

# Přírodní polymery a jejich aplikace

Klára Malíková

---

Bakalářská práce  
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Akademický rok: 2022/2023

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Klára Malíková**  
Osobní číslo: **T20595**  
Studijní program: **B0711A130009 Materiály a technologie**  
Specializace: **Biomateriály a kosmetika**  
Forma studia: **Prezenční**  
Téma práce: **Přírodní polymery a jejich aplikace**

## Zásady pro vypracování

Vypracujte literární studii zaměřenou na kategorizaci polymerů a jejich charakterizaci s důrazem na polymery přírodního původu s ohledem na jejich udržitelnost, biologickou rozložitelnost a bezpečnost, které jsou využívány nejenom v kosmetice, ale i v farmacii, potravinářství a nepotravinářském průmyslu.

Bližší specifikujte vybrané přírodní polymery vhodné pro kosmetické formulace, kde mohou plnit různé funkce.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] Deepak A. and N. Minocha. Natural polymers: their applications in food, cosmetic and pharmaceutical industries. *Int. J. of Adv. Res.* 2020, 8: 1224-1238 (ISSN 2320-5407).
- [2] Sionkowska A. The potencial of polymers from natural sources as components of the blends for biomedical and cosmetic applications. *Pure Appl. Chem.* 2015, 87: 1075-1084.
- [3] Dayan Nava. *Handbook of Formulating Dermal Applications. A Definitive Practical Guide.* Canada: Srivener Publishing Wiley, 2017. ISBN 978-1-119-36362-0.
- [4] Alves, T.F.R.; Morsink, M.; Batain, F.; Chaud, M.V.; Almeida, T.; Fernandes, D.A.; da Silva, C.F.; Souto, E.B.; Severino, P. Applications of Natural, Semi-Synthetic, and Synthetic Polymers in Cosmetic Formulations. *Cosmetics* 2020, 7(4): 75. <https://doi.org/10.3390/cosmetics7040075>.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jana Pavlačková, Ph.D.**  
Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Datum zadání bakalářské práce: **1. února 2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2023**

L.S.

---

**prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.**  
děkan

---

**doc. Ing. Marián Lehocký, Ph.D.**  
ředitel ústavu

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

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

### **Prohlašuji,**

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

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce je zaměřena na přírodní polymery a jejich aplikace v různých průmyslových odvětvích. Popsáno je využití přírodních polymerů v oblasti medicíny, zdravotnictví, potravinářském průmyslu a stěžejní část práce je věnována průmyslu kosmetickému. Jsou charakterizovány jednotlivé skupiny biopolymerů, současný stav výzkumu a jejich konkrétní aplikace. Taktéž je uvedena úloha biopolymerů v přírodě, globální produkce biopolymerů, vliv biopolymerů na lidské zdraví či nové trendy aplikačních možností biopolymerů.

Klíčová slova: přírodní polymery, aplikace, kosmetika, kosmetický přípravek, potravinářský průmysl, zdravotnický průmysl

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis focuses on natural polymers and their applications in various industries. It describes the use of natural polymers in the fields of medicine, healthcare, food industry and the main part of the thesis is dedicated to the cosmetic industry. The individual groups of biopolymers, the current state of research and their specific applications are characterized. The role of biopolymers in nature, the global production of biopolymers, the impact of biopolymers on human health and new trends in biopolymer applications are also presented.

Keywords: natural polymers, applications, cosmetics, cosmetic product, food industry, medical industry

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucí mé bakalářské práce paní Ing. Janě Pavlačkové, Ph.D. za čas, který mi věnovala, za cenné rady, odborné vedení, trpělivost a vstřícnost. Dále bych chtěla poděkovat své rodině a nejbližším za jejich oporu a podporu během celého studia.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahrána do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD.....</b>	<b>8</b>
<b>1 POLYMERY.....</b>	<b>9</b>
1.1 KLASIFIKACE POLYMERŮ .....	9
1.2 NÁZVOSLOVÍ POLYMERŮ.....	11
1.3 APLIKACE POLYMERŮ V KOSMETICE .....	12
1.3.1 Aplikace syntetických polymerů v kosmetice.....	13
1.3.2 Aplikace polosyntetických polymerů v kosmetice .....	16
<b>2 PŘÍRODNÍ POLYMERY .....</b>	<b>18</b>
2.1 ÚLOHA PŘÍRODNÍCH POLYMERŮ V PŘÍRODĚ .....	18
2.2 GLOBÁLNÍ PRODUKCE PŘÍRODNÍCH POLYMERŮ .....	19
2.3 KLASIFIKACE PŘÍRODNÍCH POLYMERŮ .....	20
2.4 VLIV PŘÍRODNÍCH POLYMERŮ NA LIDSKÉ ZDRAVÍ .....	21
2.5 VLASTNOSTI BIOPOLYMERŮ .....	22
2.6 PŘEHLED APLIKACÍ BIOPOLYMERŮ .....	23
<b>3 VYBRANÉ BIOPOLYMERY S UPLATNĚNÍM V KOSMETICE .....</b>	<b>28</b>
3.1 POLYSACHARIDY.....	28
3.1.1 Škrob .....	28
3.1.2 Celulóza.....	32
3.1.3 Chitosan.....	33
3.1.4 Kyselina hyaluronová.....	35
3.2 BÍLKOVINY .....	36
3.2.1 Kolagen .....	36
3.2.2 Keratin.....	37
3.2.3 Sericin .....	38
3.3 OSTATNÍ BIOPOLYMERY .....	39
3.3.1 Gumy a slizy .....	39
3.3.2 Polyhydroxyalkanoáty.....	41
<b>4 NOVÉ TRENDY VYUŽITÍ BIOPOLYMERŮ NEJEN V KOSMETICE .....</b>	<b>42</b>
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>45</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>47</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>57</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>58</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>59</b>

## ÚVOD

Vzhledem k neustálému nárůstu syntetických polymerů a rostoucích obav ze znečišťování životního prostředí, celkového dopadu na ekologii a lidské zdraví, v závislosti na jejich výrobě, všestranném využití a rozložitelnosti, roste poptávka po přírodních polymerech v různých oblastech.

Přírodní polymery neboli biopolymery jsou přirozenou součástí všech živých organismů nebo jsou jimiž zcela biosyntetizovány. Většina biopolymerů je biokompatibilní a neprokazující cytotoxicitu, tudíž při expozici na organismus nepředstavují zdravotní rizika. Použití biopolymerů v různých oblastech má zvláštní význam vzhledem k jejich biologické rozložitelnosti, výrobě z obnovitelných zdrojů, poměrně snadné recyklovatelnosti, bezpečnosti a šetrnosti k životnímu prostředí či nepřebornému množství aplikací, díky velikosti makromolekul, která je prekurzorem fyzikálních a chemických vlastností biopolymerů.

Výhody použití biopolymerů v různých oblastech přináší také jejich jedinečné vlastnosti, jako je vysoká adsorpční schopnost, snadná funkcionalizace, či často, již zmíněna, výborná biokompatibilita. Biopolymery jsou hojně využívány také pro své filmotvorné, emulgující, zahušťující, modifikační, stabilizující či podpůrné vlastnosti. Využití biopolymerů, pro jejich mechanické vlastnosti, přináší zvýšení pevnosti v tahu, pevnosti ohybu či tvarové stálosti za tepla. Mezi nevýhodné vlastnosti použití biopolymerů lze zařadit rychlou degradaci v důsledku převažujícího hydrofilního charakteru či v některých případech nedostatečné mechanické vlastnosti, především ve vlhkém prostředí.

Bakalářská práce je věnována přírodním polymerům a jejich aplikacím. Stěžejně jsou popsány možnosti využití v kosmetickém průmyslu, dále v oblasti medicíny, zdravotnictví a v průmyslu potravinářském.



## 1 POLYMERY

Polymery jsou přírodní nebo syntetické látky složeny z velmi velkých molekul, které se nazývají makromolekuly. Makromolekuly se skládají z velkého počtu jednodušších opakujících se chemických jednotek, tzv. merů [1]. Mery rozumíme zůstatky ze spojujících se výchozích molekul – monomerů [2]. Složení polymerů je různorodé, jelikož není omezeno na monomery stejného chemického složení, stejné molekulové hmotnosti ani struktury monomerů. Některé přírodní polymery jsou složeny z jednoho druhu monomerů, ale většina přírodních i syntetických polymerů jsou složeny ze dvou nebo více různých typů monomerů, takové polymery jsou označovány jako kopolymery [1]. Kopolymery dělíme na statické, alternující, sledové a v přítomnosti troj-funkční jednotky vznikají kopolymery roubované [2].

### 1.1 Klasifikace polymerů

Polymery lze klasifikovat několika způsoby dle určitých kritérií, jelikož se jedná o velmi rozmanité látky [3]. Následně budou popsány nejzákladnější klasifikace.

Klasifikace polymerů dle zdroje původu

Dle zdroje původu dělíme polymery na syntetické, polosyntetické a přírodní [3].

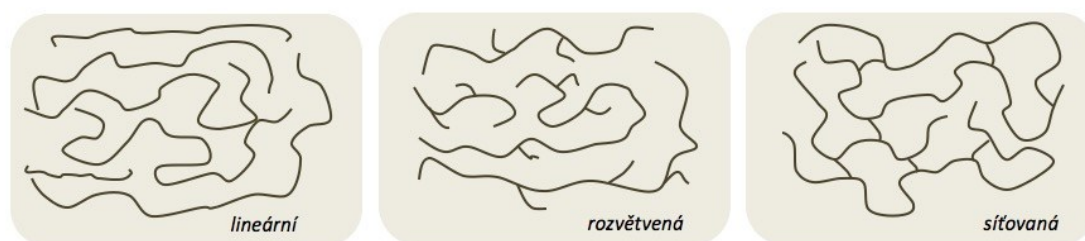
Syntetické polymery jsou z chemického hlediska látky, které vznikly polymerací. Mezi syntetické polymery řadíme plasty, syntetická vlákna a syntetické kaučuky [4]. Průkopníkem syntetických polymerů se stal v roce 1846 nitrát celulózy, který byl z počátku využíván jako výbušnina a později sloužil k přípravě polymeru. První plast celuloid připravili bratři Hyattové z roztoku nitrátu celulózy s kafrem, jako náhradu slonoviny, která se tehdy využívala k výrobě kulečnickových koulí [5].

Polosyntetické polymery jsou získávány umělou modifikací přírodních polymerů, jedná se např. o vulkanizovaný kaučuk [3].

Mezi polymery přírodního původu patří celá řada látek, jako jsou např. bílkoviny, polysacharidy, nukleové kyseliny či polyfenolické sloučeniny [4]. Jedná se o nejdéle známé polymerní materiály, např. kaučuk je v Evropě znám již od roku 1496 [5]. Přírodní polymery budou více popsány v kapitole 2.

### Klasifikace polymerů dle tvaru makromolekul

Další klasifikací polymerů je klasifikace dle tvaru makromolekul. V nejjednodušším případě se jedná o makromolekuly lineární, obecněji o makromolekuly rozvětvené a ve speciálních případech o makromolekuly síťované [2]. V závislosti na tvaru makromolekul se odlišují vlastnosti polymerů, viz Obr. 1. Lineární struktura polymerů oproti rozvětvené struktuře se vyznačuje vyšší hustotou materiálu, vyšší pevností, vyšší tepelnou odolností, dobrou tekutostí taveniny nebo snadnou krystalizací. Rozvětvená struktura polymerů má oproti lineární struktuře vyšší tažnost. V případě síťované struktury polymerů závisí vlastnosti na hustotě sítě, s vyšší hustotou sítě se materiál vyznačuje vysokou pevností, tepelnou odolností či velmi nízkou tažností [4].



Obrázek 1 Molekulární struktura polymerů [4]

### Klasifikace polymerů dle typu reakce používané k síťování

Dle typu reakce používané k síťování polymerů dělíme polymery na polykondenzáty, polyadukty nebo polymeráty [2].

Polykondenzáty vznikají polykondenzací, kdy jsou spojovány dva kondenzační monomery za současného odštěpení vedlejšího produktu – nízkomolekulární sloučeniny, tím může být např. voda, amoniak nebo chlorovodík [4]. Produkt polykondenzace má odlišné chemické složení, než je chemické složení monomerů, ze kterých vznikl [6]. Touto reakcí vznikají především polyestery, polyesterové pryskyřice, aminoplasty nebo polyamidy [4].

Polyadukty jsou produkty polyadice, při níž dochází k adici vhodné funkční skupiny jednoho monomeru na dvojnou vazbu ve funkční skupině druhého monomeru, bez vzniku vedlejšího produktu [4]. Chemické složení produktu (polyaduktu) se neodlišuje od složení výchozích monomerů, avšak polyadice umožňuje odlišnou strukturu základního článku produktu od struktury monomeru [6]. Polyadicí jsou připravovány především polyuretany [4].

Polymeráty jsou produkty polymerace, jedná se o chemickou řetězovou reakci velkého počtu molekul monomeru. Při této reakci vznikají dlouhé makromolekuly polymeru bez vedlejších

produktů. Chemické složení výsledného polymeru je obdobné chemickému složení monomeru. Podle druhu aktivních center rozlišujeme polymeraci radikálovou, iontovou a koordinační neboli polyinzerce [6]. Polymerací jsou připravovány nejrozšířenější plasty, jako je např. polyetylen, polypropylen nebo polyvinylchlorid. Dále také polystyren, polytetrafluoretylen nebo syntetické pryskyřice [4].

Klasifikace polymerů dle náboje

Klasifikace polymerů dle náboje, na neionické polymery a ionické polymery neboli polyelektrolyty, je důležitá pro využití polymerů např. v kosmetice.

Neionické polymery jsou makromolekuly, které ve svém řetězci neobsahují žádné funkční skupiny, popřípadě obsahují skupiny, které nejsou schopné elektrolytické disociace. Neionické polymery se označují pouze termínem polymery.

Ionické polymery neboli polyelektrolyty jsou vysokomolekulární elektrolyty obsahující ve svém řetězci funkční skupiny schopné elektrolytické disociace. Podle povahy funkčních skupin schopných disociace jsou děleny na polyelektrolyty obsahující kyselé skupiny, bazické skupiny nebo na amfoterní polyelektrolyty. Amfoterními polyelektrolyty jsou např. bílkoviny [7].

## 1.2 Názvosloví polymerů

Názvosloví polymerů do současné doby není jednotné a pokud neexistuje žádný společný název a struktura není dobře definována, názvy polymerů jsou tvořeny dle určitých kritérií.

U názvosloví pro homopolymery se nejčastěji vychází z názvu monomeru s použitím předpony poly, např. polyetylen. Podle dohod komise International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) by se mezinárodní názvosloví polymerů mělo tvořit tímto způsobem.

Kopolymery se nazývají pomocí názvů monomerů oddělenými lomítkem a doplněnými o kopolymer, např. vinylpyrolidon/vinylacetát kopolymer. Kopolymery složené z více různých monomerních jednotek se nazývají dle své třídy s přiřazeným doplňkovým číslem, např. polyester-1.

Síťované polymery skládající se ze dvou nebo více různých monomerních jednotek, jsou pojmenovány dle monomerů v abecedním pořadí oddělenými lomítkem od síťovaného monomeru doplněnými o krosopolymer.

Často používaným názvoslovím polymerů jsou také ustálené obchodní názvy např. bakelit, aminoplast nebo kaučuk. Využívá se také skupinových termínů např. akryláty, krotonáty nebo karbomery. Akryláty označují nezesíťované kopolymery obsahující směs kyseliny akrylové, kyseliny metakrylové a jejich esterů. Pojem krotonáty označuje nezesíťované kopolymery obsahující kombinaci kyseliny krotonové a jejich esterů. Skupinový termín karbomery označuje vysokomolekulární zesíťované polymery kyseliny akrylové.

V kosmetice, pokud je možno, se využívá názvosloví podle International Nomenclature of Cosmetic Ingredients (INCI), což je mezinárodní názvosloví kosmetických přísad. Podle konvence INCI jsou polymery pojmenovány dle běžného názvu, pokud je dobře znám nebo dle struktury, pokud je dobře definována. V INCI seznamu názvosloví nalezneme zejména přírodní polymery a ty nesou název většinou dle termínu využívaného v jiných odvětví [8].

### 1.3 Aplikace polymerů v kosmetice

Polymery představují, po tenzidech, druhou největší a nejrozšířenější třídu kosmetických přísad. V kosmetickém průmyslu mají široké využití v souvislosti se svým různorodým chemickým složením a různými fyzikálními vlastnostmi [8].

S polymery se setkáváme již u obalových materiálů kosmetických přípravků. Dále polymery díky strukturní rozmanitosti nachází uplatnění v kosmetických produktech osobní péče. Široká škála polymerů se využívá za účely tvoření filmů, jsou aplikovány jako stabilizátory nebo destabilizátory emulzí a pěn, emulgátory, fixátory, modifikátory reologických vlastností kosmetických přípravků, zahušťovadla, látky prospěšné pro pokožku, antimikrobika či kondicionéry [8], [9].

Polymery využívané v kosmetice můžeme rozřadit dle zdroje jejich původu, jak ukazuje Tabulka 1 [9]. V subkapitolách 1.3.1 a 1.3.2 bude uvedeno využití syntetických a polysyntetických polymerů. Přírodním polymerům je věnována samostatná kapitola 2.

Tabulka 1 Nejčastěji využívané polymery v kosmetice dle původu [9]

POLYMERY VYUŽÍVANÉ V KOSMETICE		
SYNTEICKÉ	POLOSYNTEICKÉ	PŘÍRODNÍ
Polyethylenglykol	Deriváty celulózy	Polysacharidy
Polyakrylamid		Xanthanová guma
Vinyl acetát		Kyselina alginová
Polyamid	Nitráty celulózy	Chitosan
Poloxamer		Celulóza
Polyether		Kolagen
Polyester	Acetáty celulózy	Želatina
Sílikon		Pektin
PLGA		Hedvábí

### 1.3.1 Aplikace syntetických polymerů v kosmetice

Syntetické polymery jsou využívány jako pomocné látky pro formulace kosmetických přípravků. Ve formulacích jsou využívány především pro svou snadnou přizpůsobitelnost konkrétním aplikacím, dlouhou dobu použitelnosti a také je snadné získat různé vlastnosti konečných produktů pouze změnou struktury nebo vlastností polymerů. Syntetické polymery jsou často levnější kosmetickou přísadou nežli polymery přírodní, jelikož syntetické polymery je možné vyrábět ve větším měřítku [9].

Dále bude popsáno využití polyakrylátů, polyethylenglykolů a především silikonů v kosmetickém průmyslu.

Polyakryláty jsou dostupnou přísadou po celém světě. Polyakryláty lze syntetizovat v pevné formě, kapalně formě na olejové bázi nebo jako emulze typu olej ve vodě, s různými typy iontového náboje a s různou hustotou, aby co nejvíce vyhovovaly požadavkům pro různá použití. V kosmetice jsou využívány především jako modifikátory reologických vlastností, díky schopnosti zabraňovat sedimentaci dispergovaných pigmentů ve formulacích během skladování nebo k zajištění požadovaných aplikačních vlastností. Reologické modifikátory ovlivňují nejen fyzikální stabilitu výrobku, ale také stabilitu biologickou. Polyakryláty se dále v kosmetických přípravcích využívají jako filmotvorné přísady, pojiva nebo fixátory, v případě těchto využití může být obsah polyakrylátu ve formulaci vyšší než 25 %. Pokud

jsou polyakryláty v kosmetických přípravcích využívány jako suspenzační činidla, stabilizátory emulzí nebo jako vodná činidla zvyšující viskozitu, jejich obsah se pohybuje okolo 0,5 %. S polyakryláty se nejčastěji setkáváme v dekorativní kosmetice u řasenek, tužek na oči, tvářenek nebo pudrů a ve vlasové kosmetice v šamponech, lacích na vlasy či v barvách na vlasy. Polyakryláty nalezneme také v různých mýdlech nebo lacích na nehty. Zástupci takových polyakrylátů jsou např. ethyl-akrylát, methakrylát nebo akrylátové kopolymery a amonné polyakryláty. V kosmetice jsou také často využívány zesíťované polymery kyseliny polyakrylové, jako jsou např. karbomery nebo soli kyseliny polyakrylové, např. polyakrylát sodný. Jejich využití v kosmetice je obdobné jako u nezesíťovaných polyakrylátů [10].

Polyethylenglykoly (PEG) společně s jejich aniontovými či neiontovými deriváty jsou v kosmetickém průmyslu využívány jako humektanty, emulgátory nebo jako látky zvyšující penetraci, kdy pomáhají vstřebat požadované složky hlouběji do pokožky. Polyethylenglykoly jsou používány v přípravcích do koupele, přípravcích na holení, pečujících produktech, dekorativní kosmetice, deodorantech či ve vlasové kosmetice, konkrétně ve vlasových šamponech a kondicionérech [9].

Termín silikony označuje syntetický polymerní materiál na bázi organosiloxanové skupiny. Silikony lze syntetizovat v kapalně, gelové, pryžové nebo plastické formě, v závislosti na struktuře a chemickém složení silikonu. Silikony jsou často známy také jako polydimethylsiloxany (PDMS) nebo dimethikony. Díky svým vlastnostem a své všestrannosti jsou silikony velmi důležitou surovinou v několika odvětvích a technologiích i mimo kosmetiku. Silikonové polymerní látky jsou známy již od 60. let 19. století, ačkoliv první použití silikonů v kosmetických produktech určených pro osobní péči je datováno do 50. let 20. století. V prvních kosmetických přípravcích byly silikony využívány především pro jejich pozitivní účinek na suchou a poškozenou pokožku. V 70. letech 20. století, po objevení cyklosiloxanů s nízkou molekulovou hmotností a těkavými vlastnostmi, byly na trh uvedeny průlomové antiperspiranty, které nezanechávaly skvrny po nanesení a zlepšovaly stav pokožky. V roce 1985 obsahovalo přibližně 29 % všech produktů určených pro osobní péči silikon, v dnešní době je toto procento nejspíše 2krát větší. V kosmetických formulacích silikonové polymery přinášejí do přípravků fázi, která není rozpustná ve vodě ani v oleji, jedná se o složky tzv. třetí fáze. Produkty osobní péče obsahující silikony lze rozdělit do třech hlavních segmentů; produkty vlasové, pleťové a dekorativní.

Ve vlasové kosmetice je důležité, aby produkty nejen vlasy čistily, ale také chránily vlas před poškozením. Silikony ve vlasových produktech jsou při pokojové teplotě kapalné a nerozpustné ve vodě, to může být změněno přidáním např. ethylenglykolu, jenž změní chemickou strukturu silikonu a učiní silikony rozpustné ve vodě, aby vyhovovaly různým potřebám. Vlastnosti silikonu umožňují absorbovat se na záporný povrch lidských vlasů. Ve specializovaných vlasových produktech mohou silikony působit jako tepelná ochrana před poškozením vlasů pomocí stylingových nástrojů. Tyto nástroje mají tendenci odvádět vodu z vlasů a způsobovat tím roztřepení konečků, silikonové filmy na povrchu vlasu dokážou ztrátu vody minimalizovat. Silikony také pomáhají chránit obarvené vlasy před odbarvováním, jelikož mají dobré roztírací vlastnosti, které pomáhají barvám účinně pronikat do povrchové struktury vlasů a také na vlasech vytváří nepropustný film, který brání odbarvování. Vlasové produkty disponují výbornými kondicionačními a rozčesávacími vlastnosti. Silikony využívané se ve vlasové kosmetice jsou cyklomethikon, dimethikon, dimethikonol, amodimethikon a silikonové pryskyřice.

Podobně jako ve vlasové kosmetice jsou dimethikony využívány také v produktech péče o pleť, zvláště pro jejich změkčující vlastnosti nebo schopnost zlepšit stav pokožky a také kvůli jejich nízké viskozitě a těkavosti. V závislosti na jejich vlastnostech jsou dimethikony používány jako nosiče mnoha účinných látek. Nejčastěji je nalezneme v recepturách přípravků proti slunění, čisticích přípravků nebo krémů. V přípravcích proti slunění silikony pomáhají zvyšovat ochranný sluneční faktor (SPF), jelikož vytváří stejnoměrný film na pokožce, čímž je maximalizována ochrana pokožky proti ultrafialovému (UV) záření. Další výhodou jejich použití je, že k dosažení potřebné úrovně ochrany proti UV záření je zapotřebí menší množství přípravku a v několika silikonových olejích je řada UV filtrů velmi dobře rozpustná. V neoplachových čisticích a odličovacích přípravcích jsou využívány těkavé polydimethylcyklosiloxany ke snížení nežádoucího podráždění a k zajištění hladkého, suchého a nemastného pocitu na pokožce. Polymery PDMS jsou důležité také pro své nekomedogenní a neaknogenní vlastnosti. Obdobné využití nachází silikony také v denních a nočních krémech, v nichž se využívá směs polydimethylsiloxanu v cyklomethikonu, za účelem zlepšit pocit nemastné pokožky po aplikaci krému. Jakmile nastane odpaření nebo zaschnutí přípravku, zbylý dimethikonol vytváří výsledný pocit hladké pokožky.

Silikony se mimo jiné využívají také pro estetické účely v dekorativní kosmetice, především v rtěnkách nebo lacích na nehty. V dekorativní kosmetice je využíván např. bis-hydroxyethylpropyl dimethikon pro svou všestrannost. Může fungovat jako smáčedlo, humektant

nebo působí jako fixátor vonných látek. Vykazuje také výborné vlastnosti jako pojivo pro práškovou kosmetiku, aniž by bylo nutné použití dalších přísad typicky používaných k vázání pigmentů. V rtěnkách je využíván silikon alkylmethylsiloxan kvůli své schopnosti vytvářet voskovou strukturu, příjemný pocit a zlepšit kompatibilitu s organickými složkami běžně využívaných v rtěnkách. Jiné typy vosků, např. fenylsilikony, mají vysoký index lomu, což způsobuje lesklý vzhled rtů, naopak matný efekt na rtech vytváří silikonové elastomerní disperze, jejich specifickým vlivem na rozptyl světla [9], [10], [11].

Přestože silikony byly dlouhou dobu považovány za ekologicky neškodné látky, tak v současnosti vyvolávají vážné kontroverze. Roční produkce methylsiloxanů přesáhla již více než 8–10 milionů tun. V důsledku toho byly detekovány toxické dopady zejména na životní prostředí, z důvodů širokého využití silikonů, jejich vysoké těkavosti a nízké rozpustnosti ve vodě. Bylo zjištěno, že cyklické těkavé methylsiloxany jsou asi z 90 % uvolňovány do atmosféry, jelikož při použití kosmetických přípravků jsou silikony vypouštěny do odpadních vod. V důsledku těchto skutečností je momentálně neustále monitorováno množství silikonů v životním prostředí. Množství kontroverzí vyvolávají silikony poslední léta také svou účinností v kosmetice. Například ve vlasové kosmetice bylo zjištěno, že i přes své výhodné vlastnosti jsou silikony ne úplně vhodnou kosmetickou přísadou. Silikony vytvořením neviditelného a nepropustného filmu na vlasech zabraňují vstřebávání hydratačních látek do vlasů a tím nepřispívají k zdravému růstu vlasů. Bez množství hydratačních látek vlasy i vlasová pokožka trpí a dochází k rychlejšímu maštění [12], [13].

### 1.3.2 Aplikace polosyntetických polymerů v kosmetice

Mezi polosyntetické polymery využívané v kosmetice se řadí deriváty celulózy. Dvě hlavní skupiny derivátů celulózy jsou ethery a estery celulózy. Deriváty celulózy vykazují různé fyzikálně-chemické i mechanické vlastnosti, jako je viskozita v roztoku, povrchová aktivita, vlastnosti termoplastického filmu a stabilita vůči biodegradaci, teplu, hydrolýze či oxidaci. Mimo skupiny esterů a etherů řadíme do derivátů také mikrokrystalickou celulózu. Jedná se o ve vodě nerozpustný derivát získaný odstraněním amorfni části celulózy kyselou hydrolýzou. Mikrokrystalická celulóza se v kosmetice využívá jako inertní plnidlo, v zubních pastách nebo v dekorativní kosmetice konkrétně v pudrech a tyčinkách (rtěnky, korektory). Mezi ethery celulózy je řazena např. ethylcelulóza a hydroxyethylcelulóza. Jedná se o látky rozpustné ve vodě. V kosmetických formulacích jsou využívány za účely úpravy reologických vlastností, tvorby gelů či jako stabilizátory pěn a emulzí. Naopak estery celulózy jsou



látky ve vodě nerozpustné. Estery celulózy využívané v kosmetice jsou např. nitrocelulóza nebo karboxymethyl celulóza. Nitrocelulóza neboli nitrát celulózy obsahuje asi 10–12 % dusíku, je rozpustná v organických rozpouštědlech a využívá se v lacích na nehty. Karboxymethyl celulóza je anionický polyelektrolyt. V kosmetice nalézá využití za účely zvýšení viskozity roztoku či stabilizace emulzí. Tyto látky jsou využívány v krémech, šamponech, pleťových vodách a gelech. V kosmetických přípravcích jsou upřednostňovány kvůli menší citlivosti vůči mikrobiální kontaminaci oproti látkám přírodního původu jako je např. škrob, želatina, agar či pektin [9].

## 2 PŘÍRODNÍ POLYMERY

Polymery biologického původu neboli přírodní polymery lze nazývat také jako biopolymery nebo biomakromolekulární látky. Přírodní polymery jsou polymery získávány izolací z přírodních zdrojů, buďto chemickou syntézou biologického materiálu nebo jsou zcela biosyntetizovány živými organismy. Přírodní polymery jsou polymerní látky biologicky dobře odbouratelné, čímž se nehromadí jako syntetické polymery [14].

### 2.1 Úloha přírodních polymerů v přírodě

V přírodě jsou biopolymery velmi rozšířenými látkami a plní zde řadu životně důležitých funkcí. Polysacharidy v přírodě patří mezi nejrozšířenější látky vůbec. Ročně je v přírodě syntetizováno asi  $4 \times 10^{11}$  tun sacharidů, převážně ve formě polysacharidů. Polysacharidy mají důležitou úlohu při stavbě rostlin nebo hub a jsou nepostradatelnou součástí v tělech všech živočichů či mikroorganismů. Polysacharidy jsou důležitým zdrojem energie pro rostliny a živočichy jako tzv. zásobní polysacharidy. Zásobním polysacharidem rostlin je škrob a živočichů glykogen. Tento zdroj energie je důležitý pro různé biochemické reakce. U živočichů polysacharidy ovlivňují např. i srážlivost krve, díky polysacharidu heparin a u rostlin ovlivňují hospodaření s vodou skrze rostlinné gumy a slizy [15].

Bílkoviny neboli proteiny jsou nedílnou a přirozenou součástí všech živých organismů. Bílkoviny tvoří asi 50 % suché hmoty organismů. V organismech plní širokou škálu životně důležitých funkcí. Bílkoviny vytváří organisované vysokomolekulární struktury, které jsou stavebním materiálem buněk a současně buňky řídí. Bílkoviny mají jedinečné funkce podmiňující život, např. se podílí na replikaci DNA, čímž zajišťují dědičnost, schopnost vývoje a také přizpůsobení se změnám okolních podmínek [16].

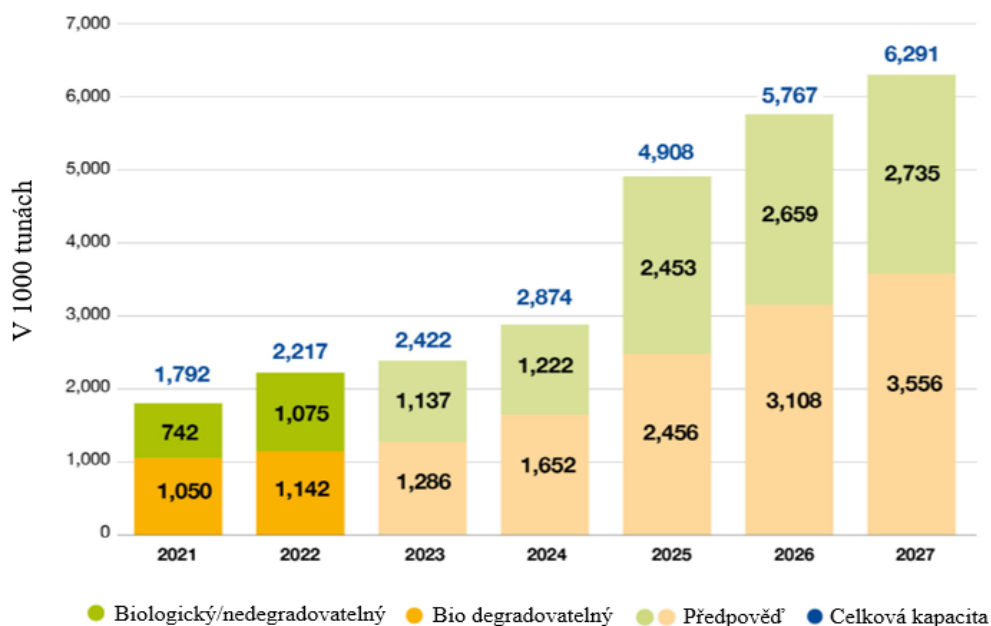
Nukleové kyseliny jsou přítomny ve všech buňkách živých organismů, kde zajišťují genetickou výbavu organismu. Genetická výbava obsahuje informace nezbytné k řízení všech životních procesů. Význam nukleových kyselin spočívá v přenosu a uchování genetické informace [17].

Polyfenolické sloučeniny neboli polyterpeny jsou součástí některých rostlin, kde zastávají především jejich ochranné funkce. V případě poškození rostliny polyterpeny vytékají na její povrch, kde vlivem oxidace ztuhnou a tím chrání rostlinu před bakteriální či houbovou infekcí [17].

## 2.2 Globální produkce přírodních polymerů

Celosvětová produkce syntetických polymerů, přesněji plastů, v roce 2021 činila téměř 390 milionů tun. Z toho téměř 137 milionů tun bylo vyrobeno jako plasty na jedno použití. Tento údaj by se měl do roku 2027 zvýšit o dalších 17 milionů tun ročně. Tento fakt vyvolává neustále velkou hrozbu především pro životní prostředí, udržitelný rozvoj a zdraví všech organismů. Téměř 7 milionů tun plastových odpadků se ročně dostává z pevniny do oceánů, což má negativní vliv na mořský život. Výroba syntetických polymerů také významně přispívá k vytváření skleníkových plynů. V důsledku toho vzrůstá zájem o bioplasty, které by doplnily celosvětovou poptávku po plastech a tím nahradily plasty syntetického původu [18].

Asociace European Bioplastics, se sídlem v Německu, zastupuje zájmy prosperujícího průmyslu bioplastů v Evropě. Asociace představila v roce 2022 pozitivní výhled pro světovou produkci bioplastů; uvedla, že po stagnaci globální produkce bioplastů v roce 2020, zejména kvůli pandemii Covid-19, by se globální produkce měla zvýšit přibližně z 2,23 milionů tun v roce 2022 na přibližně 6,3 milionů tun bioplastů v roce 2027, viz Obr. 2 [19].



Obrázek 2 Schéma globální výrobní kapacity bioplastů do roku 2027 [19]

Do budoucna by pro globální produkci biopolymerů mohl být velmi zajímavý výzkum produkce biopolymerů z potravinového odpadu. Potrava je nezbytnou součástí pro přežití všech forem života na Zemi. Ačkoliv je potrava nezbytná, tak i přesto vzniká obrovské množství potravinového odpadu. Potravinový odpad v posledních letech výrazně zvýšil globální

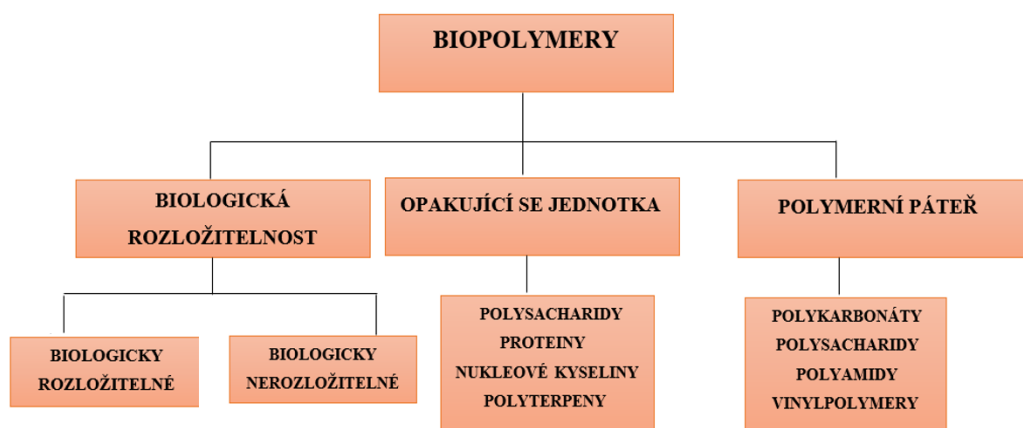
obavy o nedostatek potravin, zhoršení zdraví lidí a znečištění životního prostředí. Potravinový odpad je obvykle ukládán na skládky, kde se rozkládá, což vede ke znečištění životního prostředí, neboť dochází k tvorbě skládkových výluhů a škodlivých plynů. Alternativní řešení poskytuje udržitelný rozklad, který umožňuje udržitelný přístup ke zhodnocení potravinového odpadu za pomoci chemických a biologických metod včetně mikroorganismů, prostřednictvím fermentace a enzymatické hydrolyzy. Pomocí scientometrické analýzy bylo důkladně prošetřeno využití potravinového odpadu pro výrobu biopolymerů a tím řešení globálních problémů, jak s nadměrným potravinovým odpadem, tak s produkcí polymerů syntetických. Biopolymery mohou být syntetizovány z různých kategorií potravinového odpadu, především z ovoce, zeleniny, olejového odpadu nebo odpadu mléčného. Z těchto kategorií potravinového odpadu jsou vyráběny biopolymery včetně polyhydroxyalkanoátů, škrobu, celulózy a dalších. Biopolymery vyráběny z potravinového odpadu mohou nalézt využití od zdravotnictví až po potravinářský průmysl [20].

### 2.3 Klasifikace přírodních polymerů

Biopolymery jsou klasifikovány několika způsoby na základě různých měřítek. Dělí se např. na původní a modifikované neboli chemicky upravené. Nejznámější klasifikací je klasifikace v závislosti na opakující se monomerní jednotce. Podle této klasifikace jsou mezi přírodní polymery řazeny bílkoviny, polysacharidy, nukleové kyseliny a polyfenolické sloučeniny neboli polyterpeny [21].

Základní klasifikace

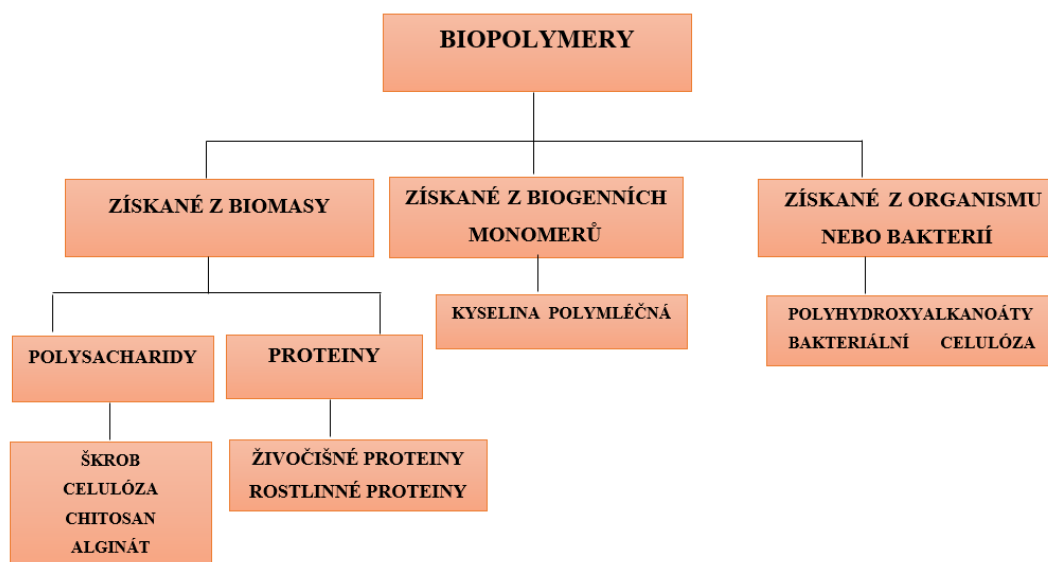
Dle základní klasifikace jsou biopolymery děleny do tří skupin; dle biologické rozložitelnosti, opakující se jednotky a polymerní páteře [14]. Bližší popis základní klasifikace je uveden na Obr. 3.



Obrázek 3 Základní klasifikace biopolymerů [14]

Klasifikace dle zdroje původu

Další klasifikací biopolymerů je klasifikace dle zdroje původu. Biopolymery jsou získávány z organických materiálů a jsou řazeny do tří skupin v závislosti na jejich původu. Biopolymery rozdělujeme dle původu z mikroorganismů, organických monomerů či z biomasy [14]. Bližší rozdělení biopolymerů dle zdroje původu je uvedeno na Obr. 4.



Obrázek 4 Klasifikace biopolymerů dle zdroje původu [14]

Další klasifikace biopolymerů

Biopolymery mohou být také děleny na základě, zda jsou povrchově aktivní, což je většina proteinů nebo jsou naopak povrchově neaktivní, což je většina polysacharidů [14]. Dle klasifikace na základě jejich použití jsou biopolymery děleny na bioplasty, biosurfaktanty, biodetergenty, bioadhezní látky a další [21].

## 2.4 Vliv přírodních polymerů na lidské zdraví

Přírodní polymery jsou považovány za jeden z materiálů budoucnosti, a to především skrze rostoucí obavy ze znečišťování životního prostředí, celkového dopadu na ekologii a lidské zdraví, v závislosti na výrobě a všestranném využívání materiálů syntetických. Biopolymery jsou přirozenou součástí živých organismů nebo jsou jimiž zcela biosyntetizovány, většina biopolymerů je biokompatibilní a neprokazují cytotoxicitu, tudíž lze říci, že biopolymery nejsou pro lidské zdraví nijak zdravotně závadné. V závislosti na potlačení využívání materiálů syntetických nalezneme stále více aplikací biopolymerů mezi různými obory. V současnosti je využití biopolymerů, díky jejich jedinečným vlastnostem, stále více rozšiřováno

do oblastí medicíny a zdravotnictví, potravinářského průmyslu a průmyslu kosmetického. Konkrétní využití biopolymerů v těchto oblastech bude uvedeno v kapitole 2.6. [22].

Očekávaný nárůst používání biopolymerů v budoucích letech je však spojen také se studii kontroverzně upozorňujícími na dopady životního prostředí. Vědecká studie od Liory Fiksel [23] zaměřena na ekologické a zdravotní dopady biopolymerů z roku 2022 popisuje některé z nich. Fiksel především zmiňuje kontroverze související s obnovitelnými surovinami biopolymerů, které zahrnují zvýšení využívání půdy a pracovního rizika, znečištění životního prostředí související s rostoucím využíváním hnojiv a pesticidů při pěstování plodin a chemickém zpracování, s potenciální expozicí na člověka a nepříznivými účinky na lidské zdraví. Mezi další zátěže patří velká spotřeba energie a vody. Zmíněny jsou také problémy s biologickým rozpadem, kompostováním a recyklací biopolymerů, jelikož světová infrastruktura je v současné době pro tyto technologie nedostatečná.

## 2.5 Vlastnosti biopolymerů

Mezi nejdůležitější vlastnosti většiny biopolymerů, z hlediska jejich využití, patří jejich biologická rozložitelnost, výroba z obnovitelných zdrojů, poměrně snadná recyklovatelnost a velikost makromolekul, která je prekurzorem fyzikálních a chemických vlastností biopolymerů. Biopolymery jsou hojně využívány také pro své jedinečné vlastnosti, jako je např. vysoká adsorpční schopnost, snadná funkcionalizace a často výborná biokompatibilita. Použitím biopolymerů, pro jejich mechanické vlastnosti, můžeme dosáhnout zvýšení pevnosti v tahu, pevnosti ohybu a také zvýšení tvarové stálosti za tepla. Zápornými vlastnostmi biopolymerů je jejich rychlá degradace v důsledku převažujícího hydrofilního charakteru a v některých případech nedostatečné mechanické vlastnosti, především ve vlhkém prostředí. V kosmetice je využíváno především vlastností filmotvorných a stabilizujících [24], [25], [26].

## 2.6 Přehled aplikací biopolymerů

Biopolymery mají širokou škálu aplikací. V dnešní době jsou hojně využívány především v kosmetickém, potravinářském, zemědělském a obalovém průmyslu a také v oblasti medicíny a zdravotnictví [27].

### Aplikace biopolymerů v kosmetice

Jak již bylo zmíněno v kapitole 1.3, tak polymery jsou využívány v široké škále kosmetických aplikací. Konkrétně biopolymery v kosmetických přípravcích jsou využívány především jako filmotvorné látky, emulgátory, zahušťovadla, modifikátory, stabilizátory či jako antioxidanty. Biopolymery také mohou plnit funkci pomocných látek v kosmetických formulacích, např. zajišťovat jejich voděodolnost či redukovat pocení. Kromě těchto aplikací jsou přidávány do přípravků proti stárnutí a do vlasové kosmetiky [28]. Konkrétní aplikace vybraných biopolymerů jsou uvedeny v kapitole 3.

### Aplikace biopolymerů v oblasti medicíny a zdravotnictví

Mezi rozsáhlé medicínské aplikace patří proliferace buněk, regenerace a náhrada tkání nebo řízené podávání léků. Biopolymery nalezneme ve zdravotnických prostředcích pro své antibakteriální účinky, pachuprostost, pozitivní účinky k dodání či podpoře léčiva a také jako materiály schopné dobré adheze, krytí, okluze, izolace nebo inhibice kontaktu. Známými příklady jejich využití jsou cévní štěpy nahrazující měkké tkáně, prsní implantáty, nitrooční čočky, kontaktní čočky, umělá srdce, stěny, krevní náhrady, umělé cévy, katetry, kloubní náhrady, umělá kůže, zubní implantáty či náhrady a také srdeční asistenční zařízení a implantabilní pumpy viz Tab. 2 [27], [28].

Biopolymery mohou být také ve formě nanočástic živočišného, rostlinného, řasového, houbového či bakteriálního původu. Nanočástice nachází uplatnění např. v oblasti podávání léčiv, tkáňovém inženýrství nebo při hojení ran, jelikož umožňují účinnou enkapsulaci mnoha terapeutických látek jako jsou např. bioaktivní sloučeniny, léčiva, antimikrobiální látky, extrakty a esenciální oleje na bázi proteinů a polysacharidů. Mezi takové proteiny může patřit albumin, kasein, kolagen, želatina, keratin, hedvábný fibroin a sericin; z polysacharidů pak chitosan, celulóza, arabinogalaktán, inulin, pektin, škrob, alginát nebo xanthanová guma. Biopolymerní nanočástice zajišťují ochranu před degradací v gastrointestinálním traktu, zabraňují potenciálním vedlejším toxickým a cytotoxickým účinkům terapeutických látek, a také zajišťují kontrolované uvolňování v cílových místech. Tyto schopnosti biopolymerních

nanočástic je činí obzvláště slibnými pro perorální podání tablet z důvodu toho, že po uvolnění léčivých látek není potřeba biopolymery např. chirurgicky z těla odstraňovat, jelikož nejsou tělu škodlivé a jsou z těla samovolně vyloučeny a také omezují rezistenci pacientů vůči léčivu [27], [28].

Na základě vyhodnocení článku [29] převažují studie o využití polysacharidových nanočástic pro medicínské aplikace. Chitosan patří mezi nejstudovanější biopolymery pro přípravu nanočástic pro úspěšné podávání různých terapeutických látek, jak bylo prokázáno díky četným *in vitro* studiím. Chitosan je jeden z nejnaději dostupných a ekonomicky nejvýhodnějších biopolymerů pro komerční použití. Nicméně i přes svůj vynikající potenciál jsou chitosanové nanočástice živočišného původu méně doporučovány pro terapeutické účely, kvůli možnému přenosu nemocí ze zvířat na člověka. Proto je do budoucna doporučeno se zaměřit spíše na nanočástice na bázi rostlinných a mikrobiálních polysacharidů, které je možno syntetizovat z méně rizikových řas.

Tabulka 2 Nejčastěji využívané biopolymery v medicíně a jejich aplikace [27]

BIOPOLYMER	MEDICÍNSKÁ APLIKACE
Kolagen	Povrchová úprava destiček pro tkáňové kultury Jednoduché gely pro kultivaci buněk
Alginát	Regenerativní medicína Tkáňové inženýrství
Kyselina hyaluronová	Ošetření a promazávání poškozených kloubů Hojení kožních a rohovkových ran
Fibrin	Srážení krve, hojení ran Hemostatický prostředek, tmel a chirurgické lepidlo
Hedvábný fibroin	Regenerativní medicína, biotkáňové inženýrství Léčba ran
Elastin	Rekonstrukce měkkých tkání a zapouzdření buněk Ortopedie
Keratin	Tkáňové inženýrství Regenerace kůže
Škrob	Regenerace kostí a chrupavek Léčba poranění míchy
Polyhydroxyalkonáty	Systémy pro podávání léčiv Regenerace tkání
Agaróza	Regenerace kosterních tkání Zapouzdření ledvin a fibroblastů



### Aplikace biopolymerů v potravinářském průmyslu

Většina potravinářských výrobků je složena především z polysacharidů, konkrétně ze škrobu a celulózy, bílkovin a také stopového množství polynukleotidů, které se nacházejí v buněčném materiálu. V potravinářství jsou biopolymery využívány pro své nutriční hodnoty nebo jsou využívány jako přísady pro své specifické funkce. Specifické funkce biopolymerů v potravinářství představují možnosti vytváření či stabilizaci mikrostruktury potravin a další fyziologicko-biologické funkce. Z uvedeného hlediska jsou děleny na emulgátory a stabilizátory, zahušňovadla či želírující látky. V těchto případech jsou biopolymery obvykle dispergovány ve vodě, čímž vytvářejí viskózní roztoky, disperze, gely, stabilizátory pro emulzní olejové kapky a také slouží k tvorbě pěn. Další důležité využití biopolymerů v potravinářství je tvorba jedlého povlaku potravin, který je aplikován např. na ovoci, sýrech nebo cukrovinkách. Jedlý povlak zabraňuje přenosu virů a mikroorganismů a napomáhá prodloužit trvanlivost potravin.

Využití biopolymerů pro jejich další fyziologické a biologické vlastnosti, mimo nutriční hodnoty, lze popsat jako vliv biopolymerů na potraviny a lidské zdraví. Biopolymery jsou široce používány do různých potravinářských receptur z důvodů uvedených v Tabulce 3, avšak některé biopolymery disponují také dalšími zdravotními výhodami při jejich požití. Účinky biopolymerů na lidské zdraví závisí především na požité dávce. Obecně platí, že zdraví prospěšné účinky biopolymerů jsou při vyšších dávkách, než je jejich obsah v potravinářských výrobcích. Například úroveň využití guarové gumy v potravinách je méně než 1 %, aby však bylo dosaženo zdraví prospěšných účinků u tohoto biopolymeru, musel by obsah použití být mezi 3–5 %. Bohužel vyšší obsah guarové gumy v potravinách způsobuje negativní slizký pocit v ústech. Biopolymery jako jsou pektin, psyllium, beta-glukany a guarová guma prokazatelně snižují hladinu cholesterolu a LDL v lidském těle. Některé biopolymery obsažené v potravinách mají také významné antioxidační a antimikrobiální schopnosti v lidském organismu.

Biopolymery mají také účinek na střevní zažívání, konkrétně na prodloužení pocitu sytosti nebo napomáhají hubnutí. Je známo mnoho léků nebo doplňků stravy, které jsou navrženy k usnadněnému úbytku hmotnosti. V těchto doplňcích jsou často obsaženy biopolymery, které v gastrointestinálním traktu ovlivňují vstřebávání živin tím, že mechanicky brání procesu trávení, čímž zapřičiňují slibné účinky k hubnutí a udržení hmotnosti. Biopolymery také mohou negativně ovlivňovat chuť k jídlu [27], [28].

Tabulka 3 Nejčastěji využívané biopolymery v potravinářství a jejich aplikace [28]

BIOPOLYMER	POTRAVINÁŘSKÁ APLIKACE
Agar	Zahušťovadlo Projímadlo, potlačení chutě k jídlu
Pektin	Zahušťovadlo, stabilizátor
Škrob	Pojivo, plnivo
Guarová guma	Zahušťovadlo, stabilizátor
Želatina	Zahušťovadlo Jedlý povlak
Alginát	Zahušťovadlo
Celulóza	Zahušťovadlo, stabilizátor
Kolagen	Zadržování vody nebo oleje Absorpce, želírování Pěnovost, emulgační vlastnosti
Xanthanová guma	Zahušťovadlo, stabilizátor

#### Další aplikace biopolymerů

Jak již bylo zmíněno biopolymery jsou hojně využívány jako alternativa syntetických plastů. Plasty z biopolymerů jsou využívány zejména v obalovém průmyslu, nejčastěji u jednorázových obalů, např. u obalů potravin, kde biologická rozložitelnost je skutečnou výhodou, jelikož je možné obaly recyklovat společně s potravinovým odpadem za účelem jejich rozkladu. Bioplasty své využití nalézají také v oblastech techniky.

Dalším velmi důležitým využitím biopolymerů je výroba biopaliva. Biopalivo je vyráběno z biomasy, což je obnovitelný biologický materiál. Výroba biopaliva je šetrnější pro životní prostředí a celkovou ekologii. Velkou výhodou je také nižší cena výchozích surovin. Z těchto důvodů se v budoucnu může jednat o alternativní náhradu fosilních paliv vyráběných z neobnovitelných zdrojů [27].

Biopolymery se v posledních letech staly zájmem také několika výzkumů pro zemědělský průmysl, zejména v oblasti geotechnického inženýrství pro zlepšení a stabilizaci půdy. Používání příměsí do zemin za účely zlepšení jejich vlastností a stabilizace je známo již od starověku. Avšak konvenční příměsí do půd způsobují značné ekologické problémy spojené např. s emisemi oxidu uhličitého. Z těchto důvodů roste zájem o příměsí na bázi biopoly-

merních látek. V posledních desetiletích byla provedena řada studií [30], [31], [32] zaměřujících se na vhodnost a účinnost různých biopolymerů pro zlepšování půd. Mezi takto využívané biopolymery patří např. xanthanová guma, agar nebo guarová guma. Tyto biopolymery jsou schopny absorbovat velké množství vody, díky čemuž jsou využívány ke snížení propustnosti písčitéch zemin vyplněním jejich pórů, čímž je docílena zvýšená odolnost půdy vůči erozi [33].

### 3 VYBRANÉ BIOPOLYMERY S UPLATNĚNÍM V KOSMETICE

Použití biopolymerů v kosmetickém průmyslu má zvláštní význam vzhledem k jejich biokompatibilitě, bezpečnosti a šetrnosti k životnímu prostředí, nepřebornému množství aplikací a vysoké prodejnosti. V posledních letech se kosmetické přípravky s biopolymery staly velmi atraktivní a dostupné pro spotřebitele [9].

Dle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1223/2009 ze dne 30. 11. 2009 o kosmetických přípravcích, s platnou účinností od 11. 7. 2013, je kosmetických přípravek definován jako „*jakákoli látka nebo směs látek určená pro styk s vnějšími částmi lidského těla (pokožkou, vlasovým systémem, nehty, rty, vnějšími pohlavními orgány) nebo se zuby a sliznicemi ústní dutiny, výhradně nebo převážně za účelem jejich čištění, parfemace, změny jejich vzhledu, jejich ochrany, udržování v dobrém stavu nebo úpravy tělesných pachů*“ [34].

V kapitolách 3.1–3.3 jsou popsány vybrané skupiny biopolymerů s uplatněním v kosmetice, současný stav výzkumu a jejich aplikace v kosmetických přípravcích.

#### 3.1 Polysacharidy

Polysacharidy jsou složeny ze sacharidů s několika hydroxylovými skupinami, které vzhledem ke svému chemickému složení umožňují silnou interakci s vodou. Je známa řada funkčních polysacharidů, které je možno aplikovat jako filmotvorné látky, želírující látky, zahušťovadla, suspenzní látky, kondicionéry či emulgátory. Tyto funkce vyplývají z fyzikálních a chemických vlastností jednotlivých polysacharidů [35]. V podkapitolách 3.1.1–3.1.4 jsou popsány nejvyhledávanější zástupci této skupiny kosmetických přísad.

##### 3.1.1 Škrob

Škrob je makromolekulární látka, která se vyskytuje pouze v rostlinách. Škrob se skládá z glukózových jednotek, především pak z amylozy a amylopektinu. Konkrétní vlastnosti škrobu závisí na druhu rostliny, ze které je škrob získáván. Nejvíce škrobu obsahují rýže, pšenice, kukuřice, brambory či tapioka. Pro aplikace v kosmetickém průmyslu jsou nejvýznamnější škroby kukuřičný či rýžový [36].

### Kukuřičný škrob

INCI: *Zea Mays (corn) Starch*

CAS: 9005–25–8

Kukuřičný škrob je získáván pomocí mokrého mletí kukuřice. Tímto procesem lze z kukuřičných zrn získat škroby nemodifikované (nativní), modifikované, tekuté hydrolyzované a také maltodextriny, dextrózu, lepek či kukuřičný olej.

Nemodifikovaný kukuřičný škrob pro kosmetické přípravky nabízí všestranné využití pro topické aplikace, jak po funkční, tak i senzorické stránce. Nejčastěji se můžeme setkat s technologií smícháním surové granulované formy s ostatními suchými složkami receptury. Pokud se jedná o formulaci připravovanou za horka, je doporučováno škrob přidávat do systému až během fáze ochlazování, aby nedošlo k porušení granulí škrobu. Škrob je přidáván především za účely dosažení hedvábné a jemné pokožky po aplikaci přípravku. S ohledem na tyto vlastnosti je kukuřičný škrob používán v dekorativní kosmetice, mastech a krémech nebo ve vlasové kosmetice v suchých šamponech. Sypký kukuřičný škrob může být jen v prosté práškové formě nebo lisován. Díky pórovité struktuře částic výborně absorbuje kožní maz a pot. U emulzních systémů kosmetických přípravků lze přidáním kukuřičného škrobu zmírnit pocit lepkavosti a mastnoty. Nemodifikovaný kukuřičný škrob může být dle typu přípravku obsažen od 1 % až do 90 % [37]. Receptury obsahující kukuřičný škrob jsou uvedeny v Tabulce 4.

### Rýžový škrob

INCI: *Oryza Sativa Starch*

CAS: 9005–25–8

Rýžový škrob je v kosmetice využíván především jako absorbent. Vyskytuje se především v suchých šamponech, jelikož velmi účinně umožňuje absorbovat přebytečný maz vlasové pokožky. Rýžový škrob se také využívá jako plnivo nebo je využíván k regulaci viskozity kosmetických přípravků. Dle vyhledávače INCI Beauty je rýžový škrob obsažen v 0,65 % veškeré kosmetiky, z toho tvoří 64,56 % suché šampóny; 2,75 % kompaktní pudry; 2,12 % pleťové peelingsy a zbylá procenta krémové nebo gelové masky a pleťové krémy [38]. Vzhledem k nízké ceně a snadné dostupnosti je jednou z nejvýznamnějších surovin používaných pro nahrazení syntetických polymerů, a to nejen v kosmetickém průmyslu [39].

Tabulka 4 Receptura přírodního kompaktního pudru a suchého šamponu [37]

Ingredience (INCI)	Kompaktní pudr		Suchý šampon	
	Obsah [%]	Funkce	Obsah [%]	Funkce
<i>Micronized Titanium Dioxide</i>	45,8	UV filtr	–	–
<i>Zea Mays Starch</i>	10,0	Absorbent	80,0	Absorbent, plnivo
<i>Lauroyl Lysine</i>	4,5	Kondicionér	–	–
<i>Mica</i>	15,3	Texturizátor	–	–
<i>Calcium Starch Octenylsuccinate</i>	8,0	Modifikátor pocitu na kůži	–	–
<i>Aluminum Starch Octenylsuccinate</i>	–	–	10,0	Absorbent
<i>Iron Oxide (Russet, Yellow, Black, Brown)</i>	11,4	Pigmenty	–	–
<i>Caprylic /Capric Triglyceride</i>	4,0	Změkčovaadlo	–	–
<i>Silica</i>	–	–	5,0	Absorbent, protispékavá látka
<i>Sodium Carbonate</i>	–	–	2,0	Absorbent
<i>Fragrance, Preservative</i>	Do 100,0		Do 100,0	

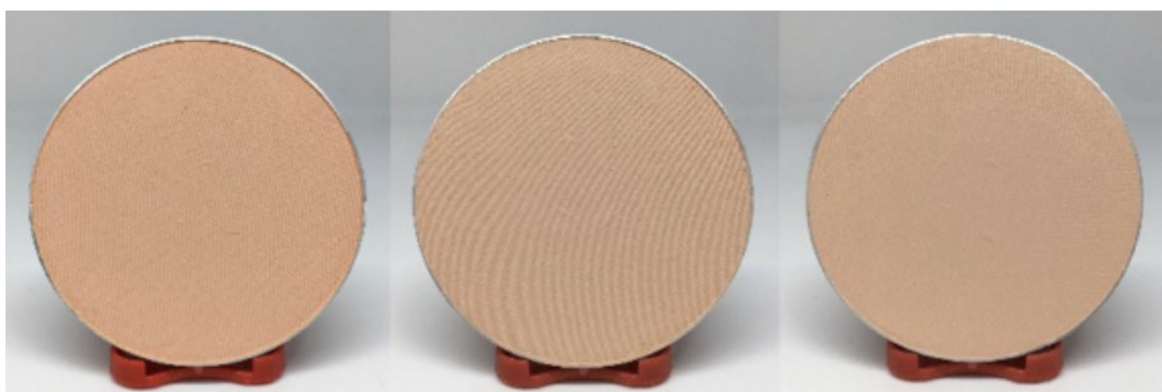
#### Škroby z netradičních surovin

Koncept udržitelnosti cirkulární ekonomiky přispívá ke zvýšení kvality životního prostředí i zpracováním rostlinných odpadů, ze kterých mohou být získány právě škroby využitelné v kosmetice.

Vědecká studie [40] se zabývá získáváním a aplikací škrobu z nezralých plodů banánovníku *Musa acuminata* a *Musa sapientum* L. rostoucích v Thajsku, pro tamní spotřebu a vývoz. Poškozené nebo příliš malé banány jsou vyřazeny a stávají se odpadem. Proto jsou hledány možnosti jejich využití např. coby krmiva pro zvířata, ale mají nízkou nutriční hodnotu. Výroba škrobu z banánů je, jak ekonomicky, tak ekologicky výhodnější. Studie uvádí výtěžek 17–23 % škrobu z nezralých loupaných plodů obou odrůd. Morfologie škrobových granulí byla oválná s protáhlými tvary u velkých granulí a kulatá u granulí malých.

Ve studii byl vytvořen tělový a kompaktní pudr s obsahem škrobové složky v rozmezí 5–20 hm. %. Bylo zjištěno, že produkty s obsahem škrobu v rozmezí 5–15 hm. % poskytují hladký a měkký omak podobný vybrané základní formulaci. Naopak při obsahu vyšším než 15 hm. %, produkty vykazují méně hladký a měkký omak. Tělový pudr s 15 hm.% obsahem

banánového škrobu vykazoval světle žlutou barvu s lehkou banánovou vůní a skluzové vlastnosti podobné základní formulaci. U kompaktního pudru s obsahem 15 hm. % banánového škrobu produkt vykazoval béžovou barvu v důsledku použití jiných barviv ve složení, s lehkým banánovým oděrem, viz Obr. 5. Výsledky studie prokazují, že banánové škroby vykazují výborné absorpční schopnosti, které je senzorycky předurčují do práškových forem přípravků při maximálním obsahu 15 hm. %, škroby by také mohly být potencionální náhražkou mastku v práškových formulacích.



Základní kompaktní pudr    Pudr obsahující *M. acuminata*    Pudr obsahující *M. sapientum* L.

Obrázek 5 Vzhled kompaktních pudrů [40]

Ve studii [41] autoři použili deriváty piniového škrobu a extrakt ze slupek pinie jako novou kosmetickou surovinu. Piniový škrob a extrakt ze slupek pinie byly přidány do gelových a emulzních přípravků, kde zlepšily jejich stabilitu, roztíratelnost a zvýšily viskozitu. Studie s dobrovolníky navíc ukázala, že přípravky neiritují pokožku a neovlivňují negativně ani její pH. Dalším zjištěným benefitem derivátů piniového škrobu je obsah fenolických sloučenin s antioxidační aktivitou.

Autoři studie [42] vytvořili filmy na bázi škrobu a celulóзовých nanovláken s inkorporovaným esenciálním olejem z čajovníku a poté bylo zkoumáno jejich antimikrobiální použití. Bylo zpozorováno, že film inhibuje růst grampozitivních bakterií, čímž bylo prokázáno, že biopolymery představují potenciál pro matrice uvolňování přírodních sloučenin.

### 3.1.2 Celulóza

INCI: *Cellulose*

CAS: 9004–34–6

Celulóza je považována za nejrozšířenější látku přírodního původu, vyskytující se v buněčných stěnách rostlin. Chemickým složením se celulóza podobá škrobu. Taktéž se jedná o levnou surovinu, bez alergických či iritačních účinků. Celulóza je nejčastěji využívána modifikovaná. Využití modifikovaných polymerů celulózy v kosmetice je popsáno v kapitole 1.3.2. Samotná celulóza je v kosmetice využívána pro své absorpční účinky, funguje jako plnivo a pojivo, zvyšuje viskozitu přípravků nebo přispívá k jejich transparentnosti. Ve vlasové kosmetice napomáhá lepší roztíratelnosti přípravků [36]. Dle vyhledávače INCI beauty je celulóza nejvíce využívána v řasenkách, očních linkách, pleťových a tělových peelinzích [38].

Vývoj bakteriální celulózy (BC) je v posledních letech nejvíce vědecky studované téma, spojeno s celulózou, které je využitelné i v oblasti kosmetiky. Disponuje skvělými kosmetickými vlastnostmi, nízkou cenou a širokými možnostmi použití [43]. Průkopnickou klinickou studií, autorů Amnuait a kolektiv [44], se 30 zdravými thajskými jedinci, byla aplikace masky vyrobené fermentací bakterií *Acetobacter xylinum* v rýžovém substrátu. Masky byly sterilizovány párou při teplotě 121 °C, a poté testovány na hydratační kapacitu po dobu 25 minut. Po jejím odstranění byla vyhodnocena úroveň vlhkosti a šupinatění, elasticity a dalších parametrů pokožky. Výsledky prokázaly, že BC u všech dobrovolníků výrazně zvýšila hydrataci pokožky po jednorázové aplikaci bez jakékoliv iritace.

V roce 2013 Almeida a kol. [45] testovali BC jako možný adhezivní materiál pro kosmetické přípravky. Autoři vyrobili BC membrány pomocí bakterií *Gluconacetobacter sacchari* v tekutém médiu. Po aplikaci přípravku na kůži bylo provedeno dvojí vizuální hodnocení pokožky, kdy nebyla pozorována žádná vysoká míra podráždění kůže, čímž byla opět potvrzena bezpečnost BC.

Numata a kol. [46] studovali BC také jako potencionální nosič a distributor kosmeticky aktivních látek. V této studii byly vyrobeny gely BC biosyntézou z fermentace bakterií *Gluconacetobacter xylinus* v tekutém médiu za dobu 3 týdnů při konstantních podmínkách, poté byly provedeny testy *in vitro*, které potvrdily možnost BC využívat v kosmetickém průmyslu.



Zajímavou studii provedl v roce 2017 Khalida a kol. [47], kdy byly membrány BC vyrobené z bakterií *Gluconacatocter xylinus* v tekutém médiu inkorporovány ZnO a testovány na 20 myších za účelem posouzení schopnosti regenerace tkání. Poté v *in vitro* testech byly zvířatům s popáleninami v jedné skupině rány ošetřeny nanokompozity BC-ZnO a v druhé skupině pouze BC. Výsledkem studie bylo dosažení optimálního účinku BC pro potencionální hojení tkání spolu s antimikrobiální aktivitou. Ve studii z roku 2021, Singh a kol. [48], vytvořili mukoadhezivní BC pro perorální aplikace k ochraně tkáně při hojení. Mukoadhezivní BC byla testována *ex vivo* a testy prokázaly, že výrobek vydržel 7 dní ponořen ve vodném prostředí beze změny hodnot smykového napětí. Studie potvrdila potenciál BC pro novou léčbu onemocnění a poranění v ústní dutině.

Další studie [49], [50], [51] prokázaly taktéž pozitivní účinky BC jako kosmetické přísady vhodné pro vývoj bezpečné přírodní kosmetiky. Opět bylo potvrzeno zvýšení hydratace pokožky po aplikaci přípravku, absence cytotoxicity či iritace pokožky, ale také např. zvýšení biologické dostupnosti kurkuminu a vitamínu B do organismu, použití BC v liftingových přípravcích nebo v lepidlech určených pro kosmetické potřeby. Neustálý nárůst počtu publikací týkajících se využívání BC v kosmetice v posledních letech vykazuje, že se jedná o rostoucí oblast výzkumu i průmyslu [43].

### 3.1.3 Chitosan

INCI: *Chitosan*

CAS: 9012–76–4

Chitosan je typ vlákniny získávaný z polysacharidu chitin. Hlavním materiálem pro výrobu chitosanu je obvykle odpad (vnější pláště) biomasy mořských korýšů, nejčastěji krabů, raků, krevet nebo chobotnic, kdy ročně je získáno na miliony tun chitosanu z tohoto zdroje. Alternativní zdroj zisku chitosanu poskytuje hmyz a houby. Hmyzem využívaným k získávání chitosanu jsou dymnivky, cikády, slunéčka a brouci, ze zástupců hub jsou využívány např. houby *Pleurotus sajor-caju*, *Lentinula edodes* nebo *Agaricus bisporus*. Chitosan je připravován dvěma hlavními způsoby, a to biologickým či chemickým. Chitosan zlepšuje celkovou odolnost organismu a je mu přisuzován mírný antimikrobiální účinek, jelikož je aktivní proti plísním a kvasinkám. V kosmetickém průmyslu je chitosan využíván jako filmotvorná látka, hydratační látka, zahušťovadlo, antioxidantní či antibakteriální látka, modifikátor reologických vlastností nebo jako fixátor. Nejčastějšími kosmetickými formami s chitosanem

jsou krémy, pěny, gely, deodoranty a antiperspiranty či přípravky vlasové kosmetiky. Hlavním omezením při použití čistého chitosanu je jeho špatná rozpustnost ve vodě díky přítomnosti funkčních skupin, nicméně jejich přítomnost umožňuje široké možnosti jeho modifikací [36], [52].

Chitosan je využíván ve vlasové kosmetice díky zlepšování konzistence přípravků a přilnavosti dalších látek k vlasům. Kondicionující účinek chitosanu vyplývá také z jeho kladného náboje, který neutralizuje náboj poškozených vlasů. Chitosan vytváří na povrchu vlasu film a činí vlas jemnější a silnější [52]. Kojima a kol. [53] ve své vědecké studii ověřovali působení chitosanu na vlasy. Schopnost proniknutí chitosanu do vlasu byla provedena pomocí hmotnostní spektrometrie, kdy byly porovnány vlasy barvené s vlasy nebarvenými. Výsledky studie ukázaly vyšší stupeň chitosanu v barvených vlasech, což potvrzuje destruktivní účinky kadeřnických úprav a schopnost chitosanu zabudovat se do struktury vlasu. Další potencionální úloha chitosanu v kosmetice se týká ochrany proti UV záření. Chitosan vykazuje absorpci pod 400 nm, což umožňuje jeho fotoprotektivní účinky. Chitosan v tomto ohledu může být užitečnou látkou zvyšující ochranu jiných UV filtrů nebo může zmírňovat účinek proti UV záření na kůži [52]. Bikiaris a kol. [54] ve své vědecké studii získali chitosanové nanočástice, které poté enkapsulovali do šťávy z granátového jablka a následně vytvořili emulzi. Výsledky ukázaly taktéž zvýšenou ochranu proti UV záření v systémech obsahující chitosan ve srovnání s kontrolním vzorkem.

Díky své antimikrobiální aktivitě je chitosan využíván v deodorantech a antiperspirantech, kde snižuje tvorbu metabolitů způsobujících zápach při interakci potu s pokožkou. Pro tyto vlastnosti je taktéž žádoucí složkou v kosmetice proti akné. Antimikrobiální aktivita chitosanu má také velký význam ve zdravotnictví, konkrétně v ústní dutině, kde bakterie hrají zásadní roli ve vzniku zubního plaku. Z těchto důvodů je chitosan přidáván do žvýkaček, zubních past nebo ústních vod. Tabulka 5 udává minimální inhibiční koncentrace (MIC) chitosanu pro jednotlivé bakteriální kmeny, včetně akné bakterií [54].

Tabulka 5 MIC chitosanu pro uvedené bakteriální kmeny [54]

Bakteriální kmeny	MIC chitosanu ( $\mu\text{g/ml}$ )
<i>Vibrio cholerae</i>	60
<i>Pseudomonas aureginosa</i>	32/60
<i>Staphylococcus aureus</i>	16/80
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	64
<i>Cutibacterium acnes</i>	512
<i>Streptococcus sp.</i>	60
<i>Salmonella sp.</i>	80
<i>Escherichia coli</i>	80
<i>Proteus vulgaris</i>	50

### 3.1.4 Kyselina hyaluronová

INCI: *Hyaluronic acid*

CAS: 9004–61–9

Kyselina hyaluronová (KH) je polysacharid běžně se vyskytující v přírodě, je hlavní součástí mezibuněčných hmot a tkání organismů. Struktura KH je poměrně jednoduchá, avšak její vlastnosti se mění v závislosti na vzrůstající velikosti molekuly a jejího prostorového uspořádání. Kyselina hyaluronová má schopnost vázat velké množství vody a tím napomáhat hojení jizev. V kosmetice je využívána především pro své vlastnosti posilovat pevnost a pružnost pokožky, podporovat tvorbu nových kolagenových a elastinových vláken a pronikat do hlubších vrstev pokožky, tím pleť hydratovat zevnitř, vyživovat nebo vyhlazovat. Nejvíce je využívána v pleťových krémech a sérech, rtěnkách a make-upech [36], [38].

Řada vědeckých studií zaměřujících se na KH v posledních letech je věnována inovativnímu postupu vpichování KH jako dermálních výplní za účelem vylepšení estetického vzhledu [55]. Uvedená možnost využití KH bude popsána v kapitole 4, neboť přesahuje kosmetické uplatnění.

V roce 2011 Hašová a kol. [56] provedli studii zaměřující se na použití KH v přípravcích proti slunění. Výsledek studie prokázal nejenom protektivní účinnost KH, ale také schopnost zlepšit pevnost pokožky. Aktivita ochrany před sluncem je vztahována k antioxidačním vlastnostem KH.

V poslední době je KH začleňována také častěji do přípravků vlasové kosmetiky pro její schopnost revitalizace vlasových folikulů [55]. Ve studii [57] bylo navíc potvrzeno, že KH

přispívá k minimalizaci oxidačního stresu vlasových folikulů, který je spouštěn řadou vnitřních a vnějších faktorů. Hlavním externím spouštěčem je UVA záření. Studie prokázala, že formulace obohacené o KH se podílejí na redukci zánětlivých reakcí snížením zánětlivého markeru IL-8 a keratinocytů. Tato biologická aktivita byla potvrzena testováním *in vitro* s použitím buněčné linie dermální papily lidských folikulů. Kyselina hyaluronová je také využívána v produktech péče o nehty, kde dodává lámavým nehtům pevnost, změkčuje nehtové ploténky, zlepšuje odolnost a celkový vzhled nehtu, jelikož vykazuje dobrou adhezi, která se týká iontové interakce mezi kladně nabitou kyselinou a povrchem nehtu. Díky této vlastnosti je umožněno žádoucí rozetření přípravku, prodloužení doby kontaktu a účinnější dodání látky do nehtu [55]. Kyselina hyaluronová zlepšuje stav suché pleti, zároveň však její účinky jsou přínosné i u pleti mastné. Výsledky experimentálních a klinických studií provedeny Jungem a kol. [58] udávají, že KH má zásadní roli při snižování syntézy lipidů, čímž je schopna snižovat sekreci mazových žláz.

## 3.2 Bílkoviny

Bílkoviny neboli proteiny jsou nenahraditelnou složkou konvenční i přírodní kosmetiky. Většina bílkovinových derivátů vhodných pro kosmetické účely je získávána z jednoduchých nebo složených bílkovin živočišného či rostlinného původu pomocí hydrolýzy. Bílkoviny v kosmetickém průmyslu plní řadu důležitých funkcí, které zlepšují kvalitu výrobků a napomáhají zvýšit jejich účinnost. V kosmetice jsou bílkoviny využívány především jako péstící, změkčující a ochranné složky [36].

### 3.2.1 Kolagen

INCI: *Collagen*

CAS: 9007–34–5

Kolagen je typ bílkoviny nacházející se v chrupavkách a dalších pojivových tkáních živočichů. Tvoří asi 70 % lidské kůže a 30 % celkového objemu lidského těla. Kolagen je účinnou látkou v plastické chirurgii, kde je využíván jako výplň do rtů nebo obličeje. V kosmetickém průmyslu má kolagen velmi dobrý potenciál, je k dostání v tekuté či hydrolyzované formě jako prášek. Jeho velkou výhodou pro použití v kosmetice je jeho dobrá rozpustnost ve vodě. Kolagen je využíván v kombinaci s dalšími látkami, které stimulují jeho přirozenou tvorbu biochemickými procesy v těle. Kolagen je využíván ve výrobcích péče o pleť, vlasy, oční

okolí, anti-agingových řadách, barvách na vlasy, make-upech či řasenkách. Zpomaluje projev stárnutí, snižuje viditelnost vrásek, změkčuje pokožku, udržuje hydrataci pokožky a dodává vlasům lesk a objem. Dále se přidává do kosmetických přípravků na zpevnění pokožky, zmírnění celulitidy či strií [36].

V posledních letech se začaly hojně v kosmetickém průmyslu používat kolageny z mořských živočichů, řas a hub, čímž narostl velký počet studií zaměřených právě na mořský kolagen. Mořský kolagen je bezpečnější alternativní formou dříve velmi hojně využívaných kolagenů hovězího a vepřového, které byly možnými přenašeči zvířecích chorob. Lidská kůže je tvořena převážně kolageny typu I, III a V, z nichž dominantním kolagenem je typ I [59]. Alves a kol. [60] se ve svém vědeckém výzkumu zaměřili právě na kolagen typu I a potvrdili hojně zastoupení tohoto typu kolagenu v kolagenu mořském. Lze říci, že mořský kolagen je tedy nejžádanějším zdrojem kolagenu v kosmetice. Mořský kolagen je získáván např. z kůží a šupin ryb tlamouna nilského, kapra stříbřitého, lososa obecného nebo tresky obecné, mořských hub či medúz. Bylo provedeno srovnání kosmetických krémů s obsahem kolagenu získaného z mořské houby a krému s obsahem savčího kolagenu a ze srovnání lze konstatovat, že jejich účinky na pH, hydrataci a kožní maz pokožky byly srovnatelné [61]. Mořský kolagen vykazuje však omezené použití v emulzních přípravcích, které se připravují s ohřevnými fázemi vody a oleje z důvodu nízké teploty denaturace. V emulzích s vysokou teplotou emulgace je využíváno kolagenu hydrolyzovaného [59].

Nejvíce studií zaměřených na využití kolagenu je zaměřeno na urychlení hojení ran a regeneraci tkání. Tyto schopnosti kolagenu dokazují např. studie [62], [63] a mnoho dalších. Kolagen je mimo jiné také hlavní složkou několika hydrogelů, které jsou využívány jako tzv. zkrášlující masky. Tento typ kosmetiky slouží k obnovení pružnosti pokožky a podporuje účinky proti stárnutí [59].

### 3.2.2 Keratin

INCI: *Keratin*

CAS: 68238–35–7

Keratin je stavební bílkovinou vlasů, chlupů a nehtů živočichů. Samotný keratin je nerozpustný ve vodě, proto se keratin v kosmetickém průmyslu využívá ve formě keratinových aminokyselin či hydrolyzovaného keratinu. Keratinové aminokyseliny jsou využívány pro své silně hydratační účinky především na vlasy, ale také na pokožku. Ve vlasové kosmetice

jsou využívány pro schopnost zacelovat poškozené porézní vlasové vlákno, což činí vlasy pevnější, lesklejší a hebké na dotek. Keratinové aminokyseliny také zabraňují vypadávání vlasů a mají antistatický účinek. Keratinové aminokyseliny jsou využívány v šamponech, kondicionérech a pleťových či tělových přípravcích [36]. Hydrolyzovaný keratin je v kosmetice využíván především pro schopnost vytvoření ochranného filmu, vyhlazení struktury vlasů či nehtů, zvýšení plasticity přípravků, regulace konzistence přípravků či k podpoře tvorby pěny. Hydrolyzovaný keratin je běžně využíván v šamponech, kondicionérech, pleťových vodách, řasenkách či lacích na nehty [64].

V roce 2017 Mokrejš a kol. [64] vytvořili studii zaměřenou na kosmetický a dermatologický potenciál keratinového hydrolyzátu. Byly připraveny emulze olej ve vodě obsahující odlišné procentuální zastoupení hydrolyzovaného keratinu v obsahu 2 %, 4 % a 6 %. Klinická studie byla provedena na 10 ženách s věkovým průměrem 27 let. Bylo zjištěno, že keratinový hydrolyzát v emulzní matrici o obsahu 2 % vykazoval dobré hydratační účinky při testování po dobu 48 hodin, kdy hydratace *stratum corneum* byla zvýšena o 14–23 %. Keratinový hydrolyzát s procentuálním zastoupením 4 % vykazoval vysoce účinné okluzivní schopnosti, jelikož zabraňoval transepidermální ztrátě vody. Pozitivní vlastnosti keratinového hydrolyzátu, jako je hydratace a okluzivní schopnost, byly připisovány široké distribuci molekulové hmotnosti keratinového hydrolyzátu ve vztahu k nízkomolekulárním frakcím, které jsou schopny pronikat do pokožky. Naopak frakce s vyšší molekulovou hmotností na pokožce vytvářely ochranný film. Také bylo zjištěno, že keratinový hydrolyzát obsažený v přípravku nezpůsobuje separaci fází ani po dlouhodobém skladování a přípravky s jeho obsahem jsou strukturně stabilní.

### 3.2.3 Sericin

INCI: *Sericin*

CAS: 60650–88–6 / 60650–89–7

Sericin je bílkovina získávaná ze žlázy bource morušového. Sericin obklopuje vlákna fibroinu a vytváří tzv. lepidlo, tvoří asi 25–30 % kokonu a tím zajišťuje jeho soudržnost. Sericin je ve vodě rozpustná látka. V kosmetice je využíván pro své absorpční, konzervační, filmotvorné, hydratační, okluzivní a ochranné účinky proti UV záření, ve formě hydrolyzátu či ve formě práškové. Sericin je využíván samostatně či v kombinaci s bílkovinami fibroinu ve

vlasové, pleťové a nehtové kosmetice. V pleťové kosmetice napomáhá zvýšení elasticity kůže a je využíván v omlazovacích řadách pro své schopnosti zmírnění vrásek [65].

Ve studii [66] experimentální výsledky vykazovaly schopnost aminokyselinových složek sericinu poskytovat vynikající absorpci ve vlasech, čímž byla zvýšena pružnost vlasů a také udržení zhydratované vlasové pokožky. Sericin také účinně inhiboval aktivitu tyrosinu, čímž byla ovlivněna tvorba melaninu v kůži, což přináší potencionální využití u kosmetických přípravků na bělení pokožky.

### 3.3 Ostatní biopolymery

V této kapitole budou popsány přírodní gummy, slizy a polyhydroxyalkanoáty využívané v kosmetickém průmyslu.

#### 3.3.1 Gummy a slizy

Přírodní gummy a slizy v kosmetice nahrazují tradičně využívané látky syntetického původu především pro zvýšení stabilizace a viskozity přípravků, jako je polyvinylpyrrolidon, polyvinylalkohol, deriváty celulózy, karbomery nebo akryláty [67]. Gummy jsou směsí rostlinných produktů získávaných jako viskózní nebo želatinová látka utvořena rozpadem rostlinné celulózy z kořenů, semen a dalších částí rostlin nebo z mořských řas. Slizy jsou obvykle běžnými fyziologickými produkty metabolismu, které jsou tvořeny uvnitř buněk. Použití přírodních gum a slizů v kosmetice je z hlediska dostupnosti na trhu, nízké ceně, biokompatibilitě, biologické rozložitelnosti a ekologicky příjemnému zpracování velmi výhodné. Avšak jejich využití doprovází také některé nevýhody, jako je např. snížená viskozita přípravků při dlouhodobém skladování v důsledku jejich složité struktury [68].

Většina slizů, jako jsou slizy z aloe vera, kaktusu, chia semínek, lněných semínek, datlů, ibišku a mnoho dalších, je v kosmetice využívána jako suspenzní, emulgační a gelační činidla, zahušťovadla, pojiva či modifikátory viskozity. Některé slizy vykazují navíc účinné vlastnosti v kosmetických přípravcích. Například sliz z banánové slupky je aktivní v péči o vlasy, slizy z košťálovitých rostlin a čínských jablek vykazují chladivé a zklidňující účinky na pokožku a slizy z jitrocele a irského mechu změkčují pokožku [68].

V kosmetice je nejvíce využíváno gum xanthanové, guarové a arabské, pektinu a alginátu. Xanthanová guma však mezi všemi vyniká svým biotechnologickým původem, vlastnostmi a využitím [67].

Xanthanová guma

INCI: *Xanthan gum*

CAS: 11138–66–2

Xanthanová guma je aniontový polysacharid s vysokou molekulovou hmotností, průmyslově vyráběný z bakterií *Xanthomonas*. Způsob uspořádání postranních řetězců xanthanové gumy souvisí s tuhostí struktury, což je faktor, který podporuje různou použitelnost v kosmetickém průmyslu. Tato vlastnost xanthanovou gumu vyzdvihuje nad ostatní. Díky své chemické struktuře má xanthanová guma z kosmetického hlediska několik zajímavých vlastností, jako je snadné udržení pokožky déle hydratované, působení proti stárnutí, kontrolované dodávání aktivních látek do pokožky, gelující účinek či sensorické zlepšení pokožky. Z technického hlediska vynikají vlastnosti, jako je vysoká viskozita i při nízkých koncentracích, odolnost vůči širokému rozmezí pH a teplot, rozpustnost v horké i studené vodě, netoxičita a pseudoplasticita [36]. V kosmetice je využívána především v zubních pastách, krémech, pleťových vodách a šamponech [67].

Fagioli a kol. [69] ve své práci hodnotili účinky použití různých gum (glukomannanu, xanthanové gumy, gumy tara, guarové gumy, konjakové gumy a gumy gellan) při různých teplotách a pH. Xanthanová guma udržovala konstantní viskozitu při změnách teploty a pH. Dále Woźniak a kol. [70] ve své studii dosáhli pozitivních výsledků s použitím xanthanové gumy jako emulgátoru a stabilizátoru v olejových roztocích. Tyto výsledky jsou v souladu s informacemi v přehledu [67], viz Tab. 6.

Nordin a kol. [71] ve své práci uvedli, že účinnost xanthanové gumy závisí na použité koncentraci pro požadovaný účel a u různých produktů se liší. Tyto výsledky jsou velmi důležité, protože použití koncentrací vyšších, než jsou koncentrace doporučené, mohou způsobit nepříznivé účinky, jak na kosmetický přípravek, tak na uživatele kosmetického přípravku [67].



Tabulka 6 Kosmetické aplikace xanthanové gumy [67]

Aplikace	Koncentrace [%]	Funkce
Krémy a suspenze	0,100–1,0	Stabilizátor emulze
Zubní pasty, šampony a pleťové vody	0,200–1,0	Zahušťovadlo a stabilizátor
Dětská kosmetika	0,200–0,6	Složení stabilizátoru
Barvy na vlasy	0,200–6,0	Zahušťovadlo a stabilizátor
Deodoranty	0,005–0,6	Stabilizátor

### 3.3.2 Polyhydroxyalkanoáty

Polyhydroxyalkanoáty (PHA) jsou termoplastické, biokompatibilní a biologicky odbouratelné polymery získávané z několika bakteriálních kmenů s ověřenými aplikacemi v průmyslu, zemědělství, potravinářství a biomedicínských oborech. V biomedicíně jsou využívány jako srdeční chlopně, kostní skelety, při dodávání léčiv a v potravinářství u balení potravin. Budoucnost PHA, i přes vyšší výrobní náklady oproti plastům získávaných z ropy, je velmi slibná, jelikož se jedná o biologické materiály, které mohou vyřešit problém znečištění planety plasty a také vyčerpání fosilních paliv [72].

Mikroplasty pocházející ze zubních past, čisticích prostředků, obalů nebo pleťových masek se staly velkým ekologickým problémem ohrožující ekosystémy a lidské zdraví. Z těchto důvodů se výzvou stalo najít vhodné biopolymerní obaly na kosmetiku, které se rozkládají i se zbytky svého obsahu [72]. Dorweiler a kol. [73] provedli studii zaměřenou na výrobu kosmetického obalu z kyseliny polymléčné (PLA) a ze směsi PLA s PHA. Směs PLA s PHA vykazovala lepší kompatibilitu s kosmetickými přípravkami. V této studii bylo také zjištěno, že parafín jako kosmetická složka, je schopna urychlovat nebo zpomalovat degradaci obalu, v závislosti na typu kosmetického přípravku. Zhang a kol. [74] vytvořili směs PHA a nanokrystalového škrobu, která byla poté použita k přípravě flexibilních filmů v kosmetických maskách. Masky byly po smočení schopny uvolňovat škrob, ale i další molekuly obsažené ve směsi.

## 4 NOVÉ TRENDY VYUŽITÍ BIOPOLYMERŮ NEJEN V KOSMETICE

V posledních letech vzrostl velký zájem o estetické úpravy pomocí injekčních dermálních výplní. Tento estetický postup není invazivní a musí být proveden odborným specialistou. Jedná se o jedno z komerčně nejvíce prosperujících využití kolagenu a kyseliny hyaluronové. Injekční dermální výplně obsahující zesíťovanou KH směřují k omlazení pokožky a pomáhají kompenzovat ztrátu elasticity a pevnosti pokožky, související s přibývajícím věkem, a celkově zmírnit příznaky stárnutí. Přidáním KH do dermálních výplní je zvyšována augmentace měkkých tkání a hydratace pokožky. Metoda také podporuje kolagenová a elastinová vlákna, která v pokročilém věku částečně ubývají a ztrácejí své funkce [56]. Bylo provedeno velké množství studií zaměřených na pozorování výsledků aplikace injekce s KH do *dermis*, např. od Rohrich a kol. [75]. Studie potvrdila, že po aplikaci byly minimalizovány známky stárnutí a byla zvýšena pevnost a elasticita pokožky. Kolagen je v injekčních dermálních výplních využíván v rozpustné formě. Kromě redukce vrásek je kolagen schopen také korekce nosoretních rýh a hojení jizev po akné. Aplikace kolagenových dermálních výplní vykazuje trvalejší efekt [62].

Pro kosmetické formulace jsou také aktuální hydrogely. Bylo připraveno a charakterizováno mnoho hydrogelových struktur na bázi KH, chitosanu, kolagenu a dalších biopolymerů. Zejména bioadhezivní hydrogely vykazují delší přilnavost vůči konvenčním hydrogelům. Mezi významné vlastnosti hydrogelových sítí pro aplikace v kosmetice patří bobtnatelnost, mechanická pevnost a biologická odbouratelnost. Začlenění účinných látek do hydrogelové struktury může vést k vývoji nových kosmetických produktů, jelikož hydrogelové struktury působí v hlubších vrstvách pokožky. Hydrogely představují významné formulace také do dalších průmyslových odvětví a medicíny [62].

Nové aplikační trendy do různých průmyslových odvětví přinášejí také hydrokoloidy. Hydrokoloidy jsou hydrofilní biopolymery s vysokou molekulovou hmotností, získávají z rostlin, zvířat, řas a mikroorganismů. Mezi hydrokoloidy řadíme karagenan, pektin, guarovou gumu, vlákninu, alginát, xanthanovou gumu a další. Hydrokoloidy jsou využívány k úpravě tkání, kontrole krystalizace, prevenci dehydratace, zapouzdření aromatických a vonných látek či k vytvoření gelové struktury. Hydrokoloidy mají také gastrointestinální funkci a zabraňují rakovině tlustého střeva. Hydrokoloidy, jako je agar, jsou využívány při přípravě

mikrobiálních kultivačních médií, v injekčních médiích a také při výrobě bioadheziv, chirurgických obvazů či jako povlaky k léčbě dekubitů a ran [76].

Internetová stránka StartUs Insights [77] uvedla přehled doposud nejvýznamnějších trendů a začínajících firem (startupů) zaměřujících se na biopolymery v roce 2023. Dosud nejvýznamnější studovanou skupinou jsou proteiny. Dánský startup Sibö vytvořil ve vodě rozpustný protein na bázi hmyzu. Patentovaná technologie tohoto startupu pro izolaci a separaci biologických složek hmyzu je ekologický a čistý proces, který nezatěžuje životní prostředí. Tento protein je vysoce účinný a dokáže nahradit syrovátkový protein, proti kterému je vysoce stravitelný. Irský startup Blafar nabízí rychle gelující thiolovanou želatinu pro aplikace tkáňového inženýrství. Rychle gelující želatina je modifikací přírodních polymerů, díky čemuž je vhodná pro buněčné kultury a tkáňové inženýrství, stejně jako pro kosmetické a lékařské aplikace.

Dalším trendovým biopolymerem je celulóza. Dánský startup Cellugy vyvíjí materiál Eco-FLEXY na bázi nanocelulózy vyrobené biokonverzí cukrů. K výrobě nanocelulózy je využit specifický kmen bakterií. Jedná se o všestranný materiál s aplikacemi v obalovém, potravinářském a kosmetickém průmyslu. Švýcarský startup Bloom Biorenewables pracuje na vytvoření vysoce čisté a krystalické celulózy. Tato celulóza nepotřebuje žádné bělení a její struktura není chemicky modifikována; měla by být alternativní náhradou dosud využívaných polymerů v papírenském průmyslu.

Se škrobem pracuje startup Pivot Materials se sídlem v USA, který se specializuje na výrobu lehkých, udržitelných a odolných kompozitních plastů na bázi přírodních vláken pro vstříkování a vytlačování. Startup využívá mimo jiné, bambusové a rýžové odpadní vlákno, aby zvýšil udržitelnost konečného produktu a zároveň zlepšil specifické vlastnosti materiálu. Tato udržitelná alternativa k běžnému plasty by měla nalézt své využití v domácnostech a obalovém průmyslu. Naopak čínský startup WAVE vyvíjí sáčky a pelety vyrobené z polymerní sloučeniny na bázi manioku. Přírodní maniokový škrob je rozpustný ve vodě, přirozeně se kompostuje a je jedlý pro suchozemské i vodní živočichy. Při výrobě produktů z manioku startup vytváří biopolymerní sloučeninu, která bude bezpečně vrácena zpět do přírody ve formě vody a oxidu uhličitého, což podporuje udržitelné zemědělství.

Dalším slibným studovaným biopolymerem je kyselina polymléčná. Startup The Hemp Plastics Company se sídlem v USA vyrábí kompostovanou pryskyřici na biologické bázi ve

směsi s obsahem konopí. Materiál je schopen nahradit konvenční vstříkované plasty bez zásadního navýšení investičních nebo provozních nákladů.

S chitosanem pracuje australský startup CARAPAC, který vyvíjí alternativní obalový materiál z koster korýšů. Materiál je netoxický, prodlužuje trvanlivost produktů a je biologicky odbouratelný v moři. Materiál je vhodný pro balení potravin. Velkou výhodou také je, že materiály CARAPAC se během 90 dnů zcela rozloží.

Španělský startup VEnvirotech nabízí PHA na bázi organického odpadu. Bakterie s organickým odpadem jsou schopny produkovat vlastní bioplast PHA a tím modifikovat prostředí, kde žijí. Materiál by mohl nalézt uplatnění v biomedicině a 3D tisku.

Dalším studovaným polymerem je takzvaný Bio-PET, což je náhrada plastu polyethylentereftalátu. Startup VERDE BIORESINS se sídlem v USA vyrábí PolyEarthylene, rostlinný udržitelný a obnovitelný biopolymer, který může nalézt uplatnění pro trvanlivé spotřební zboží. Materiál je šetrný k životnímu prostředí a ekonomicky výhodnější ve srovnání s polymery syntetickými. Bio-PET materiál startupu je konkurenceschopný s jinými materiály na biologické bázi.

Startup SoluBlue se sídlem ve Velké Británii se zaměřuje na biopolymer alginát. Tento startup nabízí přírodní polymer vyrobený z přísad na bázi mořských řas schválený FDA (Food and Drug Administration). Tento materiál je vhodný pro balení potravin, jelikož je schopen absorbovat vlhkost a bránit tak růstu plísní na čerstvých potravinách a tím prodlužovat jejich trvanlivost. Tato alternativa jednorázových plastů se v oceánech během týdnů rozloží a může být bezpečně požitá mořskými živočichy.

## ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo podat ucelený přehled o nejčastěji využívaných biopolymerech a jejich aplikacích především v kosmetické průmyslu, oblasti medicíny, zdravotnictví a v průmyslu potravinářském.

V kosmetice jsou přírodní polymery využívány v široké škále aplikací, jak v dekorativních, tak pečujících, čisticích, oplachových, vlasových i nehtových přípravcích. Po prostudování materiálů zabývajících se touto problematikou bylo zjištěno, že biopolymery plní v kosmetických přípravcích funkci filmotvorných látek, emulgátorů, zahušťovadel, modifikátorů, stabilizátorů či antioxidantů. Taktéž mohou zlepšovat voděodolnost formulací, redukovat pocení nebo aktivně zpomalovat stárnutí pleti. V současnosti patří mezi nejvyhledávanější biopolymery škrob, celulóza, chitosan, kyselina hyaluronová, kolagen, keratin, sericin, xanthanová guma a polyhydroxyalkanoáty.

V dnešní době je velmi důležitý a podporovaný koncept udržitelnosti cirkulární ekonomiky, který přispívá ke zvýšení kvality životního prostředí i zpracováním rostlinných odpadů. Z těchto odpadů mohou být získávány např. škroby. Bylo zjištěno, že škrob získaný z vyrazených banánů může účinně nahradit mastek v práškových formulacích. Dalším studovaným biopolymerem byla celulóza, která v dnešní době přináší pozitivní účinky jako kosmetická přísada při vývoji bezpečné a přírodní kosmetiky i jako celulóza bakteriální. Bylo prokázáno, že bakteriální celulóza zvyšuje hydrataci pokožky po aplikaci přípravku, není cytotoxická a neirituje pokožku. Chitosan vykazuje antimikrobiální účinky, díky kterým je využíván v deodorantech či antiperspirantech, kde je schopen snižovat tvorbu metabolitů způsobující zápach při interakci s pokožkou a také je účinný v kosmetice proti akné. Kyselina hyaluronová prokazatelně zlepšuje pevnost pokožky, čímž je využívána v produktech proti stárnutí. Také je schopna revitalizovat vlasové folikuly a v nehtové kosmetice dodává lámavým nehtům pevnost či zlepšuje jejich celkovou odolnost. Kolagen prokazatelně urychluje hojení ran a regeneraci tkání a také zvyšuje pevnost a pružnost pokožky. Keratinový hydrolyzát zvyšuje hydrataci pokožky a díky vysoce účinné okluzivní schopnosti je schopen zabraňovat transepidermální ztrátě vody. Sericin díky absorpční aktivitě ve vlasech, zvyšuje pružnost vlasů a udržuje hydratovanou vlasovou pokožku. Xanthanová guma z technického hlediska vyniká udržením vysoké viskozity i při nízkých koncentracích, odolností vůči širokému rozmezí pH a teplot, rozpustností v horké i studené vodě, netoxicitou či pseudoplasti-

citou. Polyhydroxyalkanoáty představují potenciální náhradu syntetických plastů coby obalových materiálů pro kosmetické přípravky; jsou schopny se rozkládat i se zbytky svého obsahu.

Zároveň řada z nich pro své unikátní vlastnosti nachází široké uplatnění také v oblasti medicíny a zdravotnictví. Mezi rozsáhlé medicínské aplikace biopolymerů patří především proliferace buněk, regenerace a náhrada tkání či řízené podávání léků. Biopolymery jsou využívány také jako zdravotnické materiály pro své dobré adhezivní, krycí, okluzivní, izolační či inhibiční vlastnosti. Biopolymery ve formě nanočástic živočišného, rostlinného, řasového, houbového či bakteriálního původu, nachází své uplatnění např. v oblasti podávání léčiv, v tkáňovém inženýrství nebo při hojení ran, jelikož umožňují účinnou enkapsulaci mnoha terapeutických látek. Biopolymerní nanočástice taktéž zajišťují ochranu před degradací v gastrointestinálním traktu, zabraňují potenciálním vedlejším toxickým a cytotoxickým účinkům terapeutických látek a zajišťují kontrolované uvolňování v cílových místech. Uvedené schopnosti biopolymerních nanočástic je činí obzvláště slibnými pro perorální podávání tablet, protože po uvolnění léčivých látek není potřeba biopolymery např. chirurgicky z těla odstraňovat, jelikož nejsou tělu škodlivé a jsou z těla samovolně vyloučeny a také omezují rezistenci pacientů vůči léčivu.

V potravinářském průmyslu nachází své uplatnění především biopolymery agar, pektin, škrob, guarová a xanthanová guma, želatina, alginát či celulóza, kde plní především funkci zahušťovadel, stabilizátorů, pojiv či jedlých povlaků na výrobcích. Biopolymery v potravinářských aplikacích, mimo nutriční hodnoty, disponují také zdravotními výhodami při jejich požití. Například guarová guma prokazatelně snižuje hladinu cholesterolu a LDL v lidském těle. Biopolymery taktéž mají účinek na střevní zažívání, konkrétně na prodloužení pocitu sytosti nebo napomáhají hubnutí.

Závěrem lze říci, že biopolymery nalézají své využití v různých oblastech. Díky svým jedinečným vlastnostem, jako je biologická rozložitelnost, výroba z obnovitelných zdrojů, poměrně snadná recyklovatelnost, bezpečnost a šetrnost k životnímu prostředí, nepřeborné množství aplikací, snadná funkcionalizace, či často výborná biokompatibilita je předurčuje být v budoucnosti náhradou polymerních syntetických materiálů.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] L. HOSCH, William, ed. Polymer. Britannica [online]. 23.8.2022 [cit. 2023-02-20]  
Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/polymer>.
- [2] PROKOPOVÁ, Irena. Makromolekulární chemie. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2007. ISBN 978-80-7080-662-3.
- [3] SHAIK, Nazma. Klasifikace polymerů. Toppr [online]. [cit. 2022-12-05]. Dostupné z: <https://www.toppr.com/guides/chemistry/polymers/classification-of-polymers/>.
- [4] E-chemBook [online]. [cit. 2023-02-20]. Dostupné z: <http://e-chembook.eu/>.
- [5] BĚHÁLEK, Luboš. Polymery: Podstata, význam a historie polymerů. Publi [online]. Liberec: publi, 2014 [cit. 2022-12-05]. Dostupné z: <https://publi.cz/boks/180/01.html>.
- [6] DUCHÁČEK, Vratislav. Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006. ISBN 80-708-0617-6.
- [7] BARTOVSKÁ, Lidmila a Marie ŠIŠKOVÁ. Fyzikální chemie povrchů a koloidních soustav. Vyd. 5., přeprac. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2005. ISBN 80708-0579-X.
- [8] LOCHHEAD, Robert Y. The Role of Polymers in Cosmetics: Recent Trends. The Institute for Formulation Science, School of Polymers and High Performance Materials, The University of Southern Mississippi, 2007, 1-54.
- [9] ALVES, Thais F. R., Margreet MORSINK, Fernando BATAIN, et al. Applications of Natural, Semi-Synthetic, and Synthetic Polymers in Cosmetic Formulations. Cosmetics. 2020, 7(4). ISSN 2079-9284. Dostupné z: doi:10.3390/cosmetics7040075.
- [10] LOH, Xian Jun. Polymers for Personal Care Products and Cosmetics. Royal Society of Chemistry, 2016. ISBN 1782622950, 9781782622956.
- [11] O'LENICK, Anthony J., Kevin A. O'LENICK, Fernando BATAIN, et al. Silicone Polymers in Skin Care. MRS Bulletin. 2007, 32(10), 801-806. ISSN 0883-7694. Dostupné z: doi:10.1557/mrs2007.167.

- [12] GUO, Weijun, Yang DAI, Xiaoting CHU, et al. Assessment bioaccumulation factor (BAF) of methyl siloxanes in crucian carp (*Carassius auratus*) around a siloxane production factory. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2021, 213(10), 801-806. ISSN 01476513. Dostupné z: doi:10.1016/j.ecoenv.2021.111983.
- [13] MOJSIEWICZ-PIENKOWSKA, Krystyna, Marzena JAMRÓGIEWICZ, Katarzyna SZYMKOWSKA, et al. Direct Human Contact with Siloxanes (Silicones) – Safety or Risk Part 1. Characteristics of Siloxanes (Silicones). *Frontiers in Pharmacology*. 2016, 7(10), 801-806. ISSN 1663-9812. Dostupné z: doi:10.3389/fphar.2016.00132.
- [14] TAMANG, Nirmala, Pooja SHRESTHA, Binita KHADKA, et al. A Review of Biopolymers' Utility as Emulsion Stabilizers. *Polymers*. 2022, 14(1), 801-806. ISSN 2073-4360. Dostupné z: doi:10.3390/polym14010127.
- [15] ČOPÍKOVÁ, Jana a Andryi SYNYTSYA. *Chemické listy* 99. 2005, 621.
- [16] P. KARLSON. *Základy biochemie*. Praha: Academia, 1981. ISBN 104-21-852.
- [17] KLOUDA, Pavel. *Základy biochemie*. 3. vyd. Ostrava: Pavko, 2013. ISBN 978-80-86369-16-7.
- [18] FAIZAN MUNEER, Habibullah NADEEM, Amna ARIF a Warda ZAHEER. Bioplastics from Biopolymers: An Eco-Friendly and Sustainable Solution of Plastic Pollution. *Polymer Science, Series C*. 2021, 63(1), 47-63. ISSN 1811-2382. Dostupné z: doi:10.1134/S1811238221010057.
- [19] European Bioplastics [online]. Berlín [cit. 2023-02-24]. Dostupné z: <https://www.european-bioplastics.org/>.
- [20] GAUTAM, Krishna, Reena VISHVAKARMA, Poonam SHARMA, Amarnath SINGH, Vivek KUMAR GAUR, Sunita VARJANI a Janmejai KUMAR SRIVASTAVA. Production of biopolymers from food waste: Constrains and perspectives. *Bioresource Technology*. 2022, 361. ISSN 09608524. Dostupné z: doi:10.1016/j.biortech.2022.127650.
- [21] MOHAN, Sneha, Oluwatobi S. OLUWAFEMI, Nandakumar KALARIKKAL, Sabu THOMAS a Sandile P. SONGCA. Biopolymers – Application in Nanoscience and Nanotechnology. *Recent Advances in Biopolymers*. InTech, 2016, 2016-03-09. ISBN 978-953-51-4613-1. Dostupné z: doi:10.5772/62225.



- [22] BARANWAL, Jaya, Brajesh BARSE, Antonella FAIS, Giovanna Lucia DELOGU a Amit KUMAR. Biopolymer: A Sustainable Material for Food and Medical Applications. *Polymers*. 2022, 14(5). ISSN 2073-4360. Dostupné z: doi:10.3390/polym14050983.
- [23] FIKSEL, Liora. Environmental And Health Impacts Of Biobased Polymers. Yale University, 2022. Yale School of Public Health.
- [24] S. DASSANAYAKE, Rohan, Sanjit ACHARYA a Nouredine ABIDI. Biopolymer-Based Materials from Polysaccharides: Properties, Processing, Characterization and Sorption Applications. *Advanced Sorption Process Applications*. IntechOpen, 2019, 2019-2-20. ISBN 978-1-78984-818-2. Dostupné z: doi:10.5772/intechopen.80898.
- [25] VAN DE VELDE, K, P KIEKENS a Nouredine ABIDI. Biopolymers: overview of several properties and consequences on their applications. *Polymer Testing*. IntechOpen, 2002, 2019-2-20, 21(4), 433-442. ISBN 978-1-78984-818-2. ISSN 01429418. Dostupné z: doi:10.1016/S0142-9418(01)00107-6.
- [26] GEORGE, Ashish, M.R. SANJAY, Rapeeporn SRISUK, Jyotishkumar PARAMESWARANPILLAI a Suchart SIENGCHIN. A comprehensive review on chemical properties and applications of biopolymers and their composites: overview of several properties and consequences on their applications. *International Journal of Biological Macromolecules*. IntechOpen, 2020, 2019-2-20, 154(4), 329-338. ISBN 978-1-78984-818-2. ISSN 01418130. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijbiomac.2020.03.120.
- [27] BARANWAL, Jaya, Brajesh BARSE, Antonella FAIS, Giovanna Lucia DELOGU a Amit KUMAR. Biopolymer: A Sustainable Material for Food and Medical Applications. *Polymers*. 2022, 14(5). ISSN 2073-4360. Dostupné z: doi:10.3390/polym14050983.
- [28] AGGARWAL, Deepak a Neha MINOCHA. Natural polymers: Their applications in food, cosmetic and pharmaceutical industries. *International Journal of Advanced Research*. 2020, 8(5), 1224-1238. ISSN 23205407. Dostupné z: doi:10.21474/IJAR01/11037.

- [29] KUČUK, Nika, Mateja PRIMOŽIČ, Željko KNEZ a Maja LEITGEB. Sustainable Biodegradable Biopolymer-Based Nanoparticles for Healthcare Applications. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023, 24(4). ISSN 1422-0067. Dostupné z: doi:10.3390/ijms24043188.
- [30] HATAF, Nader, Pooria GHADIR a Navid RANJBAR. Investigation of soil stabilization using chitosan biopolymer. *Journal of Cleaner Production*. 2018, 170, 1493-1500. ISSN 09596526. Dostupné z: doi:10.1016/j.jclepro.2017.09.256.
- [31] CHANG, Ilhan, Jooyoung IM, Moon-Kyung CHUNG a Gye-Chun CHO. Bovine casein as a new soil strengthening binder from dairy wastes. *Construction and Building Materials*. 2018, 160, 1-9. ISSN 09500618. Dostupné z: doi:10.1016/j.conbuildmat.2017.11.009.
- [32] CHANG, Ilhan, Awlia Kharis PRASIDHI, Jooyoung IM, Hyun-Dong SHIN a Gye-Chun CHO. Soil treatment using microbial biopolymers for anti-desertification purposes. *Geoderma*. 2015, 253-254, 39-47. ISSN 00167061. Dostupné z: doi:10.1016/j.geoderma.2015.04.006.
- [33] JANG, Jungyeon. A Review of the Application of Biopolymers on Geotechnical Engineering and the Strengthening Mechanisms between Typical Biopolymers and Soils. *Advances in Materials Science and Engineering*. 2020, 2020, 1-16. ISSN 1687-8434. Dostupné z: doi:10.1155/2020/1465709.
- [34] KREJČÍ, Jiří. Kosmetické přípravky a prostředky. Zlín. Projekt operačního programu, RČ CZ 1.07./2.2.00/28.0132. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická.
- [35] BAPTISTA, Sílvia a Filomena FREITAS. Formulation of the Polysaccharide Fuco-Pol into Novel Emulsified Creams with Improved Physicochemical Properties. *Molecules*. 2022, 27(22). ISSN 1420-3049. Dostupné z: doi:10.3390/molecules27227759.
- [36] BiOOO.cz [online]. Topolová 2963/12, 106 00 Praha, 2007-2023 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://www.biooo.cz/>.
- [37] DAYAN, Nava. *Handbook of Formulating Dermal Applications. A Definitive Practical Guide*. Canada: Srivener Publishing Wiley, 2017. ISBN 978-1-119-36362-0.

- [38] INCI Beauty [online]. 2017-2023 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://incibeauty.com>.
- [39] FALCÃO, Lucas de Souza, Deborah Bento COELHO, Priscilla Carvalho VEGGI, Pedro Henrique CAMPELO, Patrícia Melchionna ALBUQUERQUE a Mariana Agostini DE MORAES. Starch as a Matrix for Incorporation and Release of Bioactive Compounds: Fundamentals and Applications. *Polymers*. 2022, 14(12). ISSN 2073-4360. Dostupné z: [doi:10.3390/polym14122361](https://doi.org/10.3390/polym14122361).
- [40] THANYAPANICH, Norramon, Ampa JIMTAISONG a Saroat RAWDKUEN. Functional Properties of Banana Starch (*Musa spp.*) and Its Utilization in Cosmetics. *Molecules*. 2021, 26(12). ISSN 1420-3049. Dostupné z: [doi:10.3390/molecules26123637](https://doi.org/10.3390/molecules26123637).
- [41] DAUDT, Renata Moschini, Patrícia Inês BACK, Nilo Sérgio Medeiros CARDOZO, Ligia Damasceno Ferreira MARCZAK a Irene Clemes KÜLKAMP-GUERREIRO. Pinhão starch and coat extract as new natural cosmetic ingredients: Topical formulation stability and sensory analysis. *Carbohydrate Polymers*. 2015, 134, 573-580. ISSN 01448617. Dostupné z: [doi:10.1016/j.carbpol.2015.08.038](https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.08.038).
- [42] SILVEIRA, Máira Patricio, Helen Costa SILVA, Ida Chapaval PIMENTEL, Carolina Gracia POITEVIN, Andressa Katiski COSTA STUART, Danielle CARPINÉ, Luiz Mario MATOS JORGE a Regina Maria Matos JORGE. Development of active cassava starch cellulose nanofiber-based films incorporated with natural antimicrobial tea tree essential oil: Topical formulation stability and sensory analysis. *Journal of Applied Polymer Science*. 2019, 137(21), 573-580. ISSN 0021-8995. Dostupné z: [doi:10.1002/app.48726](https://doi.org/10.1002/app.48726).
- [43] OLIVEIRA, Thais Jardim, Talita Cristina Mena SEGATO, Gabriel Pereira MACHADO, Denise GROTTTO a Angela Faustino JOZALA. Evolution of Bacterial Cellulose in Cosmetic Applications: An Updated Systematic Review. *Molecules*. 2022, 27(23). ISSN 1420-3049. Dostupné z: [doi:10.3390/molecules27238341](https://doi.org/10.3390/molecules27238341).
- [44] BOONME, Prapaporn, AMNUAIKIT, CHUSUIT a RAKNAM. Effects of a cellulose mask synthesized by a bacterium on facial skin characteristics and user satisfaction. *Medical Devices: Evidence and Research*. ISSN 1179-1470. Dostupné z: [doi:10.2147/MDER.S20935](https://doi.org/10.2147/MDER.S20935).

- [45] ALMEIDA, I.F., T. PEREIRA, N.H.C.S. SILVA, F.P. GOMES, A.J.D. SILVESTRE, C.S.R. FREIRE, J.M. SOUSA LOBO a P.C. COSTA. Bacterial cellulose membranes as drug delivery systems: An in vivo skin compatibility study. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*. 2014, 86(3), 332-336. ISSN 09396411. Dostupné z: doi:10.1016/j.ejpb.2013.08.008.
- [46] NUMATA, Yukari, Leticia MAZZARINO, Redouane BORSALI, F.P. GOMES, A.J.D. SILVESTRE, C.S.R. FREIRE, J.M. SOUSA LOBO a P.C. COSTA. A slow-release system of bacterial cellulose gel and nanoparticles for hydrophobic active ingredients: An in vivo skin compatibility study. *International Journal of Pharmaceutics*. 2015, 486(1–2), 217-225. ISSN 03785173. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijpharm.2015.03.068.
- [47] KHALID, Ayesha, Romana KHAN, Mazhar UL-ISLAM, Taous KHAN, Fazli WAHID, C.S.R. FREIRE, J.M. SOUSA LOBO a P.C. COSTA. Bacterial cellulose-zinc oxide nanocomposites as a novel dressing system for burn wounds: An in vivo skin compatibility study. *Carbohydrate Polymers*. 2017, 164(1-2), 214-221. ISSN 01448617. Dostupné z: doi:10.1016/j.carbpol.2017.01.061.
- [48] SINGH, Juhi, Nigel C.S. TAN, Usha Rani MAHADEVASWAMY, Nattharee CHANCHAREONSOOK, Terry W.J. STEELE, Sierin LIM, J.M. SOUSA LOBO a P.C. COSTA. Bacterial cellulose adhesive composites for oral cavity applications: An in vivo skin compatibility study. *Carbohydrate Polymers*. 2021, 274(1-2), 214-221. ISSN 01448617. Dostupné z: doi:10.1016/j.carbpol.2021.118403.
- [49] CHANTEREAU, G., M. SHARMA, A. ABEDNEJAD, et al. Bacterial nanocellulose membranes loaded with vitamin B-based ionic liquids for dermal care applications: An in vivo skin compatibility study. *Journal of Molecular Liquids*. 2020, 302(1–2), 214-221. ISSN 01677322. Dostupné z: doi:10.1016/j.molliq.2020.112547.
- [50] JANTARAT, Chutima, Pornpak SIRATHANARUN, Somruedee BOONMEE, et al. Effect of Piperine on Skin Permeation of Curcumin from a Bacterially Derived Cellulose-Composite Double-Layer Membrane for Transdermal Curcumin Delivery: An in vivo skin compatibility study. *Scientia Pharmaceutica*. 2018, 86(3), 214-221. ISSN 2218-0532. Dostupné z: doi:10.3390/scipharm86030039.

- [51] PERUGINI, Paola, Mariella BLEVE, Fabiola CORTINOVIS, et al. Biocellulose Masks as Delivery Systems: A Novel Methodological Approach to Assure Quality and Safety. *Cosmetics*. 2018, 5(4), 214-221. ISSN 2079-9284. Dostupné z: doi:10.3390/cosmetics5040066.
- [52] KULKA, Karolina a Alina SIONKOWSKA. Chitosan Based Materials in Cosmetic Applications: A Review. *Molecules*. 2023, 28(4). ISSN 1420-3049. Dostupné z: doi:10.3390/molecules28041817.
- [53] KOJIMA, T., H. KITANO, M. NIWA, K. SAITO, Y. MATSUSHITA a K. FUKUSHIMA. Imaging analysis of cosmetic ingredients interacted with human hair using TOF-SIMS: A Review. *Surface and Interface Analysis*. 2011, 43(1-2), 562-565. ISSN 01422421. Dostupné z: doi:10.1002/sia.3635.
- [54] BIKIARIS, Nikolaos D., Georgia MICHAILIDOU, Maria LAZARIDOU, et al. Innovative Skin Product Emulsions with Enhanced Antioxidant, Antimicrobial and UV Protection Properties Containing Nanoparticles of Pure and Modified Chitosan with Encapsulated Fresh Pomegranate Juice: A Review. *Polymers*. 2020, 12(7), 562-565. ISSN 2073-4360. Dostupné z: doi:10.3390/polym12071542.
- [55] AL-HALASEH, Lidia K., Shahed K. TARAWNEH, Nariman A. AL-JAWABRI, Wasan K. AL-QDAH, Maha N. ABU-HAJLEH, Ali M. AL-SAMYDAI a Mai A. AHMED. A review of the cosmetic use and potentially therapeutic importance of hyaluronic acid. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 2022, 34-41. ISSN 22313354. Dostupné z: doi:10.7324/JAPS.2022.120703.
- [56] HAŠOVÁ, Martina, Tomáš CRHÁK, Barbora ŠAFRÁNKOVÁ, Jana DVOŘÁKOVÁ, Tomáš MUTHNÝ, Vladimír VELEBNÝ a Lukáš KUBALA. Hyaluronan minimizes effects of UV irradiation on human keratinocytes. *Archives of Dermatological Research*. 2011, 303(4), 277-284. ISSN 0340-3696. Dostupné z: doi:10.1007/s00403-011-1146-8.
- [57] ZERBINATI, Nicola, Sabrina SOMMATIS, Cristina MACCARIO, et al. In Vitro Hair Growth Promoting Effect of a Noncrosslinked Hyaluronic Acid in Human Dermal Papilla Cells. *BioMed Research International*. 2021, 2021(4), 1-6. ISSN 2314-6141. Dostupné z: doi:10.1155/2021/5598110.

- [58] JUNG, Yu Ra, Chul HWANG, Jeong-Min HA, et al. Hyaluronic Acid Decreases Lipid Synthesis in Sebaceous Glands. *Journal of Investigative Dermatology*. 2017, 137(6), 1215-1222. ISSN 0022202X. Dostupné z: doi:10.1016/j.jid.2017.01.017.
- [59] SIONKOWSKA, Alina, Katarzyna ADAMIAK, Katarzyna MUSIAŁ a Magdalena GADOMSKA. Collagen Based Materials in Cosmetic Applications: A Review. *Materials*. 2020, 13(19). ISSN 1996-1944. Dostupné z: doi:10.3390/ma13194217.
- [60] ALVES, Ana, Ana MARQUES, Eva MARTINS, Tiago SILVA a Rui REIS. Cosmetic Potential of Marine Fish Skin Collagen: A Review. *Cosmetics*. 2017, 4(4). ISSN 2079-9284. Dostupné z: doi:10.3390/cosmetics4040039.
- [61] MITURA, Stanisław, Alina SIONKOWSKA, Amit JAISWAL, Tiago SILVA a Rui REIS. Biopolymers for hydrogels in cosmetics: review. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*. 2020, 31(6). ISSN 0957-4530. Dostupné z: doi:10.1007/s10856-020-06390-w.
- [62] LI, G. Y., S. FUKUNAGA, K. TAKENOUCI, F. NAKAMURA a Rui REIS. Comparative study of the physiological properties of collagen, gelatin and collagen hydrolysate as cosmetic materials: review. *International Journal of Cosmetic Science*. 2005, 27(2), 101-106. ISSN 0142-5463. Dostupné z: doi:10.1111/j.1467-2494.2004.00251.x.
- [63] SECCHI, Gianfranco, S. FUKUNAGA, K. TAKENOUCI, F. NAKAMURA a Rui REIS. Role of protein in cosmetics: review. *Clinics in Dermatology*. 2008, 26(4), 321-325. ISSN 0738081X. Dostupné z: doi:10.1016/j.clindermatol.2008.04.004.
- [64] MOKREJS, Pavel, Matous HUTTA, Jana PAVLACKOVA, Pavlina EGNER a Lubomir BENICEK. The cosmetic and dermatological potential of keratin hydrolysate. *Journal of Cosmetic Dermatology*. 2017, 16(4), e21-e27. ISSN 14732130. Dostupné z: doi:10.1111/jocd.12319.
- [65] VOGELI, R., J. MEIER, R. BLUST. Sericin silk protein: unique structure and properties, *Cosmetics and Toiletries* [online]. 1993, 101-108 [cit. 2013-04-02]. Dostupné z: <http://www.accessmylibrary.com/article-1G1-14677264/sericin-silk-protein-unique.html>.

- [66] SHENG, Jia Yong, Jie XU, Yu ZHUANG, Dao Quan SUN, Tie Ling XING a Guo Qiang CHEN. Study on the Application of Sericin in Cosmetics. *Advanced Materials Research*. 2013, 796, 416-423. ISSN 1662-8985. Dostupné z: doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.796.416.
- [67] FURTADO, Ingrid F. S. P. C., Eduardo B. SYDNEY, Sabrina A. RODRIGUES a Alessandra C. N. SYDNEY. Xanthan gum: applications, challenges, and advantages of this asset of biotechnological origin. *Biotechnology Research and Innovation*. 2022, 6(1). ISSN 24520721. Dostupné z: doi:10.4322/biori.202205.
- [68] KHACHANE, Sagar T. a Prepana T. KHACHANE. Cosmetics applications of natural gums and mucilages – a review. R.C. Patel Institute of Pharmaceutical Education & Research, Shirpur (Dist. Dhule), Maharashtra, India: www.ijert.org, 2021. ISSN 2320-2882.
- [69] FAGIOLI, Laura, Lucia PAVONI, Serena LOGRIPPO, Caroline PELUCCHINI, Luca RAMPOLDI, Marco CESPI, Giulia BONACUCINA a Luca CASETTARI. Linear Viscoelastic Properties of Selected Polysaccharide Gums as Function of Concentration, pH, and Temperature. *Journal of Food Science*. 2018, 1750-3841.14407. ISSN 0022-1147. Dostupné z: doi:10.1111/1750-3841.14407.
- [70] WOŹNIAK, Magdalena, Małgorzata KOWALSKA, Serge TAVERNIER, Anna ŹBIKOWSKA, Luca RAMPOLDI, Marco CESPI, Giulia BONACUCINA a Luca CASETTARI. Enzymatically Modified Fats Applied in Emulsions Stabilized by Polysaccharides. *Biomolecules*. 2021, 11(1), 1750-3841.14407. ISSN 2218-273X. Dostupné z: doi:10.3390/biom11010049.
- [71] NORDIN, Nurul Zahidah, Ahmad Ramli RASHIDI, Daniel Joe DAILIN, et al. Xanthan Biopolymer in Pharmaceutical and Cosmeceutical Applications: Critical Review. *BIOSCIENCE RESEARCH*, 2020 17(1): 205-220. ISSN 2218-3973.
- [72] FERNANDEZ-BUNSTER, Guillermo a Pamela PAVEZ. Novel Production Methods of Polyhydroxyalkanoates and Their Innovative Uses in Biomedicine and Industry. *Molecules*. 2022, 27(23). ISSN 1420-3049. Dostupné z: doi:10.3390/molecules27238351.
- [73] DORWEILER, Kelly J., Jagdish N. GURAV, James S. WALBRIDGE, Vishwas S. GHATGE a Rahul H. SAVANT. Determination of Stability from Multicomponent

- Pesticide Mixes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2016, 64(31), 6108-6124. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/acs.jafc.5b05681.
- [74] ZHANG, Guorui, Wenyuan XIE, Defeng WU, Vishwas S. GHATGE a Rahul H. SAVANT. Selective localization of starch nanocrystals in the biodegradable nanocomposites probed by crystallization temperatures. *Carbohydrate Polymers*. 2020, 227(31), 6108-6124. ISSN 01448617. Dostupné z: doi:10.1016/j.carbpol.2019.115341.
- [75] ROHRICH, Rod J., Erica L. BARTLETT a Erez DAYAN. Practical Approach and Safety of Hyaluronic Acid Fillers. *Plastic and Reconstructive Surgery - Global Open*. 2019, 7(6). ISSN 2169-7574. Dostupné z: doi:10.1097/GOX.0000000000002172.
- [76] PIRSA, Sajad, Kosar HAFEZI a Erez DAYAN. Hydrocolloids: Structure, preparation method, and application in food industry. *Food Chemistry*. 2023, 399(6). ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2022.133967.
- [77] StartUs Insights [online]. Vídeň, Rakousko, 2014 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://www.startus-insights.com/>.



**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
INCI	International Nomenclature of Cosmetic Ingredients
FDA	Food and Drug Administration
ES	Evropská společenství
SPF	Sun protection factor
UV	Ultrafialové záření
LDL	Low density lipoprotein
MIC	Minimální inhibiční koncentrace
°C	Stupeň Celsia
hmot. %	Hmotnostní procento
nm	Nanometr
PLGA	<i>Lactic Acid/Glycolic Acid Copolymer</i> (dle INCI)
PEG	Polyethylenglykol
PDMS	Polydimethylsiloxany
ZnO	Oxid zinečnatý
BC	Bakteriální celulóza
KH	Kyselina hyaluronová
PHA	Polyhydroxyalkanoáty
PLA	Kyselina polymléčná

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 Molekulární struktura polymerů [4] .....	10
Obrázek 2 Schéma globální výrobní kapacity bioplastů do roku 2027 [19] .....	19
Obrázek 3 Základní klasifikace biopolymerů [14] .....	20
Obrázek 4 Klasifikace biopolymerů dle zdroje jejich původu [14] .....	21
Obrázek 5 Vzhled kompaktních pudrů [40] .....	31

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Nejčastěji využívané polymery v kosmetice dle původu [9].....	13
Tabulka 2 Nejčastěji využívané biopolymery v medicíně a jejich aplikace [27] .....	24
Tabulka 3 Nejčastěji využívané biopolymery v potravinářství a jejich aplikace [28]26	
Tabulka 4 Receptura přírodního kompaktního pudru a suchého šamponu [37].....	30
Tabulka 5 MIC chitosanu pro uvedené bakteriální kmeny [54] .....	35
Tabulka 6 Kosmetické aplikace xanthanové gumy [67].....	41