyaluronovou, značné množství vody, krevní bílkoviny apod. Tloušťka škáry se pohybuje v průměru mezi 0,5–2,5 mm [5, 6].

### ***Tela subcutanea – podkoží***

Podkožního vazivo je tvořeno tukovým vazivem, obsahuje cévní a nervové zásobení a umožňuje pohyblivost kůže proti hlubším strukturám jako jsou šlachy, svaly apod. Podkoží je také důležitým tepelným izolátorem a je zásobárnou energie ve formě tuku [1, 6].

#### **2.2.2 Funkce kůže**

Kůže jako největší lidský orgán plní řadu funkcí: ochrannou, smyslovou, regulační, vylučovací, skladovací, metabolickou, regenerační, resorpční atd. Funkce kůže jsou pro lidský organismus nezbytné a všestranné [1].

#### ***Ochranná funkce***

Jednou z hlavních funkcí kůže je role bariéry mezi vnitřním a vnějším prostředím, tedy funkce ochranná. Ochranná funkce spočívá hlavně v zamezení průniku cizích, škodlivých látek nebo mikroorganismů do vnitřního prostředí organismu. Dále pak tato funkce souvisí se zamezením ztrátám vody, bílkovin či některých iontů z těla. Mezi látky, které se významně podílí na ochranné funkci v pokožce se řadí například ceramidy, či pigment melanin, který chrání pokožku před slunečním UV zářením spolu s rohovou vrstvou pokožky [4, 6].

Ve funkci bariéry pak vystupuje například kožní hydrolipidový film, jehož pH je kyselé (3,8 až 5,6). Uvnitř pokožky je naopak pH zásadité (6,7 až 7,3). Hydrolipidový film pak spolu s neutralizační schopností kůže dokáže zabránit průniku slabým alkáliím, kyselinám i mikroorganismům dál do organismu. Ochranná funkce je významná také z hlediska mechanického působení na kůži, jako je tření nebo tlak, kdy kůže by měla být pružná, tažná a pevná, odolná právě vůči těmto mechanickým působením [4, 6, 8].

#### ***Smyslová funkce***

Kůže je také důležitým smyslovým orgánem, jelikož se v kůži, konkrétně ve škáře a podkoží nachází hmatová tělíska, díky kterým je vnímáno teplo nebo chlad či tlak. Ve škáře a podkoží se také nachází nervová zakončení, které umožňují vnímání bolesti, zároveň mají tedy tato nervová zakončení funkci obrannou [8].

### ***Regulační funkce***

Regulační funkcí se v tomto případě myslí termoregulační funkce, a to zejména tělesné teploty. Termoregulace tělesné teploty vychází z ustanovení rovnováhy mezi ztrátami a produkcí tepla. Kůže, jakožto lidský největší plošný orgán musí být dostatečně prokrvována, což má vliv na výdej tepla. Zrohovatělá povrchová vrstva pokožky napomáhá k termoregulaci, jelikož je špatně tepelně vodivá, a tak chrání organismus před většími tepelnými ztrátami [8, 9].

Vliv na termoregulační vlastnosti kůže má také podkoží, které díky vrstvě tuku funguje jako tepelný izolátor i zásoba energie. Tuk jako tepelný izolátor má také nízkou tepelnou vodivost, a to asi o dvě třetiny nižší, než jakou mají tepelnou vodivost svaly. Díky tomu pak tuk umožňuje udržet si konstantní teplotu i v případě, že kůže ji mění na základě změn tepelných podmínek okolí [1, 8, 9].

### ***Vylučovací funkce***

Vylučovací funkce kůže zabezpečují mazové a potní žlázy, kdy hlavními produkty těchto žláz jsou maz, pot, keratin a melanin. Tyto sekrety se podílejí na ochranné funkci kůže i celého organismu. Lidská kůže dokáže denně vyprodukovat až 2 g kožního mazu. Kožní maz se skládá především ze skvalenů, nenasycených mastných kyselin a vyšších alkoholů. Sekretem potních žláz je pot, který spolu s kožním mazem produkuje hydrolipidový film. Hydrolipidový film chrání pokožku díky svým přirozeným slabým dezinfekčním účinkům [1, 8].

### ***Skladovací a metabolická funkce***

Nejdůležitějšími vitamíny nacházející se v kůži jsou vitamíny rozpustné v tucích. Mezi tyto vitamíny patří vitamín A, D, E a K. Konkrétně vitamín D souvisí také s metabolickou funkcí pokožky. Díky účinkům ultrafialového slunečního záření se v pokožce prekurzor vitamínu D (7-dehydrocholesterol) dokáže transformovat ve vitamín D v určitém množství [8, 10].

### ***Regenerační a resorpční funkce***

Resorpční funkce úzce souvisí s výše zmíněnými potními a mazovými žlázami. Vstřebávání látek do kůže probíhá právě přes vývody těchto žláz až do hlubších vrstev pokožky. Mazové i potní žlázy napomáhají vstřebávat látky, které jsou rozpustné v tucích. Látky rozpustné ve vodě vnikají do kůže potními žlázami [1, 8].

Regenerační schopnost kůže spočívá v nahrazování odumřelých buněk novými, které mají zároveň schopnost produkovat potřebné proteiny, které kůži udržují pevnou, pružnou a zdravou. Při procesu zvaném keratinizace (rohovatění kůže) se do buněk kožního epitelu ukládá protein keratin. Takto zrohovatělé buňky postupně odumírají, následně se odlupují a jsou nahrazeny novými buňkami z hlubších vrstev kůže. Vznik nových buněk zajišťují epidermální kmenové buňky. Tyto kmenové buňky mají schopnost neomezeného dělení, jsou uloženy v bazální vrstvě a umožňují tak neustálou obměnu a regeneraci pokožky [8, 10].

## **2.2.3 Péče o pleť a typy pokožky**

Každodenní péče o pleť má nejvýznamnější dlouhodobý dopad na celkovou kvalitu pleti člověka. Existují čtyři základní typy pleti. Proto je při péči o pleť důležité vědět, o jaký typ pleti se bude pečovat a je nutné přistupovat poté k pokožce individuálně.

Kosmetické produkty určené na pleť mohou být vyrobeny z takových kosmetických prostředků a v takových koncentracích, které mají za cíl převážně pleť čistit, parfemovat, měnit její vzhled, chránit ji či udržovat v zdravém stavu. Produkt určený pro péči o pleť obličej by tedy měl být v ideálním případě nekomedogenní, netoxický a hypoalergenní. Ochrana, prevence, čištění a hydratace pleti jsou klíčovými kroky účinné rutiny v péči o pleť [11, 12].

Existuje celá řada kosmetických produktů. Kosmetické produkty spadající například do skupiny čistících (odstranění make-upu, znečištění a přebytečného mazu), dále například kosmetické produkty pro hydrataci, dodání prospěšných složek apod. Pro zjednodušení se kosmetika v oblasti péči o pleť dělí na čistící přípravky, tonery, exfolianty, hydratační krémy, speciální krémy, kosmetické masky, antiperspiranty a deodoranty atd. [11, 12].

Obecně platí, že gelové a tuhé čistící prostředky, například ve formě tuhých mýdel, jsou lepší pro mastnou pleť, zatímco krémy nebo pleťové vody i na bázi oleje jsou lepší pro normální až suchou pleť. Hydratační a zvláčňující produkty, napomáhají proti transepidermální ztrátě vody, a tak jsou vhodné pro všechny typy pleti, zejména pro suchou. Téměř ve všech případech tyto produkty obsahují jako hydratační složky kyselinu hyaluronovou, močovinu, glycerol nebo lanolin. Produkty typu olej ve vodě bývají lehké gely, pleťové vody a séra a jsou nejvhodnější pro normální až suchou pleť. Produkty typu voda v oleji mohou být například masti nebo krémy a nabízejí vynikající hydrataci pro suchou pokožku [11, 12].

### ***Normální a smíšená pokožka***

Normální pokožka je taková pokožka, která je vyvážená a ve většině případů negativně nereaguje na nejrůznější kosmetické přípravky. Tvorba mazu na pleti v oblasti čela, brady a nosu je mírná, póry jsou jemné, nevýrazné. Pokožka není dehydratovaná. Průměrná tvorba kožního mazu pro normální pokožku je okolo 118,7–180,9  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  a hladina kyselosti se pohybuje v rozmezí pH 5,6–6,0 díky přítomnosti kyselin v mazu, potu a keratinu [11, 13].

Smíšená pokožka v průměru vyprodukuje okolo 109,8–145,5  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  mazu, a to hlavně v oblasti čela, brady a nosu. V těchto oblastech jednotně zvaných T zóna jsou póry větší. Tento typ pokožky je nejčastěji se vyskytujícím typem [14].

### ***Mastná a suchá pokožka***

Mastná pokožka je taková pokožka, která se vyznačuje nadměrnou tvorbou mazu. Mastná pleť v průměru vyprodukuje okolo 204,6–235,4  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ , kdy se maz tvoří nejvíce v oblasti čela, brady a nosu. Mastná pleť má sklony k tvorbě akné a komedonů [15].

Suchá pokožka, někdy označována jako xeróza, produkuje kožního mazu nejméně a kvůli nedostatku lipidů tak suchá pokožka nemá správnou schopnost zadržovat vodu. U suché pokožky taktéž neúplně funguje bariérová a ochranná funkce proti vnějším vlivům. Průměrná tvorba kožního mazu pro suchou pokožku se pohybuje okolo 97,3–147,6  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ . Suchá pokožka postihuje mnoho lidí. Objevuje se, když pokožka ztrácí obsah vody, což způsobí, že pokožka je suchá, hrubá a šupinatá. V některých případech se neschopnost správně zadržovat vodu v pokožce projevuje až zarudnutím, praskáním a svěděním pokožky. Tato závěrečná diplomová práce se dále bude zabírat kosmetickými maskami, které jsou vhodnými pomocníky například k obnovení suché pokožky i její ochraně [15].

## **2.3 Druhy kosmetických masek**

Kosmetické masky jsou jedním z nejrozšířenějších kosmetických produktů používaných k omlazení a hydrataci pleti. Kosmetické pleťové masky se dají dělit dle způsobu provedení do několika základních skupin, a to na textilní, slupovací, oplachové a gelové masky atd. Výběr druhu kosmetické masky se v závislosti na typu pokožky, jejím potřebám a složení masky může lišit [11].

### **2.3.1 Textilní pleťové masky**

Textilní pleťová maska je jedním z nejstarších typů masek, která je běžně dostupná na trhu. Z nedávno provedené studie provedené společností NDP Inc. bylo zjištěno, že prodej tohoto druhu masek se zvýšil téměř o 60 %. Jedná se o typ masky, kdy samotná maska je vyrobena z bavlny, papíru, gázy nebo buničiny. Textilní maska je poté louhována v roztoku s požadovanými účinky. Samotný roztok je poté vyroben nejčastěji například z běžně dostupných rostlinných extraktů s přísadami jako vitamín C, kyselina hyaluronová, aloe vera, až po ty neobvyklé, jako jsou perly, šnečí extrakty a mořské řasy. Naopak mezi látky, které by se pro výrobu kosmetické masky měly používat pouze v malých koncentracích patří různé umělé, syntetické vůně, barviva, parabeny, estery kyseliny ftalové atd., které mohou ve vyšších koncentracích u citlivé pokožky vyvolat alergickou reakci, podráždění [11].

### **2.3.2 Slupovací pleťové masky**

Tyto masky jsou vyrobeny z materiálů, které nemají v kosmetice téměř žádnou praktickou využitelnost a jsou tedy imobilizované do substrátu pro snadné použití. Tyto slupovací masky tvoří na pokožce tenký film, který lze snadno sloupnout. Většina takových masek se vyrábí na bázi polyvinylalkoholu (PVA) popřípadě polyvinylacetátu (PVAc). Alkohol se zde využívá jako vysoušedlo. Čím vyšší je koncentrace alkoholu, tím kratší je doba sušení. Koncentrace matrice masky určuje viskozitu, tvorbu a tloušťku filmu na pleti. Jelikož slupovací maska obsahuje ve složení větší množství alkoholu, není tak vhodná pro sušší pleť. Při slupování může mít maska v některých případech i exfoliační účinky, a tak jemně odstraňovat odumřelé kožní buňky [11, 16, 17].

### **2.3.3 Gelové a hydrogelové pleťové masky**

Gelové i hydrogelové masky jsou masky vyrobeny z hydrogelů. Hydrogely jsou trojrozměrnou sítí fyzikálně nebo chemicky zesíťovaných polymerů. Jsou schopné absorbovat několikanásobné množství vody, než je množství samotného polymeru. Jsou tedy hydrofilní. Mají vysokou poréznost, schopnost zachycování látek a fungují dobře jako systém cíleného podávání léčiva. Hydrogelové masky se obvykle používají pro citlivý typ pokožky s chladičnými a zklidňujícími účinky [11].

### 2.3.4 Kosmetické pleťové masky s nejrůznějšími přísadami a účinky pro pleť

Složení kosmetických pleťových masek se může lišit v závislosti na požadovaném účinku pleťové masky, značce i tvaru masky. V tabulce 1 jsou vypsané nejčastější používané složky pro výrobu kosmetických masek, které následně dodávají masce její požadovaný účinek.

Tabulka 1: Nejdůležitější složky kosmetických masek [11]

hydratační složky	vitamíny	bylinné složky	exfolianty	minerály	proteiny
glycerol	vitamín C	aloe vera	hydrochinon	oxid zinečnatý	kolagen
kyselina hyaluronová	vitamín A	zelený čaj	AHA	jíl	mléčný protein
propylenglykol	vitamín E	tea tree	BHA	měď	keratin

Mezi další účinné složky často používané v kosmetice je i med nebo koenzym Q10, který je vhodný při přípravě hydratačních přípravků na pleť, při hojení ran i jako antioxidant. Ve studii od autorů Yaghoobi R. a kol. byl med vyhodnocen jako účinná složka v kosmetických produktech. Napomáhá dokonce při hojení ran a urychluje celkový proces hojení. Obecně mají tedy hydratační přípravky napomáhat udržovat rovnováhu vody v pokožce a zanechávat tak pokožku hydratovanou, jemnější a elastičtější [11, 18].

#### *Glycerol*

Jako hydratační složka se v kosmetice velmi často používá glycerol, který dokáže významně ovlivnit vazbu vody v rohové vrstvě pokožky, a tak zabezpečit pokožce potřebnou hydrataci. Glycerol, známý také jako glycerin, je jednoduchý triol, tedy obsahuje tři hydroxylové skupiny. Jeho molekulární vzorec je  $C_3H_8O_3$ . Jedná se o bezbarvou viskózní kapalinu úplně mísitelnou s vodou, methanolem, ethanolem, fenolem atd. V kosmetice se nejčastěji přidává jako funkční složka do kondicionérů na vlasy, mýdel, krémů aj. [18, 19, 20].

#### *Kosmetické hydratační masky*

V dnešní době jsou kosmetické masky na obličej velkým trendem, jako rychlý a účinný způsob, jak pleti dodat potřebnou péči. Proto se vyrábí nejen pleťové krémy s přísadami hydratačních složek, ale také pleťové masky spolu s přísadou například již zmíněného glycerolu, který zde slouží jako hydratační složka, emolient. V práci od autorů Rahmasari D. a kol. byl pro výrobu slupovací kosmetické masky použit PVA modifikovaný citronelovým olejem spolu s přísadou glycerolu jako emolientu a methylparabenu jako stabilizátoru opět v koncentraci 0,1 %. Právě díky přísadě glycerolu pleťová maska vykazovala lepší hydratační účinky oproti pleťové masce bez přísady glycerolu [21].

Ve výzkumu od autorů Hendrawati T.Y. a kol. byla vyrobena kosmetická maska s přísadou dnes již běžně dostupné aloe vera, které je má hydratační a regenerační účinky. Kosmetická maska byla zkoumána s různými koncentracemi přísady aloe vera. Jako stabilizátor zde byl použit methylparaben a propylparaben avšak pouze ve velmi malých koncentracích 0,1 %. Závěrem tohoto výzkumu bylo, že přísada 15% extraktu z aloe vera měl pozitivní vliv hlavně na hydrataci pleti. Také tato maska vykazovala díky přísadě aloe vera ideální pH a vůni [22].

### ***Kosmetické masky na akné a pleť***

Ve studii od autorů Ghosh B. a kol. byla studována hydrogelová maska s přídavkem tea tree esenciálního oleje, který napomáhá při léčbě akné. Jelikož je esenciální olej těkavý, byl při výrobě této hydrogelové masky použit ještě pektin a karboxymethylcelulóza (CMC), aby mohl hydrogel do své struktury zachytit těkavý esenciální olej a maska tak mohla vykazovat zvýšenou antimikrobiální aktivitu. U této masky pak byla posuzována také míra bobtnavosti ve vodě, pro zjištění účinků hydratace masky. Posuzována zde byla hlavně antimikrobiální účinnosti masek na Petriho miskách, kdy byly porovnávány kosmetické hydrogelové masky s přídavkem tea tree oleje a bez přidání tea tree oleje. Byla prokázána antimikrobiální účinnost vůči bakteriím, které mohou způsobovat akné a pleť po přidání tea tree oleje [23].

### ***Kosmetické masky s antioxidačními účinky***

V kosmetickém průmyslu jsou jako látky s antioxidačními účinky často používané polyfenoly, vitamín C, vitamín E, další fenolické látky nebo dokonce i med. Tyto bioaktivní látky jsou často obsaženy například v ovoci či rostlinách. Proto dalším druhem kosmetických masek, se kterým se lze často setkat na trhu jsou kosmetické masky právě s přídavkem extraktu z ovoce nebo i rostlin. Pro výrobu masek se používá jak běžně dostupné ovoce, tak ovoce exotické [11, 24].

V práci od Sutthiparinyanont S. a kol. bylo použito pro výrobu kosmetické masky exotické ovoce zvané Dillenia původem z jihovýchodní Asie. Bylo zjištěno, že toto ovoce je velmi bohaté na pektin, a tak bylo zkoumáno, zda je želatinová dužina vhodným kandidátem pro výrobu gelové masky. Bylo prokázáno, že ovoce Dillenia je vhodným kandidátem na výrobu gelové masky vzhledem k viskozitě, pH a antioxidačním vlastnostem [11, 24].

V článku od autorů Gani S. a kol. bylo pro výrobu kosmetické masky na obličej použity kakaové boby. V článku bylo prokázáno, že kakaové boby mají pozitivní účinky na pleť, ať už přímou konzumací či aplikací na pleť ve formě kosmetického produktu. Bylo zjištěno, že vzhledem k vysokému obsahu polyfenolů a flavonoidů (konkrétně katechinu a epikatechinu) měla kosmetická maska s přídavkem kakaových bobů pozitivní účinky na pleť. Právě díky vysokému obsahu polyfenolů a flavonoidů měla kosmetická maska antioxidační účinky na pleť. Po použití kosmetické masky byla pleť více hydratovaná a po dlouhodobé aplikaci byly prokázány viditelné změny ve struktuře i pigmentaci pleti [25].

### ***Kosmetické masky a polymery***

Ve studii od autorů Gao Z. a kol. byl vyroben hydrogel, kdy polyvinylalkohol (PVA) byl modifikován karboxymethylcelulózou (CMC) za použití trimethylol-melaminu jako chemického síťovadla. Struktura a vlastnosti modifikovaného hydrogelu byly proměřeny infračervenou spektroskopií s Fourierovou transformací (FTIR), také skenovacím elektronovým mikroskopem a byla prokázána homogenní struktura modifikovaného hydrogelu PVA-CMC. Bylo zjištěno, že hydrogely PVA modifikované CMC vykazují lepší mechanické chování než samotný PVA. Toto zjištění tedy rozšiřuje další potenciální aplikace toho modifikovaného hydrogelu v oblasti kosmetiky (pleťové masky) i medicíny (obvazy na rány) apod. [26].



## 2.4 Aplikace biopolymerů v kosmetických produktech

Aplikace přírodních biopolymerů v kosmetice je výhodná pro jejich biokompatibilitu, bezpečnost a ekologický charakter. Polymery se dají klasifikovat jako syntetické, polosyntetické a přírodní. V kosmetice se využívají jako zahušťovadla, stabilizátory, fixátory, ale také jako nosiče aktivních látek z produktů do pleti. Využití polymerů v kosmetice závisí na očekávaných chemických i fyzikálních vlastnostech finálního kosmetického produktu [27].

Mezi syntetické polymery se řadí polyethylenglykol (PEG), polyakrylamid, silikon, polyether, polyester, polyamid atd. Mezi polosyntetické polymery se řadí například celulózoové deriváty, nitrocelulóza apod. Do poslední skupiny přírodních biopolymerů patří polysacharidy, chitosan, škrob, kolagen, želatina, pektin, kyselina alginová, xanthanová guma i celulóza spolu s celulózou bakteriálního původu [27].

### 2.4.1 Biopolymery jako nosiče aktivních látek

Jak již bylo výše vzpomenuto, pro výrobu kosmetických masek jsou hojně využívány polymery ať už syntetického původu (PVA) či přírodního původu (CMC, BC, celulóza). Právě bakteriální celulóza se v posledních letech využívá čím dál tím více jako vhodný systém pro přenos aktivních, fenolických, hydratačních i ochranných látek do pokožky. Dále byla BC v poslední době využívána při vývoji nových kosmetických masek například jako substrát pro uvolňování hydrofilních látek používaných v péči o pleť, kontrolu tvorby kožního mazu i hojení ran. Modifikace BC mohou být prováděny metodami *in situ* nebo *ex situ*. *In situ* modifikace probíhá za pomoci inkorporace exogenní molekuly již do kultivačního média před syntézou BC. Takto modifikovaná BC však není často používána, jelikož se BC ještě po biosyntéze musí purifikovat alkalickou úpravou při vysokých teplotách. Tyto úpravy mohou způsobit značný úbytek fenolických sloučenin a snížit tak celkovou antioxidační aktivitu látek inkorporovaných do BC. Proto se častěji v praxi využívá metoda modifikace BC *ex situ*, která zabraňuje ztrátám například fenolických látek. Při modifikaci *ex situ* je celulóza nejprve extrahována ze svého původního prostředí, tedy například z prostředí, kde narůstala a až poté se modifikuje. V nejrůznějších studiích však bylo prokázáno, že bakteriální celulóza je vhodným materiálem pro modifikace, díky kterým dochází ke zlepšení fyziologických i mechanických vlastností [28].

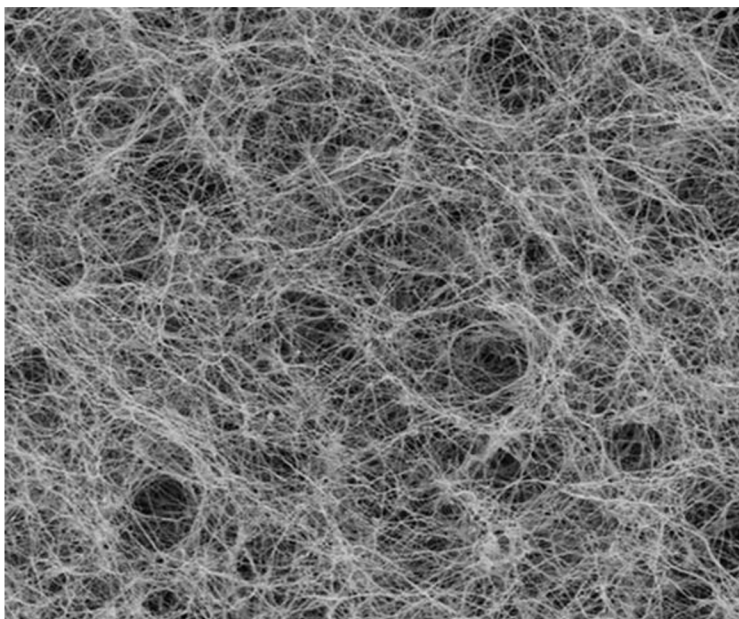
### 2.4.2 Celulóza

Celulóza je nejrozšířenější přírodní biopolymer s vysoce biokompatibilními vlastnostmi. Celulóza je konkrétněji polysacharid, který se skládá z monomerních jednotek  $\beta$ -D-glukózy spojených pomocí  $\beta$ -1,4 glykosidické vazby. Celulóza je nerozpustná ve vodě a je hlavní stavební složkou rostlinných primárních buněčných stěn, často se také podílí na stavbě sekundárních buněčných stěn spolu s ligninem a hemicelulózou. Přírodní polymery jako je celulóza jsou v posledních letech používány jako základní materiály (matrice) pro výrobu inovativních kosmetických masek s aktivními látkami. Obecně jsou hydrogelové masky mechanicky slabší a předpokládá se, že se budou používat ve vodorovné poloze, což vyžaduje, aby uživatel při aplikaci ležel. Celulózoové masky mají ve srovnání s hydrogelovými maskami lepší mechanické vlastnosti, díky čemuž jsou lepší z hlediska manipulace a aplikace. Celulóza je tedy jednou z možností materiálu pro výrobu kosmetické pleťové masky.

Používá se především v textilním a papírenském průmyslu a získává se z rostlinných produktů. Jelikož je ale celulóza v rostlinných tkáních spojena s dalšími složkami, jako jsou hemicelulóza, lignin, pektin atd. je nutné pak celulózu čistit, což je velmi drahé a ekonomicky nevýhodné [29, 30, 31, 32].

### 2.4.3 Bakteriální celulóza

Bakteriální celulóza (BC) je přírodní biopolymer produkováný některými bakteriemi patřící například do rodů *Acetobacter*, *Gluconacetobacter*, *Rhizobium*, *Agrobacterium*, *Escherichia* atd. Velmi známou gramnegativní aerobní bakterií, která produkuje BC (viz obrázek 2) je *Komagataeibacter xylinus*. Pro bakterie *K. xylinus* jsou optimální podmínky na vyprodukování co největšího množství bakteriální celulózy pH v rozmezí 3 až 7, teplota okolo 27,5 °C a dostatečný zdroj sacharidů jako zdroj uhlíku a kyslíku. Nejběžněji se používají jako zdroj uhlíku monosacharidy jako je glukóza nebo fruktóza, která je běžně obsažena například v hroznových či banánových slupkách, nebo cukrově třtině. *K. xylinus* je v současné době hojně studována právě pro svou výbornou schopnost produkovat BC jako sekundární metabolit [33, 34, 35].



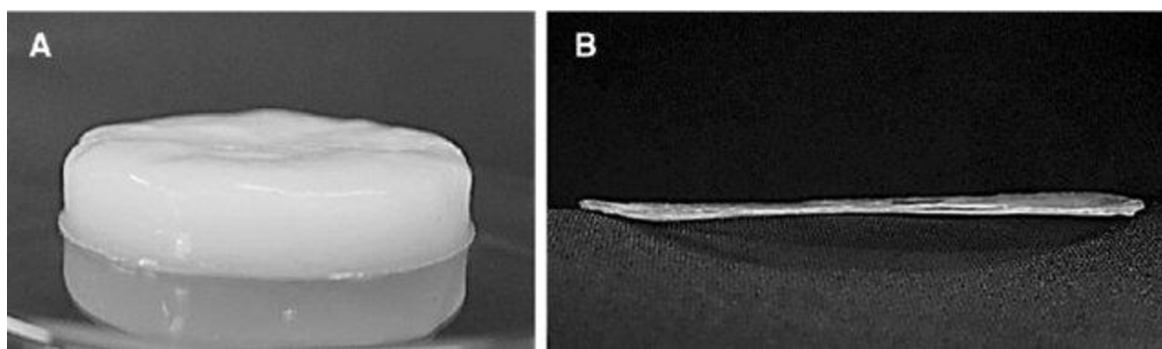
Obrázek 2: Struktura bakteriální celulózy vyprodukovaná *K. xylinus* zachycená pomocí SEM [36]

Molekulární vzorec bakteriální celulózy ( $C_6H_{10}O_5$ ) je stejný jako u rostlinné celulózy, avšak jejich fyzikální a chemické vlastnosti jsou odlišné [37, 38]. Srovnání těchto vlastností můžeme vidět v tabulce 2.

Tabulka 2: Porovnání vlastností rostlinné celulózy a bakteriální celulózy [39]

vlastnost	rostlinná celulóza	bakteriální celulóza
čistota [%]	<80	>99
Youngův modul [MPa]	2,5–0,17	plát BC – 20 000
		vlákno BC – 130 000
stupeň krystalinity [%]	40–85	74–96
stupeň polymerace	300–10 000	14 000–16 000
velikost vláken	mikrometry	20–100 nanometrů
pórovitost	nízká	vysoká

Vodíkové vazby mezi fibrilárními jednotkami BC stabilizují celou strukturu a definují mnohé z jejích mechanických vlastností. Bakteriální celulóza je považována za vhodnou alternativou k rostlinné celulóze díky svým jedinečným fyzikálně-chemickým vlastnostem. Jelikož BC není stavební složkou primárních rostlinných buněčných stěn spolu s hemicelulózou a ligninem, vykazuje BC vyšší čistotu. Mezi další významné mechanicko-chemické vlastnosti patří vysoký Youngův modul, schopnost zadržovat vodu, krystalinita, pórovitost, průhlednost, pevnost v tahu, biokompatibilita a také ultra jemná struktura vláken ve srovnání s rostlinnou celulózou. Kapacita zadržování vody neboli bobtnání (Q) bakteriální celulózy je více než stokrát (hmotnostně) vyšší než u rostlinné celulózy [32, 40]. Na obrázku 3 lze vidět čistou bakteriální celulózu ve dvou formách.



Obrázek 3: Bakteriální celulózoový film získaný po fermentaci 10 dnů: A) před procesem sušení; B) po 24 hodinách sušení při 30 °C [41]

#### 2.4.4 Využití bakteriální celulózy

Díky své biokompatibilitě a jedinečným strukturálním vlastnostem je bakteriální celulóza a produkty na její bázi vhodnými materiály pro několik biomedicínských aplikací, včetně kosmetického průmyslu. Bakteriální celulóza nachází uplatnění i v dalších oblastech průmyslu, jako je textilní průmysl, výroba vysoce kvalitního papíru, potravinářské, farmaceutické a lékařské přístroje, elektronika a akustika. Zejména v biomedicínské oblasti se využívá BC jako přírodní, porézní, netoxický materiál v produktech jak pro péči o rány, tak pro regeneraci poškozených nebo nemocných orgánů atd. Díky své jedinečné nanostruktúře i vlastnostem

je BC přirozeným kandidátem pro četné medicínské aplikace nebo aplikace v tkáňovém inženýrství, jako jsou obvazy na rány, kostní tkáňové inženýrství, kostní štěpy, kardiovaskulární aplikace a skafoldy. V systémech pro hojení ran má BC velký potenciál, protože je biokompatibilní, přilnavá, elastická a transparentní, což má za následek dobrou propustnost a schopnost absorbovat vodu. Také udržuje vlhké prostředí v ranách, absorbuje zánětlivé výpotky z krevních a mízních cest a vykazuje nízkou rozpustnost a odolnost vůči degradaci [29, 32, 40].

### ***Medicínské aplikace a kosmetický průmysl***

Ve studii od autorů Perugini P. a kol. bylo zjištěno, že BC je díky své vysoké schopnosti zadržovat vodu a dobré absorpci vhodným nosičem pro dodávání aktivních látek do pokožky, včetně hydratačních složek a účinných látek proti vráskám. Cílem této studie bylo zhodnotit vliv tří kosmetických masek vyrobených z BC tak, aby měly různé kosmetické účinky (proti stárnutí, lifting a obnova buněk) na pokožku. Hodnotila se zejména hydratace pokožky, barva pokožky, viskoelastické vlastnosti pokožky, hladkost povrchu pokožky, redukce vrásek, homogenita pokožky a obnova rohové vrstvy. BC masky byly aplikovány po dobu 4–8 týdnů u 69 zdravých respondentů ve věku 24–65 let. Bylo pozorováno výrazné snížení drsnosti pleti, šířky vrásek a pevnosti pokožky po aplikaci těchto tří BC pleťových masek [40].

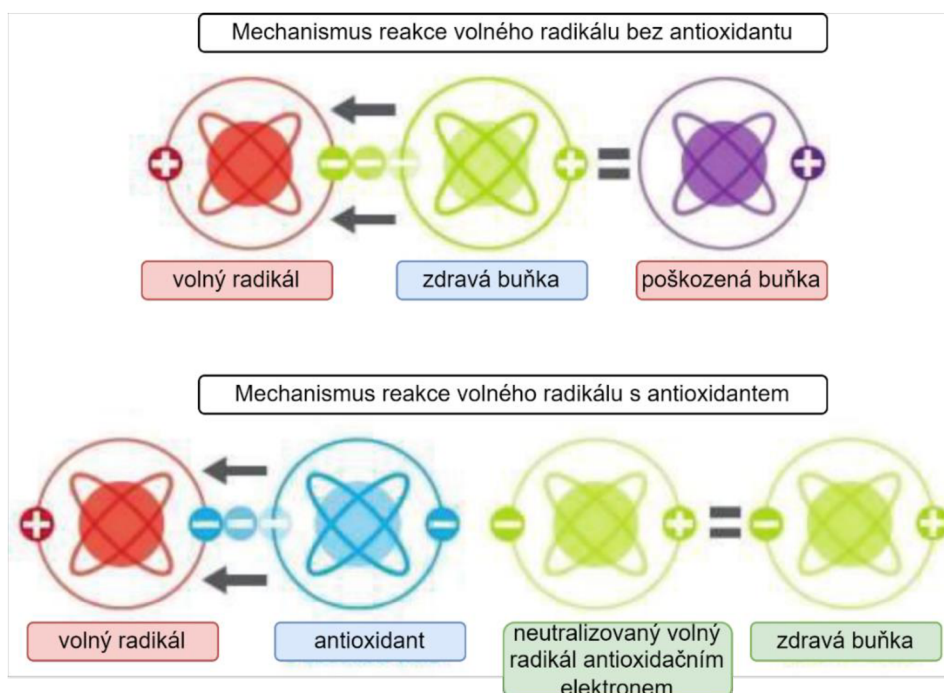
Bakteriální celulóza je také vhodná jako biomateriál pro aplikace v oblasti biomedicínských aplikací. Studie od autorů Phasuwit P. Phatchayawat a kol. prokázala výbornou biokompatibilitu bakteriální celulózy spolu s chitosanem, alginátem a želatinou. Tyto složky byly kombinovány pro výrobu trojrozměrných „lešení“ neboli skafoldů v tkáňovém inženýrství [42].

V článku od autorů Guilherme Pacheco MD. a kol. byla pro výrobu kosmetické masky použita bakteriální celulóza s přidavkem dvou různých extraktů. První extrakt byl složen z extraktu z ovsy, rozmarýnu, měsíčku lékařského a Hydrovitonu. Tento extrakt měl vykazovat hydratační účinky na pleť. Vlhké nakultivované membrány bakteriální celulózy byly zváženy a poté bylo tlakem odstraněno 50 % z jejich celkové hmoty. Pláty BC byly následně ponořeny do misky s extrakty obsahující aktivní látky. Misky byly protřepávány po dobu 30 minut a pláty bakteriální celulózy byly každých 5 minut otáčeny, aby byla zajištěna dobrá absorpce aktivních látek. Bylo zjištěno, že aktivní látky se po dobu 30 minut zabudovaly do membrán bakteriální celulózy a došlo k nabobtnání membrán. Hotová maska vykazovala dobrou přilnavost k pokožce i mechanické vlastnosti. Masky také vykazovaly požadované hydratační účinky, které úzce souvisely s použitím BC jako podpůrného systému pro přenášení a uvolňování aktivních látek z extraktů do pokožky [30].

Také ve studii od autorů Lee C.K. a kol. byla vyrobena patentovaná obličejová maska z BC s otvory na oči, ústa a nos. Studie popisuje způsob výroby masek z BC s přímým přidáním extraktu z ženšenu, který je známý pro své antioxidační a protizánětlivé účinky, přímo do kultivačního média. Výsledky ukazují, že taková maska může být vhodná k opakovanému nebo dlouhodobému použití pro výživu pleti s hydratačními a antioxidačními vlastnostmi. Tato diplomová práce si klade za cíl připravit kosmetickou pleťovou masku právě s antioxidačními účinky, a to díky přidavku extraktu z růže šípkové [43].

## 2.5 Antioxidanty a jejich funkce

Antioxidanty jsou molekuly, které mají schopnost neutralizovat molekuly zvané volné radikály. Snižují nebo potlačují možnost poškození buněk vlivem právě těchto volných radikálů. Volné radikály jsou molekuly, které mají na vnějším orbitalu jeden nebo více nespárovaných elektronů, takže jsou nestabilní a vysoce reaktivní. Antioxidant je sloučenina, která je dostatečně stabilní na to, aby darovala svůj elektron jednomu nespárovanému elektronu volného radikálu a tím ho neutralizovala (viz obrázek 4). Tím dokáže snížit schopnost volného radikálu poškozovat buňky [44, 46].



Obrázek 4: Reakce volného radikálu a antioxidantu [45]

Lidské tělo dokáže vytvořit volné radikály při běžných metabolických procesech. V lidském těle se volné radikály dokážou tvořit také jako produkty reakcí na různé faktory. Mezi tyto faktory se řadí například vystavení pokožky silnému slunečnímu záření, kouření, konzumace alkoholu atd. Antioxidanty potlačují proces zvaný oxidace, při němž vznikají právě volné radikály, které vedou k poškození buněk. Antioxidanty bezpečně interagují s volnými radikály a neutralizují je, ukončují řetězovou reakci dříve, než mohou způsobit poškození buněk, bílkovin, lipidů nebo DNA [44, 46].

### 2.5.1 Antioxidanty využívané v kosmetických produktech

Antioxidanty se dají rozdělit na dvě základní skupiny, a to na přírodní a syntetické. Kromě toho mohou být antioxidanty klasifikovány na exogenní a endogenní, enzymatické a neenzymatické nebo na rozpustné ve vodě či v tucích. Některé z antioxidantů (glutathion, ubichinol a kyselina močová) se v těle vytvářejí během normálního metabolismu. Jiné antioxidanty se zase běžně nacházejí ve stravě [44, 46].

Mezi důležité antioxidantů (viz tabulka 1) využívané v kosmetice patří například polyfenoly, vitamín C, vitamín E, další fenolické sloučeniny, karotenoidy. Vitamin C (kyselina askorbová) je bioaktivní látka, která se nachází zejména v citrusovém ovoci, jahodách, brokolici, zelí nebo plodech růže šípkové. Vitamin C je důležitý pro biosyntézu kolagenu, karnitinu a neurotransmiterů. Vitamin E (tokoferol) vitamín, který je rozpustný v tucích a zabraňuje oxidaci tuků. Tato diplomová práce se zaměřuje na antioxidantů běžně obsažené v plodech růže šípkové, zejména na obsah polyfenolů a flavonoidů [46].

### ***Polyfenoly a flavonoidy***

Polyfenolické látky a extrakty z nich jsou v posledních letech atraktivními složkami kosmetických a farmaceutických produktů díky svým prospěšným bioaktivním vlastnostem, mezi které se řadí zejména antioxidační aktivita, protizánětlivé a někdy i antimikrobiální účinky. V důsledku toho bylo vyvinuto mnoho produktů v oblasti péče o pleť, které jsou založeny na rostlinných extraktech obohacených polyfenoly. Antioxidační aktivita polyfenolických látek spočívá v schopnosti neutralizovat volné radikály darováním elektronu nebo atomu vodíku. Tato schopnost je dána hlavně díky jejich chemické struktuře, počtem a pozicí hydroxylových skupin a také přítomností aromatického kruhu. Polyfenoly i flavonoidy jsou sekundární metabolity rostlin. Mezi polyfenoly patří například flavonoidy, kyselina fenolová nebo třísloviny. Flavonoidy jsou tedy nejvýznamnější a nejrozmanitější třídou polyfenolů, široce rozšířenou v ovoci, zelenině, bobulích a semenech rostlin. Flavonoidy se dělí do různých tříd podle jejich chemické struktury, jako jsou flavony, flavonoly, flavanony, flavanoly, isoflavony a antokyany atd. Skupina antokyany se řadí mezi vodou rozpustné pigmenty, které způsobují červené zbarvení plodů růže šípkové [49, 50].

Plod růže šípkové je velmi bohatým zdrojem hned na několik dalších bioaktivních látek a většina z těchto bioaktivních látek vykazují i antioxidační aktivitu. V plodu růže šípkové jsou obsaženy látky jako například již zmíněné polyfenoly a flavonoidy, dále vitamíny (A, C, E atd.), karotenoidy, organické kyseliny i aminokyseliny, pektin, sacharidy a třísloviny [51, 52].

## **2.6 Růže šípková**

Růže šípková, lat. (*Rosa canina L.*), známá také pod názvy divoká růže nebo psí růže se řadí do rodu *Rosa*, čeledi *Rosaceae* a je jednou z nejhojněji se vyskytující skupinou růží v Evropě. Jedná se o keř, který průměrně dorůstá do výšky 1,5–3,0 m a věk některých keřů může přesáhnout i padesát let. Na zelených, obloukovitých větvích tohoto keře vyrůstají početné tlusté trny. Listy růže šípkové jsou střídavé, řapíkaté, lichozpeřené s pěti až sedmi hladkými lístky. Lístky jsou pak pilovité, eliptických až vejčitých tvarů. Květy růže šípkové jsou pětipočetné a rozkvétají v období od května do června. Květy mohou být zbarveny do světle růžové až bílé barvy, zřídka načervenalé. Plod keře růže šípkové se nazývá šípek a vzniká z češule, což je souplodí nažek. Typická barva šípků je sytě červená u přezrálých plodů až vínově hnědá. Plody jsou vejcovitého tvaru [51, 52].

Výskyt růže šípkové je zaznamenán hned na několika kontinentech od nížin až do hor. Nejvíce příznivé klimatické podmínky pro svůj růst má tento keř například v Evropě, hlavně v oblasti Středomoří, kde se nachází spousta slunných strání, skalních štěrbin, vlhkost apod. Dále pak keř růže šípkové roste v západní a severní Asii nebo severní Africe i Americe. Jelikož klimatické podmínky, včetně nadmořské výšky ovlivňují kvalitu a množství bioaktivních látek. Je proto důležité tyto faktory zahrnout při volbě doby sběru šípků. Vhodná doba pro sběr šípků nastává v měsících září/říjen, kdy v těchto měsících nejsou ještě mrazy. Slunečné a teplé počasí s dostatečným množstvím srážek vede k rychlejšímu zrání šípků s vyšším obsahem bioaktivních látek a dalších živin. Naopak chladné a velmi deštivé počasí může prodloužit dobu zrání šípků, snížit kvalitu bioaktivních látek a negativně ovlivnit sensorické vlastnosti plodů [51].

## 3 EXPREIMENTÁLNÍ ČÁST

### 3.1 Použité přístroje a pracovní pomůcky

- spektrofotometr – UV/VIS SPEKOL 1300 – Analytik Jena, Německo
- laboratorní třepačka – Biosan
- analytické váhy – Ohaus, Švýcarsko
- centrifuga – EBA 200, Hettich, Německo
- statický zkušební stroj (trhačka) – LaborTech, Opava
- vortex – HEIDOLPH, REAX TOP, Německo
- visioscope PC 35

### 3.2 Použité chemikálie

- 10% Folin-Ciocalteovo činidlo, Penta
- uhličitán sodný bezvodý p.a., Lach-ner
- kyselina gallová monohydrát, Penta
- chlorid hlinitý bezvodý p.a., Lach-ner
- dusitan sodný, Penta
- katechin hydrát p.a., Sigma Aldrich
- ABTS, Sigma Aldrich
- trolox, Sigma Aldrich
- peroxodisíran draselný – Sigma Aldrich
- UV–VIS ethanol 96%, Penta
- ethanol 99,9% p.a. – Merck
- glycerol bezvodý, Lach-ner
- methyl-p-hydroxybenzoate, Fisher scientific
- propyl-4-hydroxybenzoate, Thermo scientific
- kyselina askorbová, Sigma Aldrich

### 3.3 Příprava šípkových extraktů

Pro tuto diplomovou práci byly sesbírány plody růže šípkové ve Zlínském kraji na začátku října v roce 2022. Takto sesbírané zralé, ale ještě tvrdé šípky byly zbaveny stopek, očištěny a propláchnuty vodou pro odstranění zbylých nečistot. Následně byly šípky usušeny v sušárně na Petriho miskách po dobu tří dnů při teplotě 55°C. Usušené šípky byly rozmixovány a naváženy (10 g; 20 g; 25 g) do skleněných nádob. Připravené skleněné nádoby s naváženými šípkami byly zalaty třemi druhy roztoků, všechny o celkovém objemu 100 ml. Prvním roztokem, který byl následně vlit do skleněných nádob s naváženými šípkami byl roztok vodný s přídavkem methylparabenu (0,1%) a propylparabenu (0,1%). Druhý roztok byl připraven smícháním 50 ml destilované vody s 50 ml glycerolu spolu s přídavkem methylparabenu (0,1%) a propylparabenu (0,1%). Třetí roztok byl složen ze 100 ml destilované vody a přídavku kyseliny askorbové (0,1%). Takto připravené šípkové extrakty byly louhovány po dobu 24 hodin při 25 °C na laboratorní třepačce.



Po vylouhování byly všechny extrakty přelity do centrifugačních zkumavek přes dvě jemná sítky s velikostí ok přibližně 0,3 mm pro odstranění hrubých nečistot. Dále byly extrakty centrifugovány při otáčkách 6000 rpm po dobu 5 min pro odstranění menších nečistot. Všechny přefiltrované a zcentrifugované šípkové extrakty byly uchovány v lednici pro následující analýzy. Ve dvou různých studiích od autorů Gao. a kol. a İlbay a kol. byl studován obsah antioxidačních látek v ethanolových i vodných šípkových extraktech. U první studie byly šípky před louhováním rozdrceny na jemný prášek. Pro louhování použita doba louhování 24 hodin za stálého třepání, po ukončení louhování byl extrakt zcentrifugován. Ve druhé studii byla použita pro extrakci Soxhletova metoda po dobu 24 hodin při vyšších teplotách. Ve srovnání s výtěžky bioaktivních látek v jednotlivých studiích bylo zjištěno, že při vyšší teplotě byl výtěžek bioaktivních látek nižší. Ve studii byl nižší výtěžek těchto látek zdůvodněn možnou degradací při vyšších teplotách. Proto byla v této diplomové práci zvolena extrakce při laboratorní teplotě po dobu 24 hodin, aby případně nedocházelo k degradaci bioaktivních látek [56, 57].

### 3.4 Stanovení celkových polyfenolů

Stanovení celkových polyfenolů bylo provedeno díky reakci Folin-Ciocalteova činidla s fenolickými látkami obsažených ve vzorcích. Nejprve bylo Folin-Ciocalteovo činidlo rozředěno destilovanou vodou v 250 ml odměrné baňce tak, aby výsledné činidlo bylo 10%. Takto zředěné Folin-Ciocalteovo činidlo bylo napipetováno do 2 ml skleněné zkumavky spolu s destilovanou vodou v poměru 1:1. K připravenému roztoku ve zkumavce se dále napipetovalo automatickou pipetou 100  $\mu$ l analyzovaného vzorku. Poté byl celý roztok promíchán na vortexu. Zcela promíchaný roztok se vzorkem byl ponechán 5 minut stát při laboratorní teplotě a po uplynutí této doby bylo k celkovému vzorku s roztokem přidán ještě 1 ml nasyceného roztoku uhličitanu sodného. Nově vzniklý roztok byl promíchán, a ještě znovu ponechán 15 minut stát při laboratorní teplotě. Metoda stanovení celkových polyfenolů za pomoci Folin-Ciocalteova činidla je metoda spektrofotometrická. Byla proměřena absorbance při vlnové délce  $\lambda = 750$  nm. Jako slepý vzorek byla použita destilovaná voda. Pro přípravu kalibrační křivky (viz rovnice (1)) byl použit stejný postup jako pro vzorky, kdy na místo analyzovaného vzorku bylo napipetováno 100  $\mu$ l roztoku kyseliny gallové o požadovaných koncentracích.

$$y = 3,1351x \quad (1)$$

### 3.5 Stanovení flavonoidů

Metoda stanovení obsahu flavonoidů ve vodných extraktech z šípku je založena na principu reakce s chloridem hlinitým a dusitanem. Do skleněné zkumavky bylo napipetováno 1,5 ml destilované vody, dále 0,2 ml dusitanu sodného a 0,5 ml vzorku, který byl analyzován. Poté byl obsah zkumavky promíchán, ponechán stát 5 minut při laboratorní teplotě. Po uplynutí 5 minut bylo přidáno 0,2 ml chloridu hlinitého. Roztok byl dobře promíchán a ponechán 5 minut stát při laboratorní teplotě. Po uplynutí této doby bylo do roztoku napipetováno 1,5 ml hydroxidu sodného a 1 ml destilované vody. Nakonec byl roztok naposled důkladně promíchán a ponechán

stát 15 minut při laboratorní teplotě. Jedná se o metodu spektrofotometrickou, byla tedy změřena absorbance při vlnové délce  $\lambda = 510$  nm. Jako slepý vzorek byla použita destilovaná voda. Pro přípravu kalibrační křivky (viz rovnice (2)) byl použit stejný postup jako u měření analyzovaného vzorku, avšak namísto analyzovaného vzorku byl přidán roztok katechinu o požadovaných koncentracích.

$$y = 3,3676x \quad (2)$$

### 3.6 Stanovení antioxidační aktivity (TEAC)

Látky, které vykazují antioxidační aktivitu se nazývají antioxidanty. Právě pro stanovení množství těchto látek ve vzorku se využívá metoda TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity) a kation-radikálu ABTS<sup>•+</sup> známého též pod názvem (2,2'- azinobis(3-ethyl-2,3-dihydrobenzothiazol-6-sulfonát)). Nejprve bylo ABTS naředěno v destilované vodě na požadovanou koncentraci 7mM a dále bylo k takto naředěnému ABTS přimíchán peroxidisíran draselný (2,45 nM) pro získání ABTS<sup>•+</sup> radikálového kationtu. Takto připravený roztok byl uložen na temné místo po dobu nejméně 12 hodin. Poté byl radikálový kation ABTS<sup>•+</sup> ještě zředěn UV-VIS ethanolem na absorbanci  $0,70 \pm 0,02$  při vlnové délce  $\lambda = 734$  nm. Byl napipetován 1 ml ABTS<sup>•+</sup> radikálového kationtu o požadované koncentraci a 10  $\mu$ l destilované vody do zúžené kyvety. Ihned byla změřena absorbance. Nejprve v čase 0 ( $A_0$ ), obsah kyvety byl vylit. Poté byl do kyvety napipetován roztok ABTS<sup>•+</sup> s 10  $\mu$ l analyzovaného vzorku. Takto připravená roztok byl důkladně promíchán. Následně byla změřena absorbance v čase 10 ( $A_{10}$ ). Ethanol v tomto případě sloužil jako blank. Pro výpočet absorbance analyzovaného vzorku byla použita rovnice  $A = A_0 - A_{10}$ . Kalibrační křivka byla změřena za použití standardu roztoku Troloxu a byla vypočítána (viz rovnice (3)). Trolox byl zředěn 60% ethanolem na požadované koncentrace.

$$y = 1,0177x \quad (3)$$

### 3.7 Příprava jednotlivých druhů bakteriální celulózy

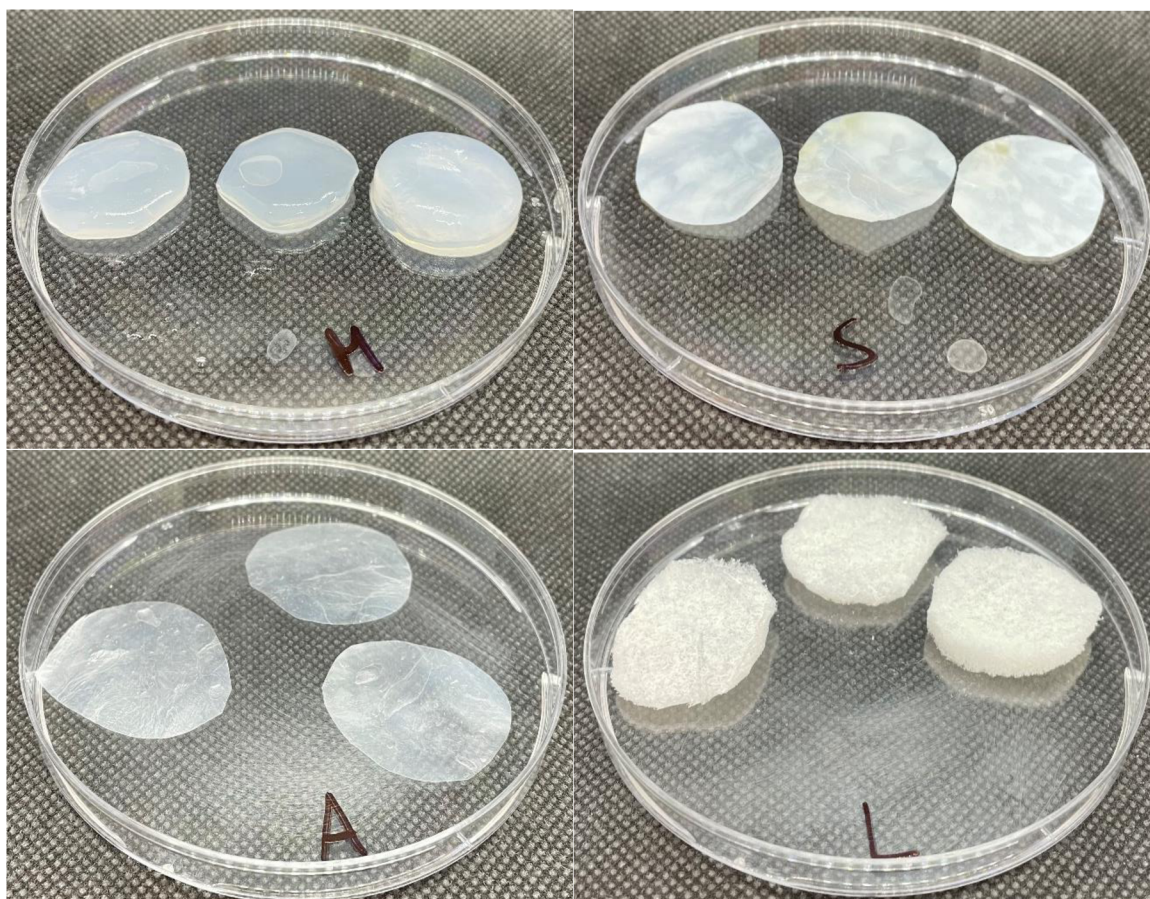
Pro tuto diplomovou práci byly využity celkem čtyři druhy úprav bakteriální celulózy. Jednotlivé vzorky bakteriálních celulóz byly poskytnuty již nakultivované pomocí gramnegativní aerobní bakterie z rodu *K. xylinus* v laboratoři Bioinženýrství, prof. A. Kovalčík, FCH VUT. Cílem přípravy těchto čtyř druhů BC bylo zejména získat možnost porovnání jednotlivých druhů mezi sebou a vyhodnocení nejvhodnější varianty BC pro finální výrobu kosmetické masky.

Tabulka 3: Zkratky používané v této práci pro označení jednotlivých druhů bakteriálních celulóz

MBC	mokrý varianta bakteriální celulózy – hydrogel
SBC	suchá varianta bakteriální celulózy
ABC	bakteriální celulóza s alginátovým komponentem
LBC	lyofilizovaná varianta bakteriální celulózy

Vyčištěná MBC ve formě hydrogelu byla pouze zbavena nadbytečné vody pomocí dvou tenkých plátů filtračního papíru, kdy MBC byla umístěna mezi tyto dva pláty a jemně stlačena po dobu 30 s. Takto připravená MBC byla uchována v lednici pro další použití. Výroba SBC probíhala nejprve stejným způsobem jako u MBC, dále byla MBC vysušena při 60 °C do tenkého, pružného SBC filmu.

Vzorky ABC a LBC (viz obrázek 5) byly pro tuto práci vyprodukovány v laboratoři Bioinženýrství FCH VUT, Ing. Markétou Sobkovou.



Obrázek 5: Jednotlivé druhy BC (viz tabulka 3): M–MBC; S–SBC; A–ABC; L–LBC

### 3.8 Stupeň bobtnání

Bobtnání je schopnost materiálu absorbovat velké množství vody bez dezintegrace matrice. Bobtnání je jednou z pozitivních vlastností bakteriální celulózy. Pro studium bobtnání hydrogelů a jiných materiálů se používá stupeň bobtnavosti  $Q$  (z angl. degree of swelling) vyjádřený v procentech. Pro získání stupně bobtnavosti bakteriální celulózy byly ze všech připravených druhů BC vystříhány/vyraženy jednotlivé vzorky ve tvaru kolečka (viz obrázek 5). Takto připravené vzorky BC byly nejprve zváženy na analytických vahách, hmotnost před modifikací destilovanou vodou byla zaznamenána. Poté byly jednotlivé vzorky BC vhozeny do centrifugačních zkumavek s 25 ml destilované vody. Následně byly v různých časových intervalech po dobu 24 hodin zaznamenávány změny gramáže jednotlivých vzorků BC.

Nakonec byly vypočítány jednotlivé stupně bobtnavosti dle rovnice:

$$Q = \frac{w_f - w_i}{w_i} \times 100 [\%] \quad (4)$$

kde  $w_i$  představuje počáteční hmotnost vysušené BC při pokojové teplotě a  $w_f$  představuje konečnou hmotnost po vyjmutí nabobtnalého vzorky BC [21].

### 3.9 Modifikace bakteriálních celulóz šípkovými extrakty

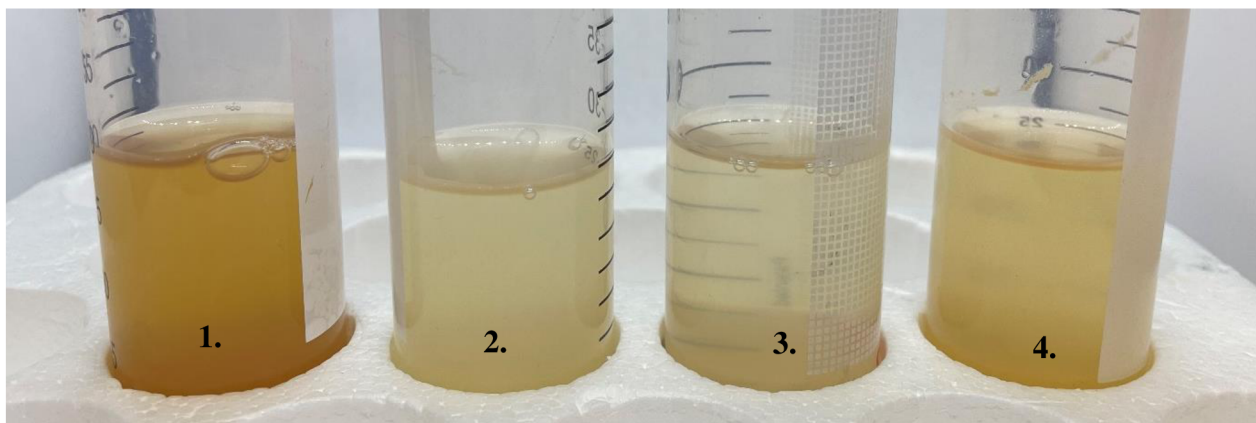
Nejprve byly vybrány šípkové extrakty s nejvhodnějšími vlastnostmi pro další analýzy. Následně v těchto vybraných šípkových extraktech probíhala modifikace všech čtyř druhů BC. Modifikace probíhala louhováním vystříhnutých/vyražených vzorků z jednotlivých druhů BC (viz obrázek 5) ve tvaru kolečka v centrifugačních zkumavkách po dobu 24 hodin na třepače při teplotě 25 °C. Po uplynutí této doby a vyjmutí jednotlivých vzorků byla hned na první pohled viditelná změna v například v barevnosti vzorků BC (viz obrázek 6).



Obrázek 6: Vzorek MBC–hydrogel po ukončení 24 hodinách modifikace šípkovým extraktem s navázkou 25 g šípků

### 3.10 Příprava bakteriálních celulóz pro přímé stanovení obsahu bioaktivních látek

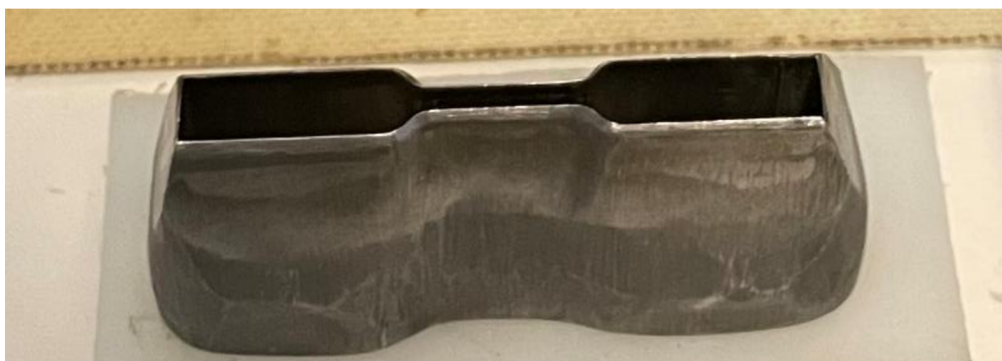
Po uplynutí doby louhování byly modifikované vzorky BC zbaveny přebytečného extraktu na povrchu, zváženy na analytických vahách a poté uloženy v centrifugačních zkumavkách. Do těchto centrifugačních zkumavek bylo přilito 25 ml citrátového pufru a 0,5 ml enzymu celulázy. Takto připravené centrifugační zkumavky byly inkubovány po dobu 24 hodin na třepače při 30 °C pro úplnou degradaci modifikované BC (viz obrázek 7). Dále byly šípkové extrakty opět podrobeny spektrofotometrickým analýzám (viz kapitoly 3.4; 3.5; 3.6) pro zjištění obsahu bioaktivních látek ve vzorcích BC.



Obrázek 7: Šípkové extrakty získané degradací jednotlivých druhů vzorků BC (1. MBC–hydrogel; 2. SBC–suchá; 3. ABC – s alginátovým komponentem; 4. LBC–lyofilizovaná)

### 3.11 Stanovení mechanických vlastností kosmetické masky

Pro stanovení mechanických vlastností kosmetické masky byl využit tzv. statický zkušební stroj, známý též pod názvem trhačka. Díky trhačce byly zjištěny základní mechanické vlastnosti kosmetické masky z bakteriální celulózy jako Youngův modul pružnosti ( $E$ ), mez pevnosti při přetržení ( $\sigma$ ), tažnost ( $\epsilon$ ). Pro měření mechanických vlastností byly nejprve pomocí hydraulického lisu z každého druhu BC vyraženy lopatky celkové délce 5,5 cm, délce krčku 1,5 cm, šířce krčku 2 mm. Takto připravené lopatky byly následně testovány a vystavovány napětí dle předem určené normy EN ISO 527–1: 1996 v programu Test&Motion software. Pro všechny měření byly nastaveny podmínky: předzatížení 0,1 N; rychlost trhání 1 mm/min.



Obrázek 8: Použitý druh razidla lopatek na trhačku

### 3.12 Analýza pomocí přístroje Visioscope 35

Pro analýzu pokožky byl vybrán přístroj Visioscope 35. Jedná se o přístroj určený k diagnostice pleti. Díky paralelně polarizovanému světelnému zdroji, lze na pleti snímat strukturu pokožky, ale také zanalyzovat deskvamaci (úroveň hydratace pokožky) za pomoci speciálních pásek Corneofix. Pro analýzu deskvamace pokožky byla nejdříve adhezivní strana pásky Corneofix přilepena na pokožku a po 5 vteřinách sejmuta. Pomocí programu Complete Skin Investigation (CSI) a Visioscope 35 byla vyhodnocena úroveň hydratace pokožky. Stejný postup byl proveden i po nanesení kosmetické masky [58].

Pro analýzu struktury pokožky byly vybrány tři místa a to čelo, tváře a jamka v předloktí. Vybrané body na pokožce byly následně označeny. Nejdříve byla maska (viz obrázek 9) nanášena do předloketní jamky a ponechána působit 5 minut pro zjištění případného začervenání kůže, či projevení alergické reakce. Z každého měření byl pořízen snímek pleti před a po aplikaci kosmetické masky pomocí přístroje Visioscope 35. Na každé z označených míst byla nanášena identická část kosmetické masky s extraktem z plodů růže šípkové na bázi bakteriální celulózy. Tyto vybrané body byly nejprve zanalyzovány před aplikací kosmetické masky, poté byly vybrané dva body zanalyzovány po aplikaci kosmetické masky. Kosmetická maska byla ponechána na pleti působit po dobu 15 minut, aby měla pleť čas vstřebat potřebné bioaktivní látky naabsorbované v BC. Tento čas byl zvolen na základě studie od autorů Kobayashi T. a kol., kde byly použity celulózové hydrogelové filmy na přípravu kosmetické obličejové masky [59].



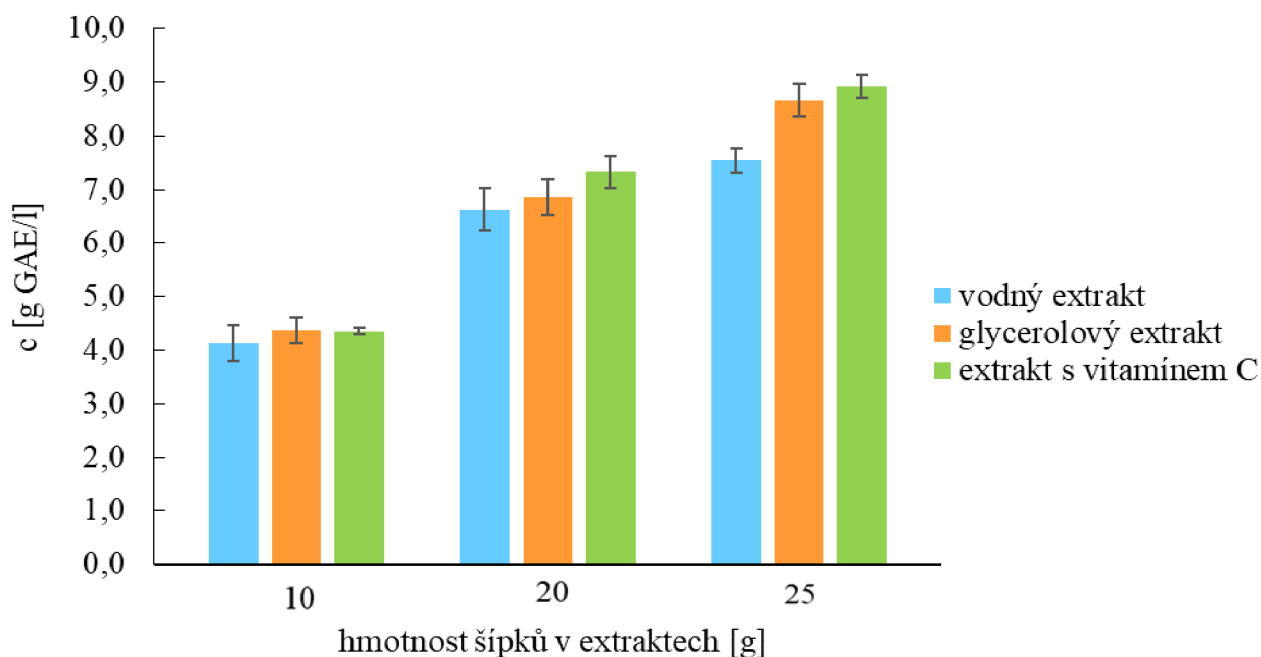
*Obrázek 9: Prototyp kosmetické masky na obličej s antioxidačními vlastnostmi na bázi bakteriální celulózy*

## 4 VÝSLEDKY A DISKUZE

Jedním z cílů této práce bylo připravit extrakty z plodů růže šípkové na bázi vody, glycerolu a s přidavkem vitamínu C a následně je podrobit spektrofotometrickým analýzám. Díky spektrofotometrickým analýzám bylo zjištěno celkové množství obsahu polyfenolů a flavonoidů. Také byla stanovena antioxidační aktivita. Poté bylo za cíl vybrat šípkový extrakt s nejvíce vyhovujícími parametry pro následné modifikace jednotlivých druhů bakteriálních celulóz.

### 4.1 Stanovení polyfenolů v šípkových extraktech

Stanovení celkových polyfenolů v šípkových extraktech bylo provedeno pomocí spektrofotometrické metody s Folin-Ciocalteovým činidlem. Všech devět druhů šípkových extraktů bylo podrobena této metodě celkem třikrát. Z naměřených hodnot byly vypočítány průměrné hodnoty absorbancí se směrodatnou odchylkou. Z rovnice kalibrační křivky standardu kyseliny gallové (viz rovnice (1)) dosazením průměrných hodnot absorbancí byly vypočítány výsledné koncentrace polyfenolů v analyzovaných extraktech. Všechny naměřené a vypočítané hodnoty jsou uvedeny v grafu (obrázek 10).



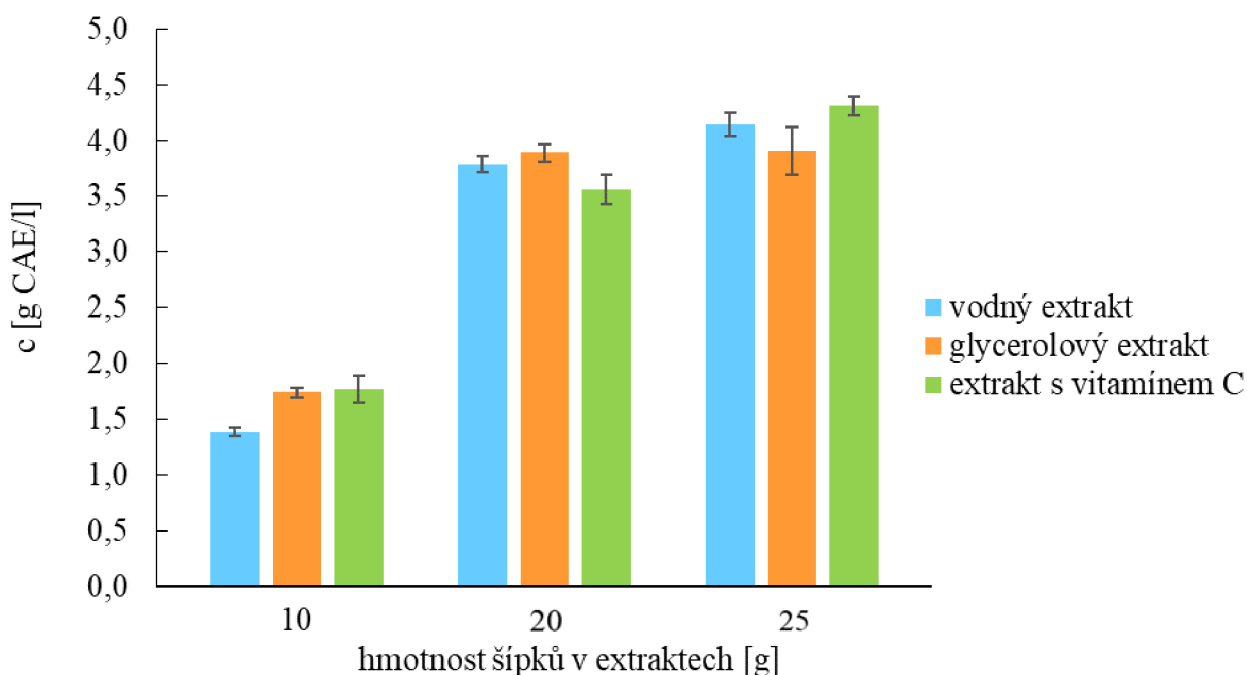
Obrázek 10: Výsledné koncentrace polyfenolů v analyzovaných šípkových extraktech

U šípkových extraktů s navázkou 10 g šípků se hodnoty koncentrací celkových polyfenolů pohybovaly v průměru okolo  $4,3 \pm 0,2$  g GAE/l. U šípkových extraktů s navázkou 20 g šípků se hodnoty koncentrací celkových polyfenolů pohybovaly v průměru okolo  $7,3 \pm 0,3$  g GAE/l. U šípkových extraktů s navázkou 25 g šípků se hodnoty koncentrací celkových polyfenolů pohybovaly okolo  $8,3 \pm 0,2$  g GAE/l. Z grafu je patrné, že na naměřené hodnoty polyfenolů nemá velký vliv obsah roztoku, ve kterém je šípek louhován, ale navážka šípků. V bakalářské práci [60] byl použit pro louhování ethanol s vodou, taktéž byly použity různé druhy navážek šípků. S nejvyšším obsahem polyfenolů ze statistického hlediska byl vyhodnocen ethanolový

extrakt s navázkou 40 g šípků, kdy koncentrace polyfenolů činila 8,4 g GAE/l. V této diplomové práci se díky rozdílné přípravě šípků pro louhování podařilo dosáhnout velmi podobných koncentračních hodnot (tj. 8,3 g GAE/l) polyfenolů již u navážky 25 g šípků i za kratší čas. V článku od autorů Nowak a kol. bylo zkoumáno množství polyfenolů ve vodno-methanolových šípkových extraktech z různých odrůd růží a jejich vliv na zachytávání volných radikálů. Množství naměřených polyfenolů obsažených v extraktech získaných právě z odrůdy růže šípkové (*R. canina L.*) bylo dostatečné pro důkaz jejich schopnosti pohlcovat volné radikály. Taktéž ve studii od autorů Czyowska A. a kol. bylo studováno množství polyfenolů ve vínech z plodů růže šípkové a byla naměřena hodnota  $9,007 \pm 0,004$  g GAE/l, tato hodnota se od naměřených hodnot v této diplomové práci liší zhruba o 0,6 g GAE/l. Z výše uvedeného grafu lze tedy vyčíst, že čím vyšší navážka šípků byla v extraktech louhována, tím vyšší množství polyfenolů bylo ve výsledných extraktech obsaženo bez ohledu na přidané komponenty jako glycerol vitamín C, či parabeny. Nejvyšší obsahy polyfenolů tedy vykazovaly šípkové extrakty s navázkou 25 g šípků [61, 62].

## 4.2 Stanovení flavonoidů v šípkových extraktech

Stanovení celkových flavonoidů v šípkových extraktech bylo provedeno pomocí spektrofotometrické metody založené na reakci chloridu hlinitého s dusitanem sodným. Metoda byla provedena celkem 3x ve všech devíti druzích šípkových extraktů. Naměřená data byla zprůměrována a byly vypočítány směrodatné odchylky jednotlivých měření. Z rovnice kalibrační křivky standardu katechinu (viz rovnice (2)) dosazením průměrných hodnot absorbcí byly vypočítány výsledné koncentrace flavonoidů v analyzovaných šípkových extraktech. Všechny naměřené a vypočítané hodnoty jsou vyobrazeny v grafu (obrázek 11).



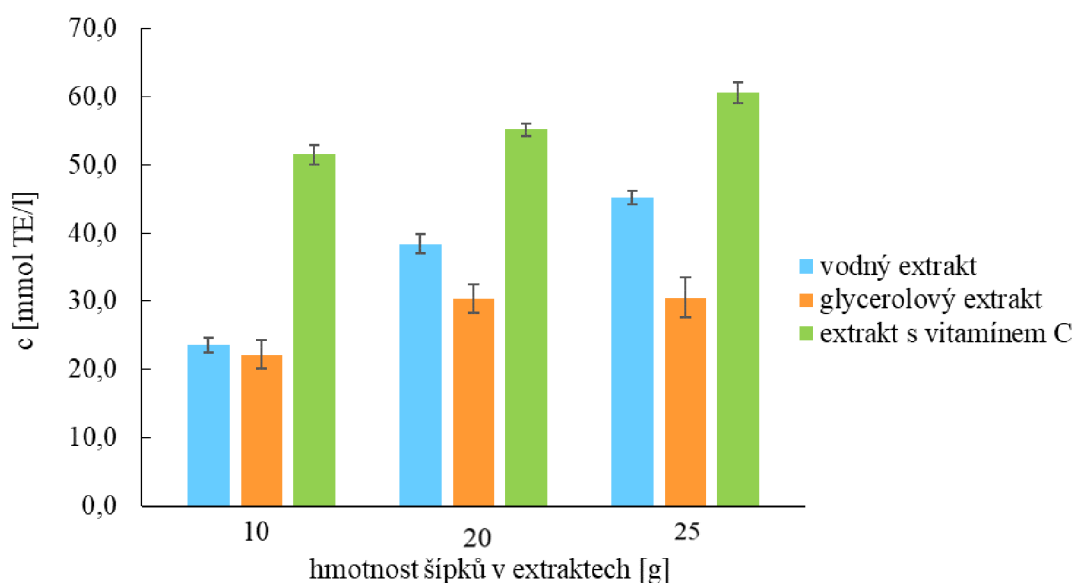
Obrázek 11: Výsledné koncentrace flavonoidů v analyzovaných šípkových extraktech



U šípkových extraktů s navázkou 10 g šípků se hodnoty koncentrací celkových flavonoidů pohybovaly v průměru okolo  $1,63 \pm 0,07$  g CAE/l. Dále pak u šípkových extraktů s navázkou 20 g šípků se hodnoty koncentrací celkových flavonoidů pohybovaly v průměru okolo  $3,75 \pm 0,09$  g CAE/l. Nakonec u šípkových extraktů s navázkou 25 g šípků se hodnoty koncentrací celkových flavonoidů pohybovaly okolo  $4,12 \pm 0,13$  g CAE/l. V průměru se naměřené hodnoty polyfenolů a flavonoidů od sebe liší zhruba o polovinu. Nižší výtěžky flavonoidů jsou způsobeny, tím že flavonoidy jsou podskupinou polyfenolů. V bakalářské práci [60] bylo v nejlépe hodnoceném (ze statistického hlediska) ethanolovém šípkovém extraktu s navázkou 40 g šípků naměřena koncentrace flavonoidů na hodnotu  $4,70 \pm 0,23$  g CAE/l. V porovnání s naměřenými výsledky v této diplomové práci se podařilo dosáhnout velmi podobných koncentračních hodnot (tj. 4,12 g CAE/l) flavonoidů již u naváжки 25 g šípků, a to z důvodu změny v postupu přípravy plodů růže šípkové pro louhování. Z výše uvedeného grafu je zřejmé, že nejvyšší koncentrace flavonoidů byly naměřeny v extraktech s navázkou 25 g šípků. Čím vyšší navážka šípků byla v extraktech louhována, tím vyšších koncentrací bylo dosahováno. Na naměřené hodnoty ze statistického hlediska neměl roztok, ve kterém byly šípky louhovány signifikantní vliv.

### 4.3 Stanovení antioxidační aktivity v šípkových extraktech

Pro stanovení celkové antioxidační aktivity v analyzovaných šípkových extraktech byla zvolena metoda zvaná TEAC (z angl. Trolox Equivalent Antioxidant Capacity). Tato metoda spočívá v reakci peroxidisíranu draselného a získání radikálového kationtu  $ABTS^{*+}$  a je metodou spektrofotometrickou. TEAC metoda byla provedena na všech devíti šípkových extraktech. Měření bylo pro každý vzorek provedeno celkem třikrát. Z naměřených hodnot byly vypočítány průměrné koncentrace antioxidačních látek pomocí kalibrační křivky (viz rovnice (3)) a směrodatné odchylky v jednotkách g/l. Následně byly tyto hodnoty převedeny na jednotky mmol TE/l. Všechny naměřené hodnoty jsou vyobrazeny v grafu (obrázek 12).

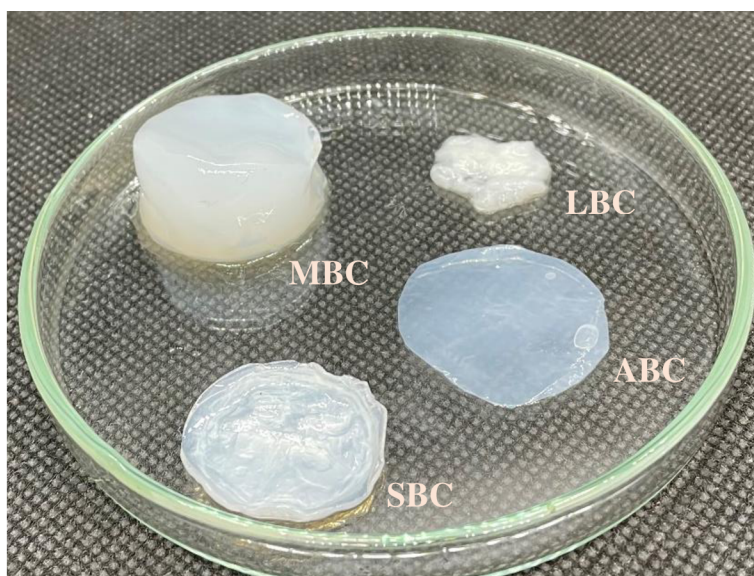


Obrázek 12: Výsledné koncentrace antioxidační aktivity v analyzovaných šípkových extraktech

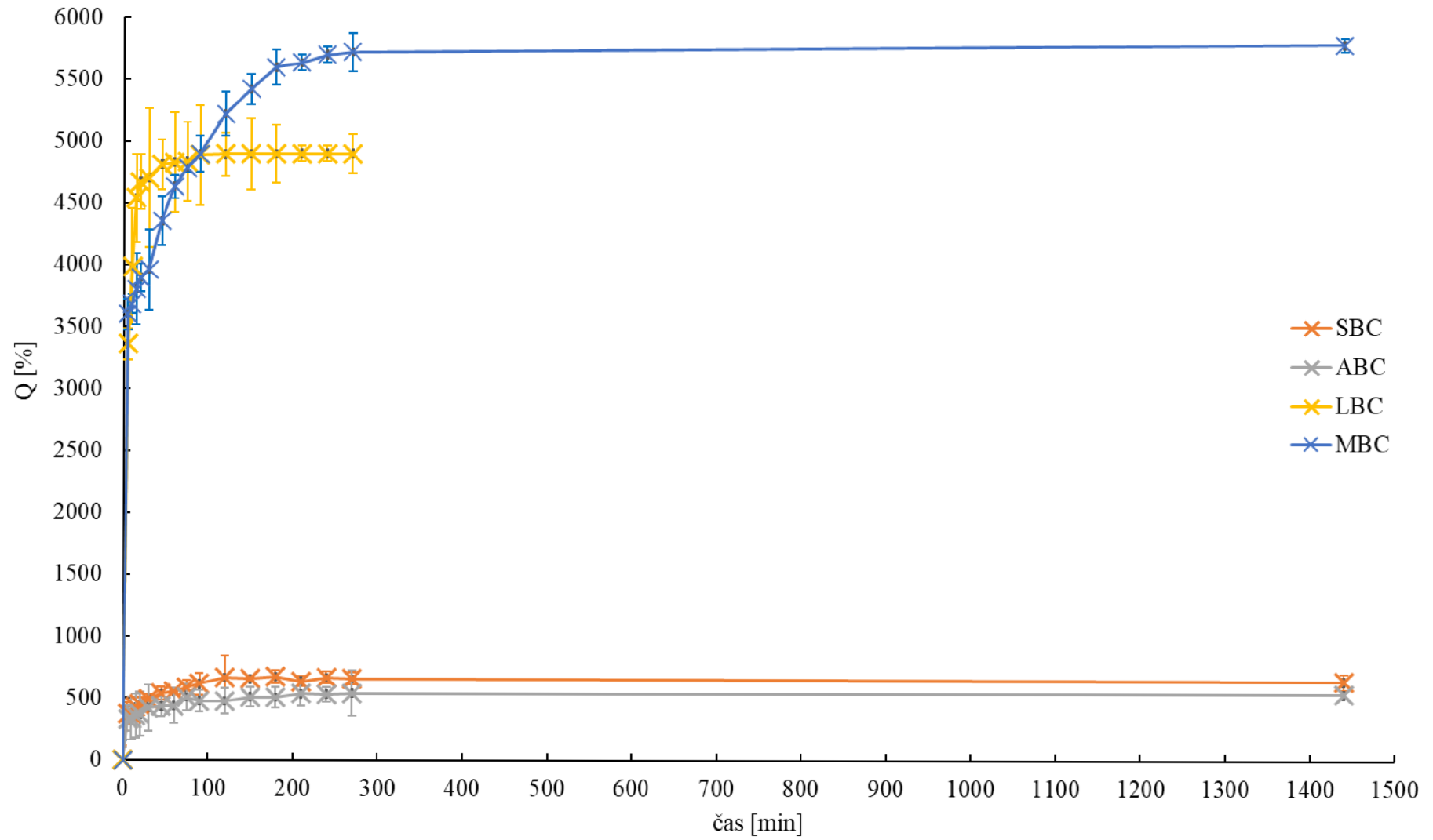
U šípkových extraktů s navázkou 10, 20 i 25 g šípků se hodnoty koncentrací celkových antioxidačních vlastností liší nejen z hlediska navážky šípkových plodů, ale také z hlediska použitého roztoku, ve kterém se šípky louhovaly. U vodného šípkového extraktu lze opět říci stejně jako u polyfenolů a flavonoidů, že čím vyšší navážka šípků byla louhována, tím vyšší hodnota antioxidační aktivity byla naměřena. Naopak u glycerolového extraktu je patrné, že na hodnotu antioxidačních vlastností měla navážka vliv pouze mezi extraktem s navázkou 10 a 20 g šípků. Při navýšení navážky na 25 g šípků se hodnota antioxidačních vlastností oproti navážce 20 g šípků příliš nenavýšila. U extraktů s přídavkem vitamínu C je opět vidět trend, kde čím vyšší navážka šípků byla louhována, tím vyšší hodnota antioxidačních vlastností byla naměřena. Z grafu (obrázek 12) je patrné, že extrakty s přídavkem vitamínu C vykazovaly nejvyšší antioxidační vlastnosti napříč navážkami. Studie od autorů Padayatty S. a kol. se zabývala analýzou vitamínu C a jeho vlastnostem. Ve studii bylo prokázáno, že vitamín C je vitamínem dobře rozpustným ve vodě, donorem elektronů, a tak dokáže vylučovat volné radikály. Díky těmto jeho vlastnostem bylo ve studii potvrzeno, že vitamín C má silné antioxidační vlastnosti, a proto použité extrakty s přídavkem vitamínu C v této diplomové práci vykazovaly dvojnásobně až trojnásobně vyšší antioxidační vlastnosti, než extrakty vodné či glycerolové [63].

#### 4.4 Stupeň bobtnání

Jednou z předních vlastností bakteriální celulózy je schopnost zadržovat a vázat vodu. Při studii stupně bobtnání jednotlivých vzorků bakteriálních celulóz bylo cílem zjistit, která z nich má největší potenciál schopnosti vodu vázat a následně ji ve své struktuře zadržet. Dalším cílem bylo zjistit, za jaký čas se bobtnání jednotlivých druhů bakteriálních celulóz ustálí. Jednotlivé druhy bakteriálních celulóz byly přichystány dle postupu (viz kapitola 3.8). Na obrázku 5 jsou vyfoceny jednotlivé druhy před analýzou bobtnání, na obrázku 13 lze vidět objemový rozdíl jednotlivých druhů bakteriálních celulóz po ukončení analýzy bobtnání po 24 hodinách.



Obrázek 13: Jednotlivé druhy BC po 24 hodinách bobtnání (viz tabulka 3): MBC–hydrogel; LBC–lyofilizovaná; SBC–suchá; ABC – s alginátovým komponentem



Obrázek 14: Bobtavý profil  $Q$  jednotlivých druhů BC

Na obrázku 14 jsou graficky znázorněny jednotlivé bobtnavé profily Q analyzovaných bakteriálních celulóz v procentech. Z grafu je patrné, že nejnižší stupeň bobtnavosti má vzorek ABC. O něco málo vyšší stupeň bobtnavosti byl naměřen u vzorku SBC. Naproti tomu vzorky LBC a MBC vykazovaly mnohonásobně vyšší stupeň bobtnavosti než vzorky předešlé. Důvodem, že vzorek ABC vykazoval nejnižší stupeň bobtnání může být to, že díky přidanému alginátovému komponentu byla pozměněna struktura i poréznost tohoto vzorku BC. Proto se do struktury tohoto vzorku nepodařilo naabsorbovat stejně velké množství vody jako u vzorků ostatních BC. Naproti tomu vzorek LBC vykazoval spolu s MBC vysoký stupeň bobtnavosti, jelikož se jedná pouze o čisté formy BC. U vzorku LBC byla také díky úpravě (viz kapitola 3.7) dosažena vysoká poréznost, proto tento vzorek vykazoval vyšší stupeň bobtnání, než vzorek SBC a ABC. V článku od autorů Ul-Islam M. a kol. byla studována kapacita zadržování a uvolňování vody v různých typech bakteriálních celulóz. Bylo zjištěno, že tyto vlastnosti BC závisí hlavně na velikosti pórů BC. V článku byla studována bakteriální celulóza se zabudovaným komponentem chitosanu do její struktury. Ze snímků pomocí analýzy SEM bylo zjištěno, že zabudováním chitosanového komponentu do BC se snížil objem, velikost i plocha pórů. V porovnání s čistou BC byly zjištěny změny ve fyzikálních vlastnostech modifikované BC chitosanem. Stejně tak mohlo dojít ke strukturální změně u vzorku ABC, a proto schopnost zadržování vody a absorpce vody byla u toho vzorku naměřena s nejnižšími hodnotami [64].

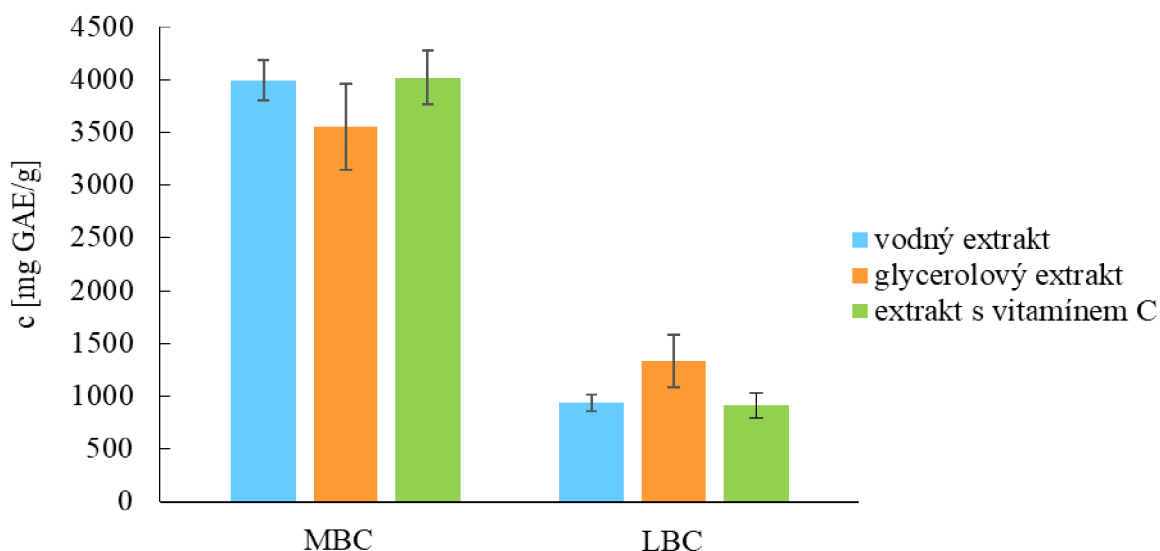
Z grafu (obrázek 14) lze také vyčíst, že nejrychlejší nárůst stupně bobtnání byl v prvních dvou hodinách měření. Po uplynutí dvou hodin se stupeň bobtnání u vzorků SBC a ABC pomalu ustálil na stejnou hodnotu. Při proměření těchto dvou vzorků po 4 až 24 hodinách lze z grafu vyčíst, že se stupeň bobtnání již neměnil. U vzorků LBC a MBC lze vidět, že stupeň bobtnavosti měl také největší nárůst v prvních dvou hodinách. Bohužel však díky vysoké pórovitosti a struktuře vzorku LBC se vzorek po 24 hodinách rozpadl, a nebylo tak možné přesně zvážit rozdíl mezi původní a konečnou vahou. Vzorek MBC vykazoval zvyšování stupně bobtnavosti i po 4 hodinách měření. Všechny proměřené vzorky BC však po uplynutí 4 až 24 hodin nenavyšovaly svůj stupeň bobtnavosti a tato hodnota byla ustálena. Lze tedy říci, že dostačující doba modifikace bakteriálních celulóz šípkovými extrakty jsou 4 hodiny, jelikož po uplynutí této doby se stupeň bobtnání a absorpce roztoků bakteriálními celulózami ustálí na konečnou hodnotu.

#### **4.5 Charakterizace bioaktivních látek v modifikovaných bakteriálních celulózách**

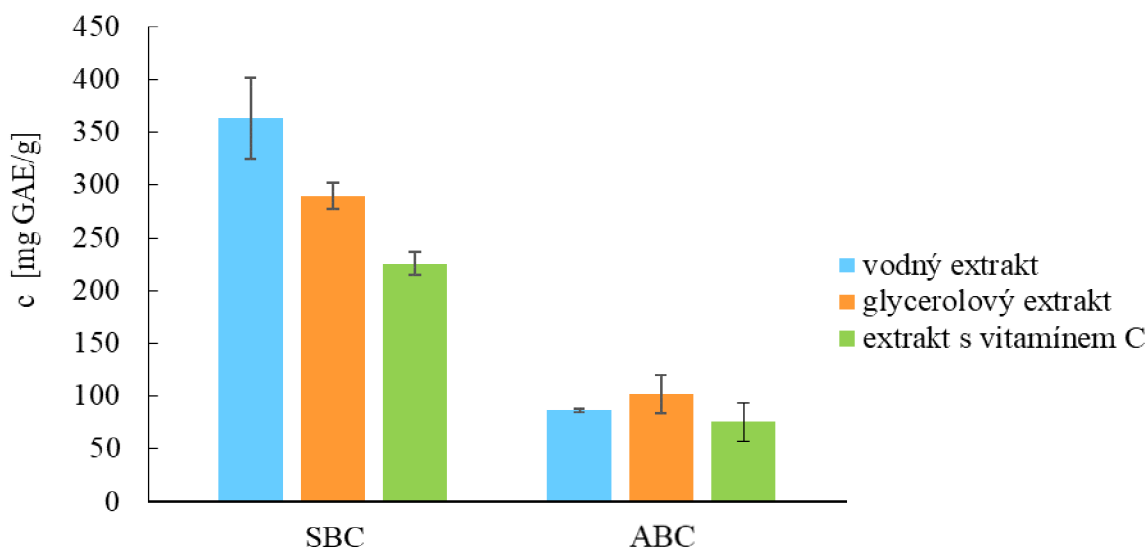
Modifikace BC byla provedena celkem třikrát dle postupu z kapitoly 3.9. Stanovení obsahu bioaktivních látek v modifikovaných vzorcích BC probíhalo pomocí spektrofotometrických metod (viz kapitoly 3.4; 3.5; 3.6 a 3.7). Všechny naměřené hodnoty byly zprůměrovány, dále byly vypočítány směrodatné odchylky. Všechny naměřené hodnoty jsou uvedeny v grafech viz níže.

#### 4.5.1 Polyfenoly a flavonoidy

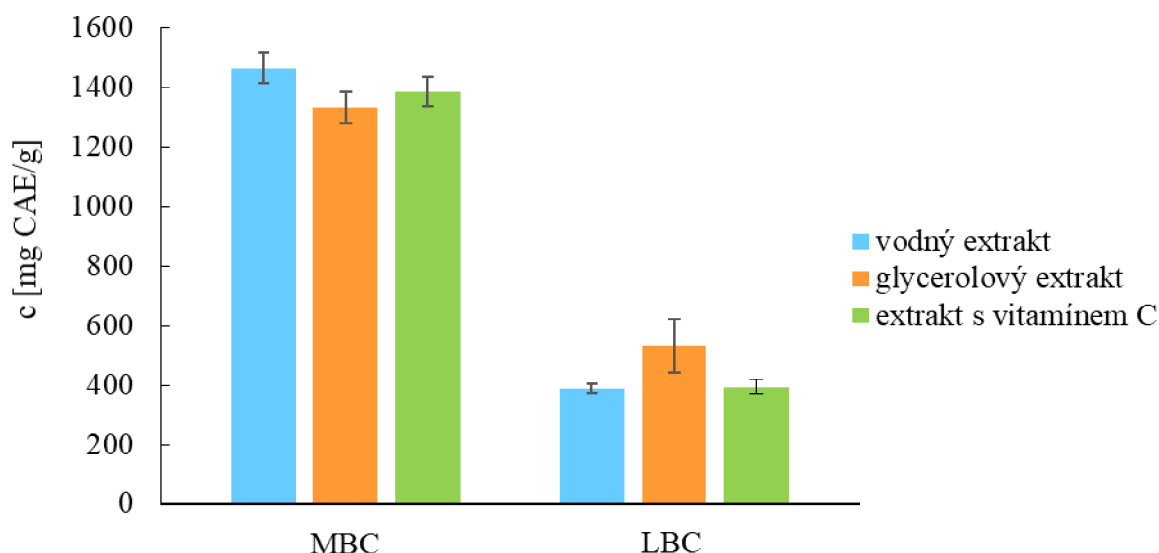
Pro modifikaci jednotlivých druhů BC šípkovými extrakty a stanovení celkového množství polyfenolů a flavonoidů absorbovaných do struktury BC byly vybrány všechny tři druhy extraktů (tj. vodný, glycerolový a s přidavkem vitamínu C) s navázkou 25 g šípků. Tyto extrakty byly vybrány, jelikož obsahovaly nejvyšší koncentrace polyfenolů i flavonoidů oproti navázkám 10 a 20 g šípků. Všechna naměřená data byla zpracována ve formě grafů uvedených níže.



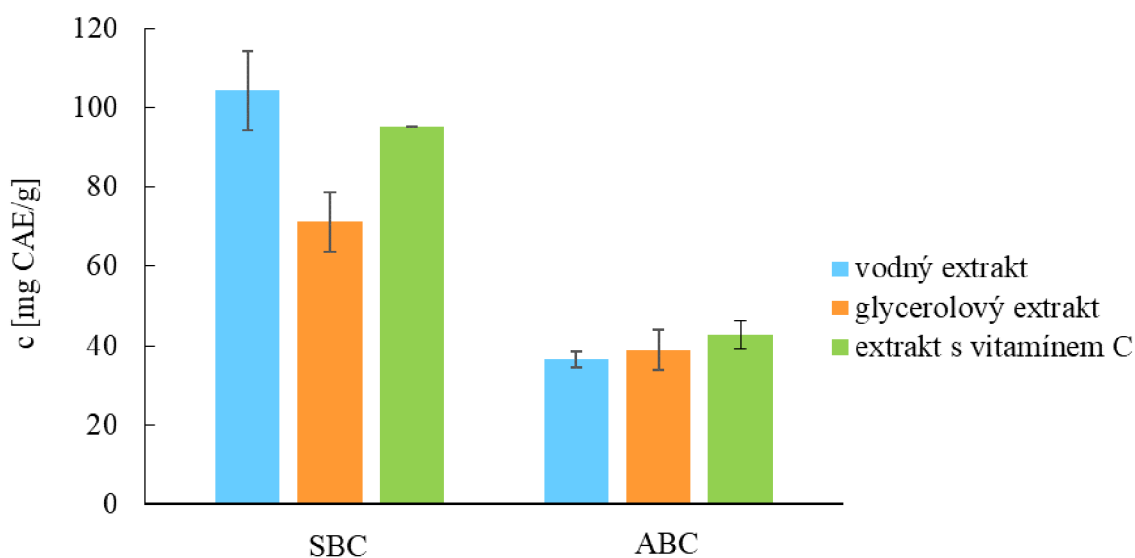
Obrázek 15: Výsledné koncentrace polyfenolů namodifikovaných v jednotlivých druzích BC: MBC–hydrogel; LBC–lyofilizovaná



Obrázek 16: Výsledné koncentrace polyfenolů namodifikovaných v jednotlivých druzích BC: SBC–suchá; ABC – s alginátovým komponentem



Obrázek 17: Výsledné koncentrace flavonoidů namodifikovaných v jednotlivých druzích BC: MBC–hydrogel; LBC – lyofilizovaná



Obrázek 18: Výsledné koncentrace flavonoidů namodifikovaných v jednotlivých druzích BC: SBC–suchá; ABC – s alginátovým komponentem

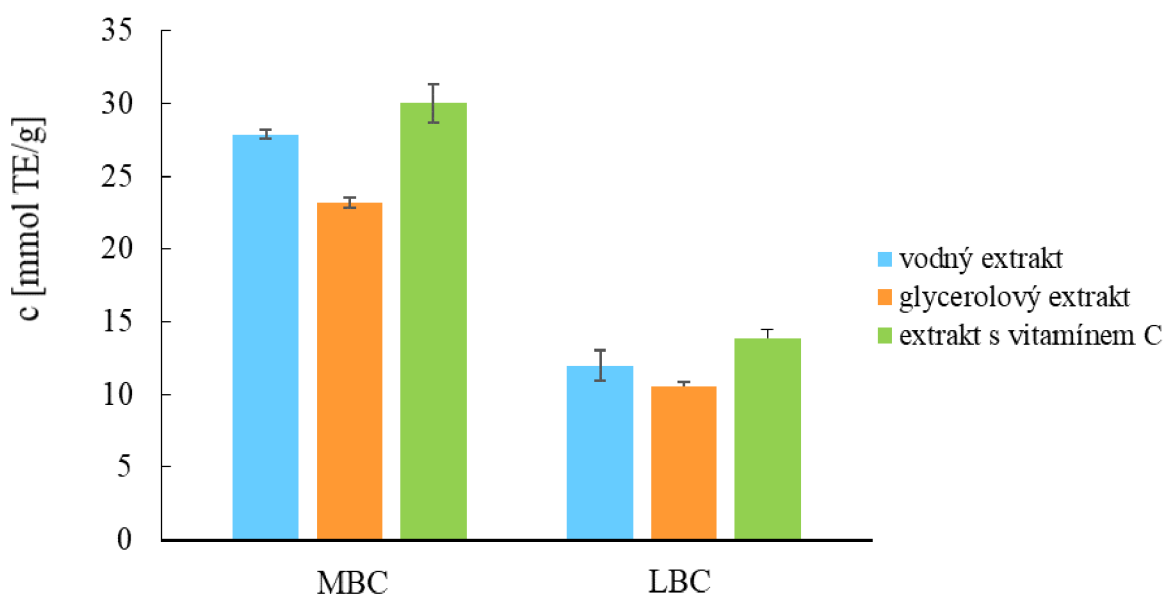
Z grafů (obrázek 15 a obrázek 16) je patrné, že do vzorku MBC se podařilo namodifikovat největší množství polyfenolů oproti vzorku LBC, SBC a ABC. Vzorek BC, do kterého se podařilo namodifikovat nejméně polyfenolů z šípkových extraktů byl vzorek ABC. V kapitole 4.4 se podařilo do vzorku MBC namodifikovat taktéž nejvíce vody a u vzorku ABC nejméně. Tento trend se zde opakuje, jelikož u vzorku ABC díky alginátovému komponentu mohla být pozmeněna struktura BC s čímž souvisí změny fyzikálních vlastností jako je právě zadržování vody. Vzorek MBC a SBC, tedy čisté formy BC do své struktury dokázaly namodifikovat největší množství polyfenolů z vodných šípkových extraktů. U vzorku MBC bylo dosaženo podobných hodnot namodifikovaných polyfenolů z extraktu s přidavkem

vitamínu C jako u vodného šípkového extraktu. Vitamin C je vitamin dobře rozpustný ve vodě, a proto se do struktury MBC podařilo namodifikovat i tento druh extraktu. U vzorku SBC mohla být sušením pozměněna struktura BC a velikost pórů, a proto se v porovnání s MBC nepodařilo extrakt s vitamínem C namodifikovat do struktury BC v takové míře, jako u vzorku MBC. U vzorku LBC se podařilo namodifikovat největší množství flavonoidů právě u šípkového extraktu s glycerolem, jelikož díky jeho přípravě vzniká vysoce porézní struktura, a proto se glycerol dokázal namodifikovat do struktury tohoto vzorku BC. Při celkovém zhodnocení v porovnání mezi jednotlivými použitými druhy BC a druhy extraktů však vykazoval MBC nejlepších koncentrací namodifikovaných polyfenolů.

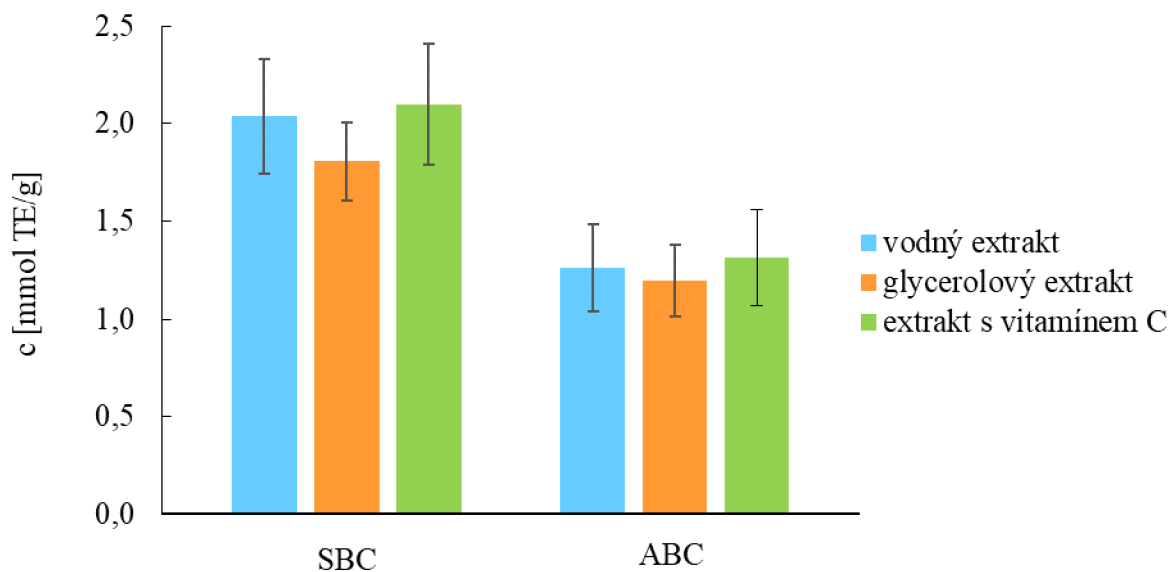
Z grafů (obrázek 17 a obrázek 18) lze vyčíst, že vzorek MBC opět naabsorboval největší množství flavonoidů oproti vzorkům LBC, SBC a ABC. Vzorek BC, který naabsorboval nejnižší koncentraci flavonoidů z šípkových extraktů byl vzorek ABC. Z výše uvedených grafů je tedy zřejmé, že koncentrace naabsorbovaných flavonoidů napříč použitými vzorky BC kopírují trend naabsorbovaných polyfenolů.

#### 4.5.2 Antioxidační aktivita

Pro modifikaci jednotlivých druhů BC šípkovými extrakty a pro stanovení celkového množství antioxidační aktivity namodifikovaného do struktury BC byly vybrány extrakty všechny tři druhy extraktů (tj. vodný, glycerolový a s přídavkem vitamínu C) s navázkou 25 g šípků. Tyto extrakty byly vybrány, jelikož obsahovaly nejvyšší koncentrace antioxidačních vlastností oproti navázkám 10 a 20 g šípků. Všechna naměřená data byla zpracována ve formě grafů uvedených níže.



Obrázek 19: Naměřená antioxidační aktivita obsažena v jednotlivých druzích BC po modifikaci extraktem: MBC–hydrogel; LBC – lyofilizovaná

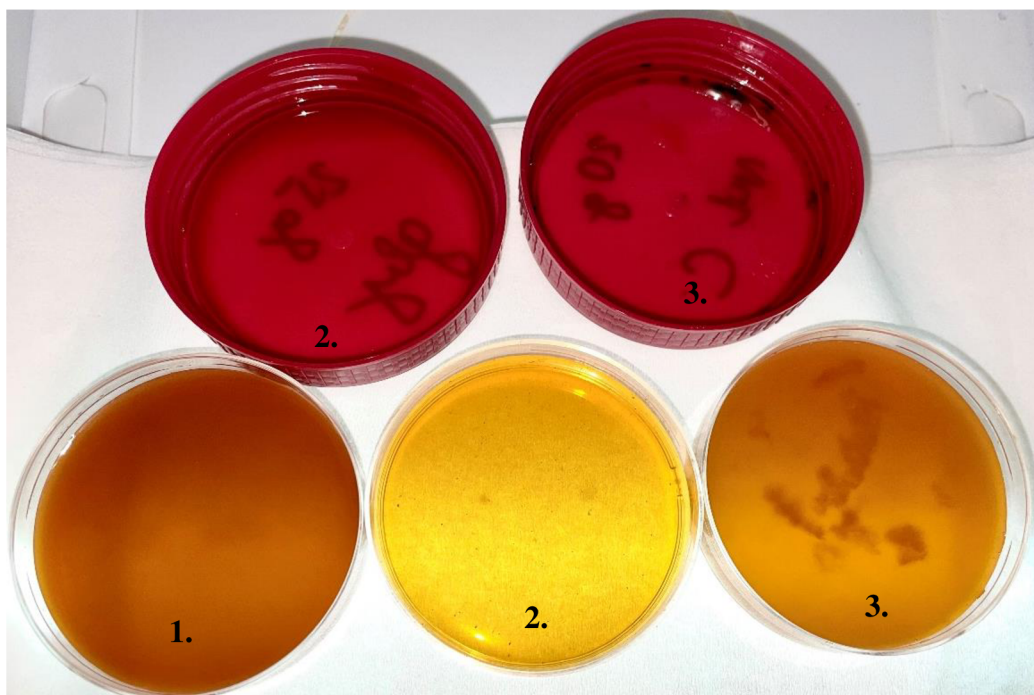


Obrázek 20: Naměřená antioxidační aktivita obsažena v jednotlivých druzích BC po modifikaci extraktem: SBC–suchá; ABC – s alginátovým komponentem

U stanovení antioxidačních vlastností je z grafů (obrázek 19 a obrázek 20) patrné, že hodnoty naměřené antioxidační aktivity byly vždy nejvyšší v případě použitého extraktu s přidavkem vitamínu C. Vitamín C má vysoké antioxidační schopnosti, proto byly výsledné hodnoty antioxidační aktivity napříč použitými extrakty vyhodnoceny jako nejvyšší. Avšak při porovnání výsledných hodnot antioxidační aktivity vodného šípkového extraktu a extraktem s přidavkem vitamínu C po modifikaci se výsledné hodnoty v jednotlivých druzích BC signifikantně nelišily, jako tomu bylo při analýzách samotných šípkových extraktů před modifikací. Při porovnání šípkového vodného extraktu a extraktu s přidavkem vitamínu C bylo tedy zjištěno, že vzhledem k požadovaným antioxidačním vlastnostem kosmetické masky na obličej má vodný šípkový extrakt dostačující množství antioxidantů, které dokáže BC naabsorbovat. Zároveň bylo zjištěno, že vitamín C přidaný do extraktu z růže šípkové při dlouhodobém uchování pro analýzy neměl dostačující antimikrobiální účinky oproti vodným šípkovým extraktům s 0,1% přidavkem parabenů a byl kontaminován (viz obrázek 21). V článku od autorů Bodea Ioana M. a kol. byly pro výrobu bakteriálních celulóзовých filmů použity extrakty z bylin. Vzorky ve formě hydrogelů bakteriálních celóz byly nejprve zbaveny přebytečné vody a ponechány louhovat po dobu 24 hodin v bylinných extraktech stejně tak, jako tomu bylo v této diplomové práci. V článku byly vyhodnoceny antioxidační i antimikrobiální vlastnosti těchto biocelulóзовých filmů a bylo zjištěno, že bakteriální celulóza je vhodným kandidátem pro absorpci bylinných extraktů. Pomocí SEM analýzy bylo zjištěno, že struktura čisté bakteriální celulózy se skládá z vláken, které tvoří jemnou síť s průměrem vlákna od 11 do 174 nm. Z SEM analýzy bylo také potvrzeno, že matrice bakteriální celulózy se skládá z náhodně uspořádaných nanovláken a prázdných prostorů rozložených náhodně mezi nimi. Čistá bakteriální celulóza je tedy 3D fibrilární pórovitá síť.



Díky takto uspořádané struktuře je možné bakteriální celulózu modifikovat a následně z ní uvolňovat bioaktivní látky nejen bylinnými extrakty jako tomu bylo v již zmiňovaném článku, ale také například šípkovými extrakty použitých v této diplomové práci [65].



Obrázek 21: Šípkové extrakty s navázkou 25 g šípků po uchování při 4 °C po dobu 14 dní: 1. vodný šípkový extrakt; 2. glycerolový šípkový extrakt; 3. šípkový extrakt s přidávkem vitamínu C

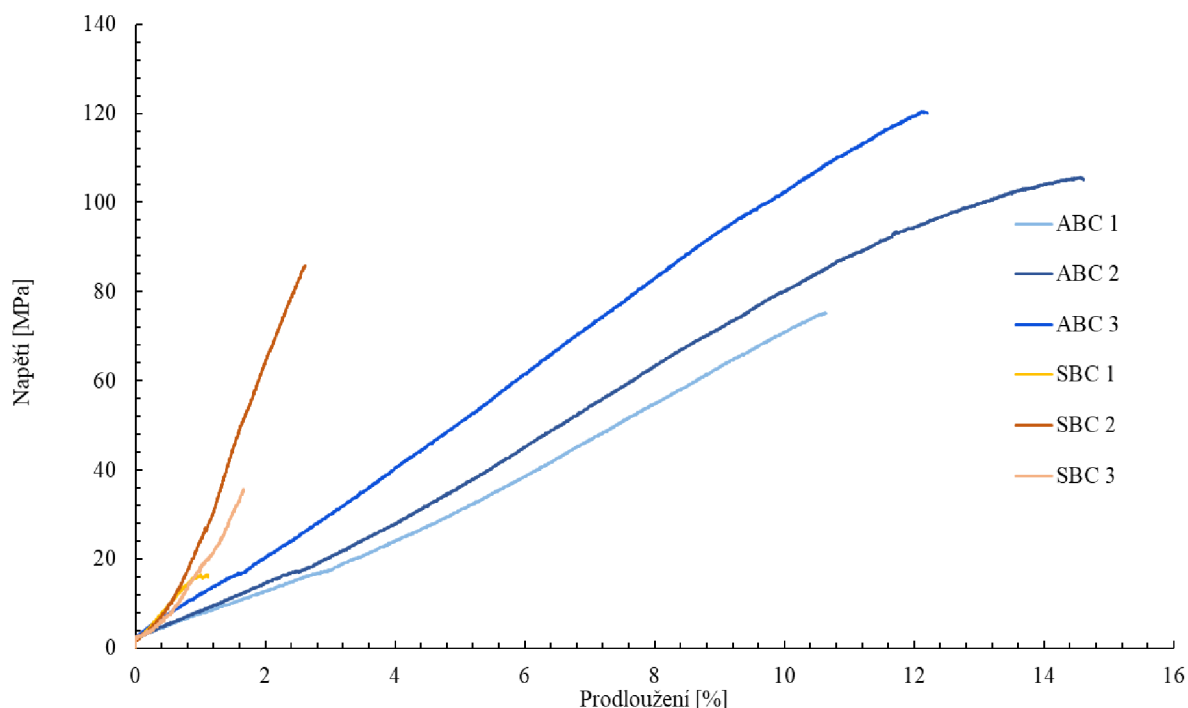
#### 4.6 Stanovení mechanických vlastností kosmetické masky

Pro zjištění mechanických vlastností kosmetické pleťové masky byl využitý statický zkušební měřicí přístroj vhodný pro vzorky na suché bázi. Zkušebnímu statickému přístroji byly podrobeny dva vzorky bakteriálních celulóz, a to vzorek SBC – suchá bakteriální celulóza a vzorek ABC – bakteriální celulóza s alginátovým komponentem. Analyzované vzorky byly podrobeny měření celkem třikrát. Naměřené hodnoty byly zprůměrovány, byly vypočítány směrodatné odchylky a jsou uvedeny v tabulce 4. Vzorek MBC–hydrogel, tomuto měření nebyl podroben, a to z důvodu, že se jedná o vlhké provedení vzorku. Vzorek LBC – lyofilizovaná bakteriální celulóza tomuto měření taktéž nebyl podroben, jelikož se při manipulaci a snaze o vyražení lopatek rozpadal sám díky vysoké pórovitosti a struktuře.

Tabulka 4: Naměřené hodnoty mechanických vlastností vzorků ABC – s alginátovým komponentem a SBC – suchá bakteriální celulóza pomocí statického zkušebního přístroje

vzorek	Youngův modul pružnosti [MPa]	mez pevnosti při přetržení [MPa]	tažnost [%]
ABC	792,20 ± 183,47	99,59 ± 19,29	12,48 ± 1,64
SBC	1088,11 ± 356,59	45,82 ± 29,48	1,80 ± 0,75

Za pomoci měřicího přístroje pro statické jednoosé zatěžování byly provedeny jednotlivé experimenty a následně vypočteny hodnoty Youngova modulu pružnosti  $E$  [MPa] a mez pevnosti při přetržení  $\sigma$  [MPa]. Každé měření bylo provedeno při laboratorní teplotě. Youngův modul pružnosti je možné chápat jako měřítko tuhosti materiálu čili schopnost odolat změně tvaru pod zatížením. Čím je jeho hodnota vyšší tím je tuhost materiálu taktéž vyšší, což znamená menší deformaci při zatížení. Mez pevnosti v tahu udává nejvyšší napětí v směru zatížení, které materiál snese před trvalým plastickým poškozením tzn. před tím, než je jeho deformace nevratná. Pokud se zkušební vzorek dostane nad tuto mez dochází k jeho praskání či dokonce přetržení. Z tabulky 4 je patrné, že suchá bakteriální celulóza SBC má hodnotu  $E_{SBC} = 1088,11$  MPa, naproti tomu vzorek s alginátovým komponentem ABC má hodnotu Youngova modulu pouze  $E_{ABC} = 792,20$  MPa. Tyto hodnoty vypovídají o tom, že vzorek ABC se při stejném napětí zdeformoval více než vzorek SBC. Avšak víc vypovídající, respektive lépe pochopitelný parametr je mez pevnosti při přetržení. Jelikož je potřebné brát na zřetel, že se jedná o kosmetickou masku na obličej, je cílem zabezpečit, aby se maska při aplikaci trhala co nejméně. O tom právě vypovídá parametr  $\sigma$ , který pro vzorek SBC nabývá hodnot  $\sigma_{SBC} = 45.82$  MPa a pro vzorek s alginátovým komponentem ABC nabývá hodnot  $\sigma_{ABC} = 99.59$  MPa. Z toho je patrné, že vzorek ABC má více než dvojnásobnou mez pevnosti. V realitě to znamená, že pokud bude pro výrobu kosmetické masky využita bakteriální celulóza s alginátovým komponentem, pak se bude maska deformovat o něco více vzhledem k nižšímu Youngovu modulu. Zároveň odolá o mnoho vyššímu stupni natahování při aplikaci na pleť, než dojde k jejímu přetržení.



Obrázek 22: Graf v závislosti napětí na prodloužení pro vzorky ABC a SBC

Graf (obrázek 22) popisuje závislost napětí na poměrném prodloužení zkušebních lopatek v procentech. Je zde zcela zřetelně vidět již opomínanou mez pevnosti pro jednotlivé vzorky. Z průběhu grafu je vidět, že ABC vzorky jsou schopné vydržet vyšší napětí s větším prodloužením.

#### 4.7 Analýza pomocí přístroje Visioscope 35

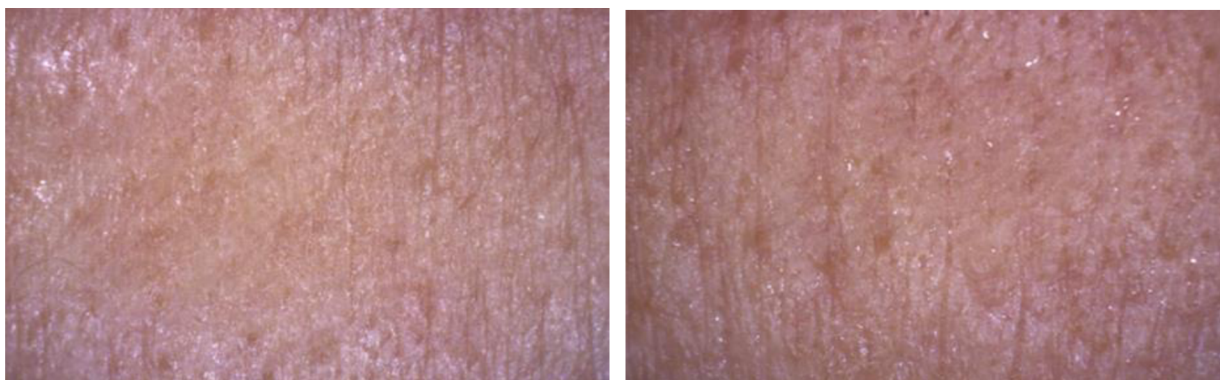
Pro analýzu pleti pomocí přístroje Visioscope 35 byl vybrán vzorek bakteriální celulózy MBC, jelikož v porovnání s ostatními vzorky BC vykazoval nejlepší schopnost modifikace šípkovým extraktem napříč všemi použitými extrakty. Pro zjištění případné alergické reakce na pleti byly nanесeny kosmetické masky do loketní jamky s negativním výsledkem. Dále byly sledovány dva parametry, a to parametr vizuální a parametr deskvamace.



*Obrázek 23: Vlevo pleť před použitím a vpravo po použití kosmetické masky (vodný extrakt)*



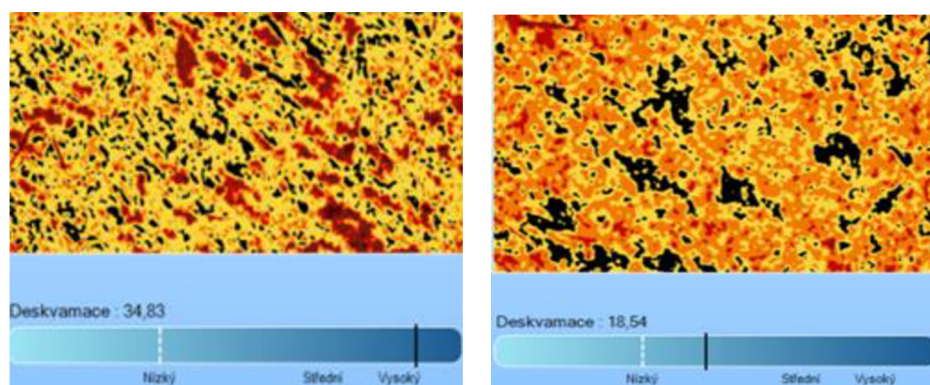
*Obrázek 24: Vlevo pleť před použitím a vpravo po použití kosmetické masky (glycerolový extrakt)*



*Obrázek 25: Vlevo pleť před použitím a vpravo po použití kosmetické masky (extrakt s vitamínem C)*

Na fotografii (viz obrázek 23) lze vidět, že po sejmutí kosmetické masky s vodným extraktem na pleti zůstaly rezidua namodifikovaného extraktu. Stejně tak tomu bylo po použití kosmetické masky s extraktem s přidavkem vitamínu C (viz obrázek 25).

Po použití kosmetické masky s glycerolovým extraktem lze vidět, že na pleti zůstal jemný glycerolový film (viz obrázek 24), který způsobil odlesk na pleti. Při analýze vizuálního parametru nebyl u žádné kosmetické masky signifikantní rozdíl ve struktuře pleti před použitím a po použití masek bez ohledu na použitý extrakt pro výrobu finální masky. Proto byla rezidua kosmetických masek vždy vmasírována do pleti a ponechána po dobu 5 minut absorbovat do pleti. Následně byly na tyto místa na pleti naneseny speciální pásy Corneofix a byla provedena analýza deskvamace pokožky (viz obrázek 26). Všechny naměřené hodnoty pomocí přístroje Visioscope 35 jsou uvedeny v tabulce 5.



Obrázek 26: Ukázka z měření hodnot deskvamace pomocí přístroje Visioscope 35 a folii Corneofix: vlevo před a vpravo po použití kosmetické masky (glycerolový extrakt)

Tabulka 5: Naměřené hodnoty deskvamace pomocí přístroje Visioscope 35 a folii Corneofix

typ extraktu	hodnota deskvamace [-]	
	před použitím kosmetické masky	po použití kosmetické masky
vodný extrakt	31,57	23,46
glycerolový extrakt	34,83	18,54
extrakt s vitamínem C	31,02	26,62

Po přilnutí pásy Corneofix k pokožce přilnou odumřelé kožní buňky na adhezivní stranu pásy. Po sejmutí pásy Corneofix lze pomocí přístroje Visioscope 35 vyhodnotit deskvamaci pokožky. Pokud je pokožka dehydratovaná, vyznačuje se ztlustěnými šupinami a šupinkami různých velikostí. Při správné hydrataci mají korneocyty strukturu pravidelnou [58]. Čím nižší je hodnota deskvamace, tím více je pleť hydratovaná. Z tabulky 5 lze vyčíst, že kosmetická maska s glycerolovým extraktem vykazovala nejlepší hydratační vlastnosti oproti kosmetické masce s vodným extraktem a extraktem s vitamínem C. Glycerol se v kosmetice používá často jako hydratační složka do nejrůznějších produktů, a proto tento typ kosmetické masky vykazoval nejlepší schopnosti hydratace. Napříč analyzovanými kosmetickými maskami na bázi bakteriální celulózy lze taktéž z tabulky 5 vyčíst, že došlo vždy ke snížení původních hodnot deskvamace, tudíž kosmetická maska by mohla mít nejen antioxidační vlastnosti, ale potenciálně i hydratační.

## 5 ZÁVĚR

Díky mnoha svým vlastnostem je bakteriální celulóza velmi slibným materiálem se širokým využitím a není tomu jinak ani při kosmetických maskách. Tato diplomová práce se zaměřovala na vytvoření použitelného prototypu obličejové masky na bázi bakteriální celulózy s antioxidačními vlastnostmi. V teoretické části byly popsány různé ingredience používané pro výrobu kosmetických masek. Bylo zjištěno, že samotný výběr ingrediencí má zásadní vliv na specifický účinek, který bude mít maska na pokožku. Jako zdroj antioxidačních látek byly připraveny extrakty z plodů růže šípkové (*Rosa Canina L.*), které se mezi sebou lišily v navážce šípků, ale také v použitých přídavcích a konzervantech. V experimentální části bylo za cíl nejprve podrobit připravené extrakty spektrofotometrickým metodám a následně vybrat šípkové extrakty s nejvyšším obsahem antioxidačních látek, tedy polyfenolů a flavonoidů. Bylo zjištěno, že s navážkou šípků, rostla antioxidační aktivita, proto byly v této práci dále analyzovány pouze vzorky s navážkou 25 g šípků. Při porovnání jednotlivých šípkových extraktů bylo také zjištěno, že vodný extrakt s přídavkem vitamínu C spolu s vodným šípkovým extraktem s přídavkem 0,1% parabenů, vykazovaly nejvyšší antioxidační hodnoty. Avšak při dlouhodobém uchování se přídavek vitamínu C neosvědčil jako dostačující konzervant, jelikož došlo ke kontaminaci extraktu.

Druhá část experimentální práce byla věnována modifikaci těchto vybraných extraktů do čtyř vzorků bakteriálních celulóz, které zde byly použity jako nosiče aktivních látek. Z analýzy stupně bobtnání bylo zjištěno, že optimální doba pro dostatečnou absorpci bioaktivních látek do struktury bakteriální celulózy jsou 4 hodiny. Bylo prokázáno, že bakteriální celulóza díky svým vlastnostem dokáže absorbovat aktivní látky obsažené v extraktech a fungovat jako nosič antioxidačních látek.

V dalších krocích této závěrečné práce pak bylo zjištěno, že nejlepší schopnost absorbovat aktivní látky vykazoval vzorek bakteriální celulózy ve formě hydrogelu a to napříč použitými extrakty. Průměrná hodnota antioxidační aktivity u toho vzorku byla vypočítána na 27,01 mmol TE/g. Vzorek lyofilizované bakteriální celulózy taktéž vykazoval, dobrou schopnost absorpce napříč všemi použitými extrakty, avšak jeho vysoce pórovitá struktura způsobovala rozpad vzorku při manipulaci a aplikaci na obličej. U vzorku suché bakteriální celulózy byla průměrná hodnota antioxidační aktivity napříč extrakty vypočítána na hodnotu 1,98 mmol TE/g, což je zhruba 13x méně než u vzorku hydrogelu. Podobné hodnoty vykazoval i vzorek bakteriální celulózy s alginátovým komponentem, jelikož vlivem sušení bakteriální celulózy nebo přidáním alginátového komponentu mohlo dojít ke změně jejich struktury tudíž ke snížení jejich pórovitosti a schopnosti vysoké absorpce.

Při proměření mechanických vlastností bylo zjištěno, že vzorek bakteriální celulózy s přídavkem alginátu oproti suché bakteriální celulóze odolá vyššímu napětí, než se dostane na svoji mez pevnosti. Avšak díky jeho nedostačujícím absorpčním schopnostem byl vyřazen pro další analýzy. Z výše uvedených důvodů byl pro následující analýzu pomocí přístroje Visioscope 35 vybrán vzorek bakteriální celulózy ve formě hydrogelu.

Při analýze pomocí přístroje Visioscope 35 byly sledovány dva parametry, a to vizuální parametr a parametr deskvamace. Bylo zjištěno, že po aplikaci jednotlivých kosmetických masek došlo ke zlepšení hodnoty deskvamace bez ohledu na použitý extrakt, tudíž by tato kosmetická maska mohla mít nejen antioxidační ale potenciálně i hydratační vlastnosti a mohla by najít uplatnění v kosmetickém průmyslu.

Výsledkem předložené závěrečné práce je prototyp kosmetické obličejové masky s antioxidačním účinkem, který byl reálně podroben několika zkouškám a v závěru i otestován na lidské pokožce. Z tohoto hlediska má navrhovaná maska perspektivní budoucnost a otázkou zůstává jenom její cena, která se může odvíjet od několika faktorů jako je například zdroj ingrediencí plodů růže šípkové nebo cena samotné bakteriální celulózy.

## 6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ROZSÍVALOVÁ, Věra, 2010. *Kosmetika I pro studijní obor Kosmetička. 2.*, aktualiz. vyd. Praha: Informatorium. ISBN 978-80-7333-080-4
- [2] The Origin and History of Cosmetic Face Masks, 2017. <https://chicchiq.com/> [online]. 2017 [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://chicchiq.com/the-origin-and-history-of-cosmetic-face-masks/>
- [3] LIU, B.-S., S.-N. LIN, C.-W. LIEN a H.-H. LAI, 2014. Determined the critical factors of facial mask products and size design. *2014 IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology* [online]. IEEE, 2014, 145-150 [cit. 2023-01-02]. ISBN 978-1-4799-5529-9. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6942416/>
- [4] MOHAMED, Sarah A. a Rachel HARGEST, 2022. Surgical anatomy of the skin. *Surgery (Oxford)* [online]. **40**(1), 1-7 [cit. 2022-05-06]. ISSN 02639319. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0263931921002660>
- [5] ČIHÁK, Radomír, 2016. *Anatomie*. Třetí, upravené a doplněné vydání. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-5636-3.
- [6] BALKO, Jan, Zbyněk TONAR a Ivan VARGA, 2017. *Memorix histologie*. 2. vydání. Praha: Triton. ISBN 978-80-7553-249-7.
- [7] ZAJÍČEK, Robert a Peter GÁL, [2018]. *Jizva nejen v popáleninové medicíně*. Třetí, upravené a doplněné vydání. Praha: Mladá fronta. Aeskulap. ISBN 978-80-204-4721-0.
- [8] DYLEVSKÝ, Ivan a Peter GÁL, 2000. *Somatologie*. Vyd. 2. (přepřac. a dopl.). Olomouc: Epava. Aeskulap. ISBN 80-862-9705-5.
- [9] MAĎA, Patrik a Josef FONTANA. Termoregulace. <http://fbt.cz/> [online]. 3. LF [cit. 2023-01-02]. Dostupné z: <http://fbt.cz/skripta/xi-regulacni-mechanismy-1-endokrinni-regulace/11-termoregulace/>
- [10] PETROVICKÝ, Pavel, 2002. *Anatomie s topografií a klinickými aplikacemi*. 3. svazek. Osveta. ISBN 978-80-8063-048-8.
- [11] NILFOROUSHZADEH, Mohammad Ali, Mohammad Amir AMIRKHANI, Payam ZARRINTAJ, Abolfazl SALEHI MOGHADDAM, Tina MEHRABI, Shiva ALAVI a Mahsa MOLLAPOUR SISAKHT, 2018. Skin care and rejuvenation by cosmeceutical facial mask. *Journal of Cosmetic Dermatology* [online]. **17**(5), 693-702 [cit. 2022-05-06]. ISSN 14732130. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jocd.12730>
- [12] LIU, B.-S., S.-N. LIN, C.-W. LIEN a H.-H. LAI, 2014. Determined the critical factors of facial mask products and size design. *2014 IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology* [online]. IEEE, 2014, 145-150 [cit. 2023-05-01]. ISBN 978-1-4799-5529-9. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6942416/>

- [13] CHOI, C. W., J. W. CHOI, S. W. YOUNG a H.-H. LAI, 2013. Subjective facial skin type, based on the sebum related symptoms, can reflect the objective casual sebum level in acne patients. *Skin Research and Technology* [online]. IEEE, 2014, **19**(2), 176-182 [cit. 2023-05-01]. ISBN 978-1-4799-5529-9. ISSN 0909752X. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/srt.12030>
- [14] KIM, Myo-Kyoung, Sun-Young CHOI, Hee-Jin BYUN, Chang-Hun HUH, Kyoung-Chan PARK, Rajul A. PATEL, Annie H. SHINN a Sang-Woong YOUNG, 2006. Comparison of sebum secretion, skin type, pH in humans with and without acne. *Archives of Dermatological Research* [online]. **298**(3), 113-119 [cit. 2023-01-02]. ISSN 0340-3696. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00403-006-0666-0>
- [15] BOONME, Prapaporn, Sun-Young AMNUAIKIT, Hee-Jin CHUSUIT, Chang-Hun RAKNAM, Kyoung-Chan PARK, Rajul A. PATEL, Annie H. SHINN a Sang-Woong YOUNG, 2006. Effects of a cellulose mask synthesized by a bacterium on facial skin characteristics and user satisfaction. *Medical Devices: Evidence and Research* [online]. **298**(3), 113-119 [cit. 2023-01-02]. ISSN 1179-1470. Dostupné z: <http://www.dovepress.com/effects-of-a-cellulose-mask-synthesized-by-a-bacterium-on-facial-skin--peer-reviewed-article-MDER>
- [16] VELASCO, M. V. R., R. P. VIEIRA, A. R. FERNANDES, M. F. DARIO, C. A. S. O. PINTO, C. A. PEDRIALI, T. M. KANEKO a A. R. BABY, 2014. Short-term clinical of peel-off facial mask moisturizers. *International Journal of Cosmetic Science* [online]. **36**(4), 355-360 [cit. 2023-01-02]. ISSN 01425463. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ics.12133>
- [17] BERINGHS, André O'Reilly, Julia Macedo ROSA, Hellen Karine STULZER, Rosane Maria BUDAL, Diva SONAGLIO, C. A. PEDRIALI, T. M. KANEKO a A. R. BABY, 2013. Green Clay and Aloe Vera Peel-Off Facial Masks: Response Surface Methodology Applied to the Formulation Design. *AAPS PharmSciTech* [online]. **14**(1), 445-455 [cit. 2023-01-02]. ISSN 1530-9932. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1208/s12249-013-9930-8>
- [18] YAGHOobi, Reza, Afshin KAZEROUNI, Ory KAZEROUNI, Rosane Maria BUDAL, Diva SONAGLIO, C. A. PEDRIALI, T. M. KANEKO a A. R. BABY, 2013. Evidence for Clinical Use of Honey in Wound Healing as an Anti-bacterial, Anti-inflammatory Anti-oxidant and Anti-viral Agent: A Review. *Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products* [online]. **8**(3), 100-104 [cit. 2023-01-02]. ISSN 1735-7780. Dostupné z: <https://brief.land/jjnpp/articles/18311.html>
- [19] LODÉN, Marie a Howard I. MAIBACH, 2006. *Dry skin and moisturizers: chemistry and function*. 2nd ed. Boca Raton. Dermatology (CRC Press). ISBN 978-084-9321-344.
- [20] BECKER, Lillian C., Wilma F. BERGFELD, Donald V. BELSITO, et al., 2019. Safety Assessment of Glycerin as Used in Cosmetics: A Review. *International Journal of Toxicology* [online]. IEEE, 2014, **38**(3\_suppl), 6S-22S [cit. 2023-05-01]. ISBN 978-1-4799-5529-9. ISSN 1091-5818. Dostupné z: doi:10.1177/1091581819883820



- [21] RAHMASARI, Dyah, Dian ERMAWATI, Raditya Weka NUGRAHENI, Dwi Ramadhaningtyas PUTRI a Indah Nur PRATIWI, 2019. Design and Development of Peel-off Mask Gel Formulation of Citronella Oil for Acne Vulgaris. *Proceedings of the 2nd Health Science International Conference* [online]. SCITEPRESS - Science and Technology Publications, 2019, 157-163 [cit. 2023-01-02]. ISBN 978-989-758-462-6. Dostupné z: <https://www.scitepress.org/DigitalLibrary/Link.aspx?doi=10.5220/0009126101570163>
- [22] HENDRAWATI, T Y, R A NUGRAHANI, S UTOMO, A I RAMADHAN a Indah Nur PRATIWI, 2018. Formulation process making of Aloe vera mask with variable percentage of Aloe vera gel extract. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [online]. SCITEPRESS - Science and Technology Publications, 2019, 403, 157-163 [cit. 2023-01-02]. ISBN 978-989-758-462-6. ISSN 1757-899X. Dostupné z: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/403/1/012013>
- [23] GHOSH, Biva, Debalina BHATTACHARYA a Mainak MUKHOPADHYAY, 2022. A hydrogel sheet mask with tea tree essential oil entrapment and targeted dose delivery capability. *Materials Today: Proceedings* [online]. 57, 77-83 [cit. 2022-05-06]. ISSN 22147853. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214785322003972>
- [24] SUTTHIPARINYANONT, Saengrawe, Chakkapan BANPOT, Vongsakorn KUMSUWAN a Wanassnant KAJTHUNYAKARN. Formulation and evaluation of facial mask from gelatinous pulp of Dillenia fruit. <https://www.tci-thaijo.org/> [online]. School of Pharmaceutical Sciences, University of Phayao, Phayao, Thailand [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/IJPS/article/view/7763>
- [25] GANI, Siti Salwa Abd, Alyaa Nurathirah ABD HALIM, Uswatun Hasanah ZAIDAN, Mohd Izuan EFFENDI HALMI a Norliza ABDUL WAHAB, 2021. Antioxidants and Characterization of Stability and Organoleptic Properties of Cocoa Facial Mask. *Journal of Physics: Conference Series* [online]. 1860(1) [cit. 2023-05-01]. ISSN 1742-6588. Dostupné z: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1860/1/012023>
- [26] GAO, Zijian, Zhe YU, Chang HUANG, Lijie DUAN a Guang Hui GAO, 2017. Carboxymethyl cellulose reinforced poly(vinyl alcohol) with trimethylol melamine as a chemical crosslinker. *Journal of Applied Polymer Science* [online]. 134(11) [cit. 2022-05-06]. ISSN 00218995. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.44590>
- [27] ALVES, Thais F. R., Margreet MORSINK, Fernando BATAIN, et al., 2020. Applications of Natural, Semi-Synthetic, and Synthetic Polymers in Cosmetic Formulations. *Cosmetics* [online]. 7(4) [cit. 2022-05-06]. ISSN 2079-9284. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2079-9284/7/4/75>
- [28] STUMPF, Taisa Regina, Xiuying YANG, Jingchang ZHANG, Xudong CAO a Norliza ABDUL WAHAB, 2018. In situ and ex situ modifications of bacterial cellulose for applications in tissue engineering. *Materials Science and Engineering: C* [online]. 82(1), 372-383 [cit. 2023-05-01]. ISSN 09284931. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0928493116323748>

- [29] LINA, Fu, Zhang YUE, Zhang JIN, Yang GUANG a Norliza ABDUL WAHAB, 2011. Bacterial Cellulose for Skin Repair Materials. *Biomedical Engineering - Frontiers and Challenges* [online]. InTech, 2011-08-01, **82**(1), 372-383 [cit. 2023-05-01]. ISBN 978-953-307-309-5. ISSN 09284931. Dostupné z: <http://www.intechopen.com/books/biomedical-engineering-frontiers-and-challenges/bacterial-cellulose-for-skin-repair-materials>
- [30] PACHECO, Guilherme, Carolina Véspoli DE MELLO, Bruna Galdorfini CHIARI-ANDRÉO, Vera Lucia Borges ISAAC, Sidney José Lima RIBEIRO, Édison PECORARO a Eliane TROVATTI, 2018. Bacterial cellulose skin masks-Properties and sensory tests. *Journal of Cosmetic Dermatology* [online]. InTech, 2011-08-01, **17**(5), 840-847 [cit. 2023-05-01]. ISBN 978-953-307-309-5. ISSN 14732130. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jocd.12441>
- [31] GANDINI, Alessandro, Carolina Véspoli DE MELLO, Bruna Galdorfini CHIARI-ANDRÉO, Vera Lucia Borges ISAAC, Sidney José Lima RIBEIRO, Édison PECORARO a Eliane TROVATTI, 2011. The irruption of polymers from renewable resources on the scene of macromolecular science and technology. *Green Chemistry* [online]. InTech, 2011-08-01, **13**(5), 840-847 [cit. 2023-05-01]. ISBN 978-953-307-309-5. ISSN 1463-9262. Dostupné z: <http://xlink.rsc.org/?DOI=c0gc00789g>
- [32] TORRES, Fernando, Solene COMMEAUX, Omar TRONCOSO, Vera Lucia Borges ISAAC, Sidney José Lima RIBEIRO, Édison PECORARO a Eliane TROVATTI, 2012. Biocompatibility of Bacterial Cellulose Based Biomaterials. *Journal of Functional Biomaterials* [online]. InTech, 2011-08-01, **3**(4), 864-878 [cit. 2023-05-01]. ISBN 978-953-307-309-5. ISSN 2079-4983. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2079-4983/3/4/864>
- [33] ESA, Faezah, Siti Masrinda TASIRIN, Norliza Abd RAHMAN, Vera Lucia Borges ISAAC, Sidney José Lima RIBEIRO, Édison PECORARO a Eliane TROVATTI, 2014. Overview of Bacterial Cellulose Production and Application. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* [online]. InTech, 2011-08-01, **2**(4), 113-119 [cit. 2023-05-01]. ISBN 978-953-307-309-5. ISSN 22107843. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2210784314000187>
- [34] WANG, Jing, Javad TAVAKOLI, Youhong TANG, Vera Lucia Borges ISAAC, Sidney José Lima RIBEIRO, Édison PECORARO a Eliane TROVATTI, 2019. Bacterial cellulose production, properties and applications with different culture methods – A review. *Carbohydrate Polymers* [online]. InTech, 2011-08-01, **219**(4), 63-76 [cit. 2023-05-01]. ISBN 978-953-307-309-5. ISSN 01448617. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0144861719305041>
- [35] ZHONG, Chunyan, Javad TAVAKOLI, Youhong TANG, Vera Lucia Borges ISAAC, Sidney José Lima RIBEIRO, Édison PECORARO a Eliane TROVATTI, 2020. Industrial-Scale Production and Applications of Bacterial Cellulose. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology* [online]. InTech, 2011-08-01, **8**(4), 63-76 [cit. 2023-05-01]. ISBN 978-953-307-309-5. ISSN 2296-4185. Dostupné z: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbioe.2020.605374/full>

- [36] LI, Guohui, Avinav G. NANDGAONKAR, Youssef HABIBI, Wendy E. KRAUSE, Qufu WEI, Lucian A. LUCIA a Eliane TROVATTI, 2017. An environmentally benign approach to achieving vectorial alignment and high microporosity in bacterial cellulose/chitosan scaffolds. *RSC Advances* [online]. InTech, 2011-08-01, **7**(23), 13678-13688 [cit. 2023-05-01]. ISBN 978-953-307-309-5. ISSN 2046-2069. Dostupné z: <http://xlink.rsc.org/?DOI=C6RA26049G>
- [37] HOSNI, Karim, Amel KERKENNI, Wafa MEDFEI, Nadia BEN BRAHIM a Houcine SEBEI, 2010. Volatile Oil Constituents of *Rosa canina* L: Quality As Affected by the Distillation Method. *Organic Chemistry International* [online]. **2010**, 1-7 [cit. 2022-05-06]. ISSN 2090-200X. Dostupné z: <https://www.hindawi.com/journals/oci/2010/621967/>
- [38] CHAWLA, Prashant R., Ishwar B. BAJAJ, Shrikant A. SURVASE a Rekha S. SINGHAL. Microbial Cellulose: Fermentative Production and Applications. In: <https://hrcak.srce.hr/> [online]. [cit. 2023-05-02]. Dostupné z: <https://hrcak.srce.hr/file/59853>
- [39] WANG, Jing, Javad TAVAKOLI a Youhong TANG, 2019. Bacterial cellulose production, properties and applications with different culture methods – A review. *Carbohydrate Polymers* [online]. **219**, 63-76 [cit. 2023-05-02]. ISSN 01448617. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0144861719305041>
- [40] PERUGINI, Paola, Mariella BLEVE, Fabiola CORTINOVIS a Antonio COLPANI, 2018. Biocellulose Masks as Delivery Systems: A Novel Methodological Approach to Assure Quality and Safety. *Cosmetics* [online]. **5**(4), 864-878 [cit. 2023-05-02]. ISSN 2079-9284. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2079-9284/5/4/66>
- [41] DE AMORIM, Julia Didier Pedrosa, Karina Carvalho DE SOUZA, Cybelle Rodrigues DUARTE, et al., 2020. Plant and bacterial nanocellulose: production, properties and applications in medicine, food, cosmetics, electronics and engineering. A review. *Environmental Chemistry Letters* [online]. **18**(3), 851-869 [cit. 2023-05-02]. ISSN 1610-3653. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s10311-020-00989-9>
- [42] PHATCHAYAWAT, Phasuwit P., Arnon KHAMKEAW, Supansa YODMUANG, et al., 2022. 3D bacterial cellulose-chitosan-alginate-gelatin hydrogel scaffold for cartilage tissue engineering: A Novel Methodological Approach to Assure Quality and Safety. *Biochemical Engineering Journal* [online]. **184**(4), 864-878 [cit. 2023-05-02]. ISSN 1369703X. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1369703X22001450>
- [43] LEE, Keun Chang, K.C. HSU, Y.J. KIM a S.H. HAN, Cosmetic Bio-Cellulose Mask Pack Sheet and Method for Manufacturing Same. U.S. Patent 2013/0244977A1, 19 September 2013.
- [44] LOBO, V, A PATIL, A PHATAK a N CHANDRA, 2010. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews* [online]. **4**(8) [cit. 2023-05-02]. ISSN 0973-7847. Dostupné z: doi: <http://www.phcogrev.com/article/2010/4/8/1041030973-784770902>

- [45] ERYILMAZ PEHLIVAN, Fadime, A PATIL, A PHATAK a N CHANDRA, 2019. Vitamin C: An Epigenetic Regulator. *Vitamin C - an Update on Current Uses and Functions* [online]. IntechOpen, 2019-5-10, **4**(8), 4757-4774 [cit. 2023-05-02]. ISBN 978-1-78923-895-2. ISSN 0973-7847. Dostupné z: <https://www.intechopen.com/books/vitamin-c-an-update-on-current-uses-and-functions/vitamin-c-an-epigenetic-regulator>
- [46] ZEHIROGLU, Cuma, Sevim Beyza OZTURK SARIKAYA, A PHATAK a N CHANDRA, 2019. The importance of antioxidants and place in today's scientific and technological studies: Impact on human health. *Journal of Food Science and Technology* [online]. **56**(11), 4757-4774 [cit. 2023-05-02]. ISSN 0022-1155. Dostupné z: <https://link.springer.com/10.1007/s13197-019-03952-x>
- [47] SHI, Honglian, Noriko NOGUCHI, Etsuo NIKI a N CHANDRA, 1999. Comparative study on dynamics of antioxidative action of  $\alpha$ -tocopheryl hydroquinone, ubiquinol, and  $\alpha$ -tocopherol against lipid peroxidation: An Epigenetic Regulator. *Free Radical Biology and Medicine* [online]. IntechOpen, 2019-5-10, **27**(3-4), 334-346 [cit. 2023-05-02]. ISBN 978-1-78923-895-2. ISSN 08915849. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0891584999000532>
- [48] HLÚBIK, Pavol a Libuše OPLTOVÁ, 2004. Vitaminy. Praha: Grada. ISBN 80-247-0373-4.
- [49] ZILLICH, O. V., U. SCHWEIGGERT-WEISZ, P. EISNER a M. KERSCHER, 2015. Polyphenols as active ingredients for cosmetic products: Impact on human health. *International Journal of Cosmetic Science* [online]. IntechOpen, 2019-5-10, **37**(5), 455-464 [cit. 2023-05-02]. ISBN 978-1-78923-895-2. ISSN 01425463. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ics.12218>
- [50] CHERUBIM, Débora Jackeline, Cleide Viviane MARTINS, Luciana FARINHA a Rosemeire Aparecida LUCCA, 2020. Polyphenols as natural antioxidants in cosmetics applications: Impact on human health. *Journal of Cosmetic Dermatology* [online]. IntechOpen, 2019-5-10, **19**(1), 33-37 [cit. 2023-05-02]. ISBN 978-1-78923-895-2. ISSN 1473-2130. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jocd.13093>
- [51] WINTHER, Kaj, Joan CAMPBELL-TOFTE, Anne Sophie VINTHER HANSEN a Rosemeire Aparecida LUCCA, 2020. Bioactive ingredients of rose hips (*Rosa canina* L) with special reference to antioxidative and anti-inflammatory properties: in vitro studies. *Botanics: Targets and Therapy* [online]. IntechOpen, 2019-5-10, **19**(1), 33-37 [cit. 2023-05-02]. ISBN 978-1-78923-895-2. ISSN 1179-9897. Dostupné z: <https://www.dovepress.com/bioactive-ingredients-of-rose-hips-rosa-canina-l-with-special-referenc-peer-reviewed-article-BTAT>

- [52] ILYASOĞLU, Huri, Joan CAMPBELL-TOFTE, Anne Sophie VINTHER HANSEN a Rosemeire Aparecida LUCCA, 2014. Characterization of Rosehip ( *Rosa canina* L . ) Seed and Seed Oil: in vitro studies. *International Journal of Food Properties* [online]. IntechOpen, 2019-5-10, **17**(7), 1591-1598 [cit. 2023-05-02]. ISBN 978-1-78923-895-2. ISSN 1094-2912. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10942912.2013.777075>
- [53] ALBERTS, Andreas, 2006. Léčivé stromy a keře. Prostějov: Beta Dobrovský. ISBN 978-80-7306-230-9.
- [54] PAUNOVIĆ, Dragana, Ana KALUŠEVIĆ, Tanja PETROVIĆ, Tijana UROŠEVIĆ, Dušica DJINOVIĆ, Viktor NEDOVIĆ a Jelena POPOVIĆ-DJORDJEVIĆ. Assessment of Chemical and Antioxidant Properties of Fresh and Dried Rosehip (*Rosa canina* L.) [online]. [cit. 2023-05-01]. ISSN 0255-965X. Dostupné z: <https://www.notulaeobotanicae.ro/index.php/nbha/article/view/11221/8165>
- [55] MEDVECKIENĖ, Brigita, Jurgita KULAITIENĖ, Nijolė VAITKEVIČIENĖ, Dovilė LEVICKIENĖ a Kristina BUNEVIČIENĖ, 2022. Effect of Harvesting in Different Ripening Stages on the Content of the Mineral Elements of Rosehip (*Rosa* spp.) Fruit Flesh: in vitro studies. *Horticulturae* [online]. IntechOpen, 2019-5-10, **8**(6), 1591-1598 [cit. 2023-05-02]. ISBN 978-1-78923-895-2. ISSN 2311-7524. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2311-7524/8/6/467>
- [56] İLBAY, Zeynep, Selin ŞAHİN, Ş. KIRBAŞLAR, Dovilė LEVICKIENĖ a Kristina BUNEVIČIENĖ, 2013. Investigation of Polyphenolic Content of Rose Hip (*Rosa canina* L.) Tea Extracts: A Comparative Study. *Foods* [online]. IntechOpen, 2019-5-10, **2**(1), 43-52 [cit. 2023-05-02]. ISBN 978-1-78923-895-2. ISSN 2304-8158. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2304-8158/2/1/43>
- [57] Gao, X., Björk, L., Trajkovski, V. and Ugglá, M. (2000), Evaluation of antioxidant activities of rosehip ethanol extracts in different test systems. *J. Sci. Food Agric.*, **80**: 2021-2027. [https://doi.org/10.1002/1097-0010\(200011\)80:14<2021::AID-JSFA745>3.0.CO;2-2](https://doi.org/10.1002/1097-0010(200011)80:14<2021::AID-JSFA745>3.0.CO;2-2)
- [58] DE MORENO, Raúl, Cristina REDONDO, Azahara PÉREZ-DAVÓ, Esther MORENO a Pedro REDONDO, 2019. New Cosmetic Formulation for the Treatment of Mild to Moderate Infantile Atopic Dermatitis: A Comparative Study. *Children* [online]. IntechOpen, 2019-5-10, **6**(2), 43-52 [cit. 2023-05-02]. ISBN 978-1-78923-895-2. ISSN 2227-9067. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2227-9067/6/2/17>
- [59] CHO, Cho, Takaomi KOBAYASHI, Azahara PÉREZ-DAVÓ, Esther MORENO a Pedro REDONDO, 2021. Advanced cellulose cosmetic facial masks prepared from Myanmar thanaka heartwood: A Comparative Study. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry* [online]. IntechOpen, 2019-5-10, **27**(2), 43-52 [cit. 2023-05-02]. ISBN 978-1-78923-895-2. ISSN 24522236. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2452223620301103>

- [60] BOROVÁ, Šárka. Stanovení účinku plodů šípkové růže (*Rosa canina* L.) na oxidační stabilitu čerstvých šťáv [online]. Brno, 2021 [cit. 2023-05-02]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/129936>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie potravin a biotechnologií. Vedoucí práce Adriána Kovalčík.
- [61] NOWAK, Renata, Urszula GAWLIK-DZIKI, Azahara PÉREZ-DAVÓ, Esther MORENO a Pedro REDONDO, 2007. Polyphenols of *Rosa* L. Leaves Extracts and their Radical Scavenging Activity: A Comparative Study. *Zeitschrift für Naturforschung C* [online]. IntechOpen, 2019-5-10, **62**(1-2), 32-38 [cit. 2023-05-02]. ISBN 978-1-78923-895-2. ISSN 1865-7125. Dostupné z: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/znc-2007-1-206/html>
- [62] CZYZOWSKA, A., E. KLEWICKA, E. POGORZELSKI a A. NOWAK, 2015. Polyphenols, vitamin C and antioxidant activity in wines from *Rosa canina* L. and *Rosa rugosa* Thunb. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 39, 62-68 [cit. 2023-05-02]. ISSN 08891575. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.11.009>
- [63] PADAYATTY, SJ, M LEVINE, Azahara PÉREZ-DAVÓ, Esther MORENO a Pedro REDONDO, 2016. Vitamin C: the known and the unknown and Goldilocks. *Oral Diseases* [online]. IntechOpen, 2019-5-10, **22**(6), 463-493 [cit. 2023-05-02]. ISBN 978-1-78923-895-2. ISSN 1354523X. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/odi.12446>
- [64] UL-ISLAM, Mazhar, Nasrullah SHAH, Jung Hwan HA, et al., 2011. Effect of chitosan penetration on physico-chemical and mechanical properties of bacterial cellulose: the known and the unknown and Goldilocks. *Korean Journal of Chemical Engineering* [online]. IntechOpen, 2019-5-10, **28**(8), 1736-1743 [cit. 2023-05-02]. ISBN 978-1-78923-895-2. ISSN 0256-1115. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s11814-011-0042-4>
- [65] BODEA, Ioana M., Giorgiana M. CĂTUNESCU, Carmen R. POP, et al., 2022. Antimicrobial Properties of Bacterial Cellulose Films Enriched with Bioactive Herbal Extracts Obtained by Microwave-Assisted Extraction. *Polymers* [online]. **14**(7) [cit. 2023-05-02]. ISSN 2073-4360. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2073-4360/14/7/1435>

## 7 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AHA: alfa-hydroxykyseliny

BHA: beta-hydroxykyseliny

PVA: polyvinylalkohol

PVAc: polyvinylacetát

CMC: karboxymethylcelulóza

FTIR: Fourierova transformační infračervená spektroskopie

PEG: polyethylenglykol

BC: bakteriální celulóza

SEM: skenovací elektronová mikroskopie

ABTS<sup>•+</sup>: 2,2'-azinobis(3-ethyl-2,3-dihydrobenzothiazol-6-sulfonát)

UV: ultrafialové záření

MBC: mokrá varianta bakteriální celulózy – hydrogel

SBC: suchá varianta bakteriální celulózy

ABC: bakteriální celulóza s alginátovým komponentem

LBC: lyofilizovaná varianta bakteriální celulózy