

Praktické využití proteinů v kosmetické péči

Petra Bořutová

Bakalářská práce
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

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

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Petra Bořutová**
Osobní číslo: **T24594**
Studijní program: **B0711A130009 Materiály a technologie**
Specializace: **Biomateriály a kosmetika**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Praktické využití proteinů v kosmetické péči**

Zásady pro vypracování

Vypracujte literární rešerši na zadané téma.
Zaměřte se na druhy proteinů vhodné pro využití v kosmetice a popište zdroje jejich získávání, možnosti a formu jejich použití v kosmetických přípravcích.
Blíže se zaměřte na využití přírodního hedvábí jako zdroje přírodních proteinů a na jeho použití v dalších kosmetických aplikacích.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] SECCHI, Gianfranco. Role of protein in cosmetics. *Clinics in Dermatology*. 2008, vol. 26, no. 4, s. 321-325. ISSN 0738-081X.
- [2] JOHNSON, Wilbur, et al., Safety Assessment of Silk Protein Ingredients as Used in Cosmetics. *International Journal of Toxicology*. 2020, 39(3), 1275-1445. doi:10.1177/1091581820966953.
- [3] SHENG, Jia Yong, et al., Study on the Application of Sericin in Cosmetics. *Advanced Materials Research*. 2013, 796, 416-423. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.796.416.

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

Datum zadání bakalářské práce: **17. února 2025**

Termín odevzdání bakalářské práce: **16. května 2025**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Lucie Urbánková, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

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

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně, dne

.....

podpis autora

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce pojednává o praktickém využití proteinů v kosmetické péči. Jsou popsány a analyzovány druhy proteinů, jež jsou začleňovány do kosmetických formulací, způsoby jejich aplikace a specifické účinky, pro něž jsou v kosmetických přípravcích žádoucí. Blíže jsou rozebrány hedvábné proteiny, konkrétně sericin, fibroin a spidroiny. Jsou charakterizovány jejich fyzikálně-chemické vlastnosti, bioaktivní účinky a možné využití v kosmetických přípravcích. Pozornost je věnována také biotechnologicky syntetizovaným proteinům a jejich možným přínosům pro užití v kosmetických přípravcích.

Klíčová slova: proteiny, kosmetické formulace, hedvábné proteiny, pokožka, praktické aplikace

ABSTRACT

This bachelor's thesis is focused on the practical application of proteins in cosmetic care. The types of proteins incorporated into cosmetic formulations are described and analyzed, along with the methods of their application and the specific effects for which they are sought after in cosmetic products. Particular attention is given to silk proteins, namely sericin, fibroin, and spidroins. Their physicochemical properties, bioactive effects, and potential applications in cosmetic formulations are discussed. Biotechnologically synthesized proteins and their possible benefits for cosmetic use are also described.

Keywords: proteins, cosmetic formulations, silk proteins, skin, practical applications

Ráda bych poděkovala paní Ing. Martině Černkové Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, věcné připomínky a v neposlední řadě také za trpělivost, ochotu, laskavost a pomoc, kterou mi v průběhu psaní mé bakalářské práce poskytla. Děkuji také své rodině a nejbližším za jejich podporu a důvěru, kterou mi projevovali.

OBSAH

ÚVOD.....	11
1 PROTEINY	12
1.1 STRUKTURA A FUNKCE PROTEINŮ V POKOŽCE	13
1.2 STRUKTURA A FUNKCE PROTEINŮ VE VLASECH	13
1.3 VÝZNAM PROTEINŮ V KOSMETICKÉ PÉČI.....	13
2 PROTEINY POUŽÍVANÉ V KOSMETICKÉ PÉČI.....	15
2.1 ROSTLINNÉ PROTEINY	15
2.1.1 Pšeničný protein	15
2.1.2 Rýžový protein	16
2.2 ŽIVOČIŠNÉ PROTEINY	16
2.2.1 Kolagen	17
2.2.2 Elastin.....	18
2.2.3 Keratin.....	18
2.2.4 Mléčný protein	19
2.2.5 Albumen.....	19
2.3 GLYKOPROTEINY.....	19
2.3.1 Snail secretion filtrate (SSF)	20
2.3.2 Antracticine	20
2.4 PEPTIDY A RŮSTOVÉ FAKTORY	21
2.4.1 Argireline	21
2.4.2 Matrixyl 3000.....	22
2.4.3 EGF	22
3 HEDVÁBNÉ PROTEINY	23
3.1 SERICIN	23
3.1.1 Struktura a složení.....	24
3.1.2 Vlastnosti.....	24
3.1.3 Aplikace v kosmetice	25
3.2 FIBROIN.....	25
3.2.1 Struktura a složení.....	25
3.2.2 Vlastnosti.....	26
3.2.3 Kosmetické aplikace	27
3.3 PAVOUČÍ HEDVÁBNÝ PROTEIN.....	27
3.3.1 Struktura a složení.....	28
3.3.2 Vlastnosti.....	28
3.3.3 Možné využití v kosmetice	29
4 ZPRACOVÁNÍ A SYNTÉZA PROTEINŮ PRO KOSMETIKU	30
4.1 METODY ZÍSKÁVÁNÍ PROTEINŮ	30
4.2 PŘÍRODNÍ VS. BIOTECHNOLOGICKÁ SYNTÉZA	31

4.3	VÝHODY A NEVÝHODY SYNTETICKÝCH PROTEINŮ	32
5	APLIKACE PROTEINŮ V KOSMETICE	33
5.1	KŮŽE	33
5.1.1	Epidermis.....	34
5.1.2	Dermis	34
5.1.3	Hypodermis	34
5.1.4	Parametry charakterizující stav pokožky	35
5.1.5	Typologie pleti	36
5.2	PRAKTICKÉ APLIKACE	37
5.2.1	Krémy	38
5.2.2	Pleťová séra	38
5.2.3	Masky	38
5.2.4	Nanoformulace a enkapsulace	39
5.2.5	Přípravky vlasové péče.....	39
6	SOUČASNÉ TRENDY A VÝVOJ V OBLASTI KOSMETICKÝCH APLIKACÍ PROTEINŮ	40
6.1	NOVÉ BIOTECHNOLOGICKÉ PŘÍSTUPY	40
6.2	UDRŽITELNOST A ETICKÉ ASPEKTY ZÍSKÁVÁNÍ PROTEINŮ	40
6.3	MOŽNOSTI BUDOUCÍHO VÝVOJE	41
	ZÁVĚR.....	42
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	44
	SEZNAM OBRÁZKŮ	59
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	60

ÚVOD

Proteiny a jejich deriváty začaly být zejména v posledních desetiletích považovány za jeden z nejdůležitějších a nejvšestrannějších komponentů pro použití v kosmetickém průmyslu, a to díky své schopnosti příznivě ovlivnit zdravý vzhled a správnou funkci pokožky a vlasů. Tyto látky, jakožto základní stavební kameny živých organismů, se vyznačují rozmanitými funkcemi a vlastnostmi, jež jsou pro pokožku a vlasy nezbytné, a jsou tak využívány pro svou jedinečnou schopnost regenerace, hydratace, bariérové funkce a posílení struktury, díky čemuž jsou řazeny mezi nenahraditelnou složku v oblasti moderní kosmetické péče.

Ačkoliv jsou proteiny a jejich deriváty přirozeně přítomny v lidském organismu, jejich role v kosmetických přípravcích je stále více oceňována, kdy faktorem podporujícím tuto skutečnost je také pokrok v oblasti technologie výroby a zpracování, díky němuž je umožněno jejich efektivnější využití nejen pro kosmetické formulace. Proteiny využívané v přípravcích kosmetické péče jsou získávány z různých zdrojů – od živočišných, jako je hedvábný protein sericin či mořský kolagen, přes rostlinné, jako je rýžový či pšeničný protein, až po biotechnologicky syntetizované a uměle vytvořené proteinové deriváty, mezi něž jsou řazeny proteiny získávané z živočišných produktů a vedlejších produktů živočišné výroby, či růstové faktory a peptidy získávané prostřednictvím mikroorganismů. Každému z těchto typů proteinů jsou připisovány specifické vlastnosti a účinky, jimiž je přispíváno ke zlepšení kvality a stavu pleti a vlasů. Některé proteiny jsou do kosmetických formulací začleňovány pro své humektační vlastnosti, jiné jsou specifické svými bariérovými funkcemi, další jsou používány pro svou schopnost zpevnit a udržovat strukturální integritu. Díky širokému spektru jejich bioaktivních účinků začaly být považovány za nedílnou součást moderní kosmetiky.

Díky současnému vývoji v oblasti technologických zpracování jsou navíc otevírány nové možnosti pro efektivnější, etičtější a ekologicky udržitelnější metody zpracování a výroby těchto velice cenných bioaktivních látek. Prostřednictvím biotechnologických metod je umožněna výroba proteinů a jejich derivátů, jež jsou nejen šetrnějšími alternativami pro životní prostředí a etičtějšími alternativami pro spotřebitele zajímajících se o tuto problematiku, ale také jsou přinášeny nové možnosti pro kosmetické aplikace. Tímto trendem je nastíněno směřování vývoje kosmetického průmyslu, jež bere v potaz etické zacházení s živými organismy a udržitelnost výroby.

1 PROTEINY

Slovo protein je odvozeno z řeckého slova protéios, jehož význam se vykládá jako hlavní anebo primární [1]. Jeho etymologický původ věrně odráží biologickou funkci těchto biopolymerů, poněvadž jsou považovány za základní elementy umožňující existenci života. Podílí se na téměř všech biologických procesech, a to jak jejich částečným zprostředkováním, kdy mohou sloužit jako regulátory či inhibitory daných procesů, tak i celkovým umožněním jejich průběhu – ke kontrakci svalů by nedošlo bez přítomnosti a následné vzájemné interakci mezi dvěma konkrétními proteiny [2].

Proteiny jsou řazeny mezi heteropolymerní biopolymery skládající se z dvaceti základních aminokyselin, které jsou v jednotlivých proteinech seskupeny do řetězců v různém pořadí a množství [3]. Tento řetězec je označován jako řetězec peptidový, jelikož jsou jednotlivé aminokyseliny spojeny peptidovými vazbami, což jsou kovalentní vazby mezi uhlíkovým atomem karboxylové skupiny jedné aminokyseliny a mezi dusíkovým atomem aminoskupiny druhé aminokyseliny [4]. Na základě uspořádání peptidového řetězce lze proteiny klasifikovat do čtyř skupin, kterými jsou primární, sekundární, terciární a kvartérní struktury proteinů.

Primární struktura zahrnuje prosté uspořádání aminokyselin do polypeptidového řetězce, přičemž pořadí jednotlivých aminokyselin je přesně určeno sekvencí deoxyribonukleové kyseliny neboli DNA. Když se jednotlivé polypeptidové řetězce spojují skrze vodíkové můstky, jedná se o strukturu sekundární. Mezi základní sekundární struktury patří α -helix, při němž se propojené řetězce stáčí do šroubovice, a β -skládaný list, kde se řetězce skládají vedle sebe – paralelně a antiparalelně. Vodíkové můstky jsou pro sekundární strukturu klíčové z hlediska stabilizace. Terciární struktura představuje uspořádání sekundárních struktur proteinů do trojrozměrné podoby pomocí různých interakcí mezi funkčními skupinami polypeptidových řetězců, jakými mohou být disulfidické vazby či vodíkové můstky. Za finální čili kvartérní strukturu považujeme prostorové uspořádání, v němž jsou spojeny podjednotky proteinů skládající se z několika řetězců, kdy každá podjednotka má svou jedinečnou primární, sekundární i terciární strukturu [5], [6].

1.1 Struktura a funkce proteinů v pokožce

Pokožka, latinsky *epidermis*, je nejsvrchnější vrstvou největšího orgánu lidského těla – kůže. Jejím hlavním úkolem je oddělovat vnitřní prostředí organismu od prostředí vnějšího a chránit tak organismus před škodlivými vlivy, jimž je neustále vystavován. Aby mohla být tato funkce co nejlépe zajištěna, musí se pokožka vyznačovat určitými vlastnostmi, jako je dostatečná pevnost a pružnost. Tyto vlastnosti, stejně jako mnohé další, a tedy i správné fungování pokožky, jsou zajištěny zejména díky přítomnosti proteinů a aminokyselin. Proteiny sami o sobě zajišťují strukturální integritu pokožky a zároveň se podílí na její hydrataci, která je úzce spjatá s její pružností. Mezi hlavní proteiny vyskytující se v pokožce jsou zařazeny kolagen, elastin a keratin. Aminokyseliny se podílejí na syntéze daných proteinů, na obnově buněk pokožky při procesu zvaném deskvamace a také díky svým antioxidačním vlastnostem chrání pokožku před působením ultrafialového neboli UV záření, kdy by proniknutím pod *epidermis* došlo k poškození kolagenu v samotné škáře čili *dermis*, což by mělo za následek ochabnutí pokožky a tvorbu vrásek [7], [8].

1.2 Struktura a funkce proteinů ve vlasech

Jako vlasy, latinsky *capilli*, jsou označovány vláknité struktury vyrůstající z pokožky, v nichž je nejhojněji zastoupeným proteinem z 95 % fibrilární protein zvaný keratin. Viditelná část vlasu, nazývaná vlasový stvol, je považována za biologicky mrtvou – jedná se o produkt keratinizace, což je proces, při němž dochází k postupnému hromadění a vytlačování keratinu v trichocytech na povrch, čímž vzniká prodlužující se vlasový stvol vyrůstající z vlasového folikulu [9].

Jak již bylo zmíněno výše, keratin má fibrilární strukturu, a díky obsažené aminokyselině zvané cystein – a v ní obsažené síře – dochází ke tvorbě disulfidických můstků, kde hustota a množství těchto kovalentních vazeb určují mechanické vlastnosti vlasových stvolů, jakými jsou pružnost a pevnost [10].

1.3 Význam proteinů v kosmetické péči

Proteiny, ať už v pokožce, či ve vlasech, přirozeně degradují a jejich množství se postupem času snižuje. To je způsobeno jak vlivy okolního prostředí, tak přirozenými mechanismy organismu, jako je stárnutí. Je tedy nutné předcházet možné deficienci těchto biomakromolekul používáním přípravků, v nichž jsou proteiny obsaženy, a tím alespoň částečně kompenzovat jejich úbytek. Užívání přírodních zdrojů proteinů lze datovat

již do dob různých starověkých civilizací, přestože se nejednalo ani o cílený, ani o vědomý akt, co se účinků proteinů ve vlasové či tělové péči týče. Nejčastěji bylo využíváno mléka, vaječných bílků, zvířecí krve či mouky. Z těchto surovin si lidé připravovali pleťové masky, vlasové zábaly či koupele, jak tomu bylo i u egyptské královny Kleopatry VII. Roku 2017 byl v čínské provincii Šen-si učiněn nález bronzové nádoby obsahující směs, jejíž složky byly dle analýzy vyhodnoceny jako zvířecí tuk a krémovitá hmota, označována jako moonmilk, vznikající díky chemickým procesům uvnitř vápencových jeskyní. Směs byla využívána zhruba v období 770–476 př. n. l. s největší pravděpodobností jako pleťový krém čínskými šlechtici. Ačkoliv nebylo známo, že hlavní roli v pozitivních účincích těchto přírodních surovin hrají právě proteiny, intuitivně byly tyto znalosti předávány z generace na generaci po celá staletí, což vedlo až k prvnímu vědomému použití proteinů v kosmetické péči, jež proběhlo v padesátých letech dvacátého století [11], [12], [13].



Obrázek 1: Shluky nažloutlé směsi uvnitř bronzové nádoby. Převzato z [13].

2 PROTEINY POUŽÍVANÉ V KOSMETICKÉ PÉČI

Proteiny a jejich deriváty, jež jsou používány pro kosmetické účely, jsou získávány primárně z jednoduchých proteinů s vláknitou a globulární strukturou, kdežto konjugované proteiny se složitější strukturou, například proteoglykany, jsou využívány jen zřídka, a to ve formě surových extraktů o nízkém stupni čistoty. V kosmetických přípravcích je využíváno zejména přírodních zdrojů, jako jsou zdroje rostlinné a živočišné, v posledních letech jsou však s vývojem technologických zpracování zaváděny i synteticky vyvinuté proteinové deriváty, jako je Acetyl hexapeptide-3, známý jako Argireline. Výběr vhodného proteinu, a tedy i jeho zdroje, byl dlouhodobě ovlivněn dostupností a cenou – u které bylo žádoucí, aby byla co nejnižší –, od osmdesátých let dvacátého století je však kladen stále větší důraz na ekologické aspekty získávání daných proteinů, s čímž je spojena rostoucí popularita rostlinných alternativ [11], [14].

2.1 Rostlinné proteiny

Proteiny extrahované z rostlinných zdrojů jsou spolu s živočišnými proteiny řazeny mezi nejpoužívanější skupiny proteinů pro kosmetické formulace. Přestože se může zdát, že používání živočišných proteinů je logičtější z hlediska podobnosti s lidským organismem, veškeré proteiny, bez ohledu na zdroj jejich původu, obsahují stejných dvacet základních aminokyselin, a tím pádem existují mezi těmito dvěma skupinami pouze malé nuance. K nárůstu popularity rostlinných proteinů vedla také epidemie bovinní spongiformní encefalopatie, jež se odehrála v osmdesátých letech dvacátého století. Vzhledem k regulacím zdravotníků a spekulacím v médiích byl spotřebiteli kladen důraz na snížení produkce přípravků s živočišnými produkty, a rostlinné proteiny se tak dostaly do širšího povědomí. Nejčastěji jsou používány jejich hydrolyzované formy, kdy je samotný proteinový derivát přeměněn do lépe rozpustné formy pomocí kyselé či enzymatické hydrolýzy. Lze je tak snadněji začlenit do kosmetických formulací přípravků na vodní bázi, jako jsou krémy, emulze, či šampóny [11], [12], [15].

2.1.1 Pšeničný protein

Hydrolyzovaný pšeničný protein je značně využívaným proteinem v kosmetické péči. Jeho molekulová hmotnost se běžně pohybuje v rozmezí 1–1,5 kDa a je označován jako nízkomolekulární, za bezpečnou hranici pro použití v kosmetických formulacích je považována molekulová hmotnost tohoto proteinového derivátu do 3,5 kDa.

V kosmetických přípravcích se nejčastěji vyskytuje v koncentračním rozmezí 0,5–5 % z celkové hmotnosti přípravku [16], [17].

Jedná se o proteinový derivát, jenž je svým aminokyselinovým složením velice podobný keratinu obsaženému v lidské pokožce a vlasech. Spolu s některými zástupci rostlinných hydrolyzovaných proteinů, získávaných z mandlí, kukuřice či sóji, tvoří směs látek, jež je známa pod obchodním názvem Phytokeratin. Tato směs je v kosmetických formulacích užívána jako náhrada keratinu – vyznačuje se podobnými vlastnostmi jako živočišný keratin, navíc může být lépe snášen citlivou pokožkou. Pšeničný protein se ve své hydrolyzované formě vyskytuje jako jantarově zabarvená kapalina používající se jako humektant a filmotvorná látka. Lze jej nalézt v přípravcích jako jsou vlasové kondicionéry, plet'ová séra či krémy [18], [19], [20].

2.1.2 Rýžový protein

Hydrolyzovaný rýžový protein je získáván z celých rýžových zrn, včetně otrub a klíčků, anebo pouze ze samotných otrub. Jedná se o nízkomolekulární protein o molekulové hmotnosti pohybující se v rozmezí 0,3–3,5 kDa, tudíž je z hlediska běžných regulačních a dermatologických norem považován za vhodný pro použití v kosmetických formulacích. V kosmetických přípravcích se vyskytuje v koncentracích od 1 % do 10 % z celkové hmotnosti přípravku, přičemž nejúčinnějším koncentračním rozmezím je 4–6 %. Do přípravků je zařazován zejména díky svým humektačním a filmotvorným vlastnostem, kdy jsou na jeho strukturu navázány molekuly vody, čímž je zajišťováno udržení hydratace pokožky. Jedním z poměrně nově objevených účinků hydrolyzovaného rýžového proteinu na pokožku je schopnost stimulovat kožní pigmentaci. Díky tomuto účinku může být zařazován nejen do přípravků určených k urychlení opálení – čímž dochází ke zkrácení doby expozice pokožky UV záření, zejména jeho UVA složce –, ale i do formulací, jež jsou zaměřeny na podporu u osob postižených hypopigmentací [21], [22], [23].

2.2 Živočišné proteiny

Živočišné proteiny jsou do kosmetických formulací zařazovány zejména díky své přirozené afinitě k lidské pokožce a vlasům, která je způsobena biologickou podobností s přirozeně se vyskytujícími skleroproteiny, tedy proteiny s vláknitou strukturou, a sferoproteiny, tedy proteiny s globulární strukturou, v lidské pokožce a kožních adnexech. Díky vzájemné kompatibilitě je lze také využívat v přípravcích pro obnovu povrchu pokožky či vlasů.

Při výrobě přípravků je využíváno hydrolyzovaných forem jednotlivých proteinů pro lepší penetraci skrze pokožku. Pro získávání živočišných proteinů, jež mají původ u savců, je nejčastěji využíváno pojivových tkání anebo jejich kůže – například prasečí kůže pro získání kolagenu. Kromě kůže jsou získávány také z živočišných produktů, jakými jsou mléko či vaječný bílek [11], [24], [25].

2.2.1 Kolagen

Kolagen je řazen mezi skleroproteiny a spolu s ostatními zástupci této skupiny byly mezi prvními zaváděnými proteiny do moderních kosmetických formulací. Slovo kolagen je odvozeno od řeckého kolla, v překladu guma či lepidlo, a gen, znamenající produkovat či vytvářet, což je plně výstižné pro jeho funkci v lidském organismu – kolagen je stěžejním proteinem pro kůži a je díky němu zajišťována její pevnost a integrita. Zejména důležitým typem kolagenu je Kolagen typu I. Tento typ kolagenu je hojně zastoupen v porcinním kolagenu, tedy kolagenu získávaném z prasat. Pro topické použití, jež je charakteristické pro kosmetické přípravky, jelikož jsou aplikovány lokálně na pokožku, je hydrolyzovaný porcinní kolagen využíván v kosmetických formulacích na bázi pleťových krémů, regeneračních sér či jako součást pleťových masek. Přibližně po 25. roku života bývá zaznamenán pokles tvorby kolagenu v pokožce, tudíž je atraktivní složkou pro osoby, jimiž jsou vyhledávány přípravky zabraňující předčasným známkám stárnutí [11], [25], [26], [27].

Mořský kolagen

Mořský kolagen je zajímavou alternativní formou živočišného kolagenu. Používání hydrolyzovaného porcinního a bovinního kolagenu je spojeno s riziky přenosu zoonóz, tedy onemocnění či infekcí, jež jsou přenosná ze zvířete na člověka, a zároveň může být jeho používání v rozporu s některými náboženskými přesvědčeními. Hydrolyzovaný mořský kolagen představuje vhodnou alternativu pro používání nejen do kosmetických formulací. Oproti jiným hydrolyzovaným živočišným formám kolagenu se vyznačuje lepší vstřebatelností, která je zajištěna díky nižší molekulové hmotnosti. Ta se pohybuje v rozmezí 1–3 kDa, kdy u ostatních hydrolyzovaných živočišných typů kolagenu se molekulová hmotnost pohybuje zpravidla okolo 3 kDa a více. Další výhodou je nižší riziko přenosu zoonóz. Mořský kolagen je získáván z ryb či z široké skupiny bezobratlých mořských živočichů, jakými jsou houbovci anebo hvězdice. V posledních letech se jeho extrakce začala provádět za pomoci ultrazvuku, což vede ke zvýšení výtěžku a ke zkvalitnění hydrolyzovaného mořského kolagenu. Do kosmetických formulací je přidáván pro své

antioxidační vlastnosti, má anti-aging účinky, tudíž pomáhá zpomalovat stárnutí pleti, a je přirozeným humektantem [28], [29], [30].

2.2.2 Elastin

Elastin je v lidském organismu zcela nenahraditelným typem proteinu. Je lokalizován, spolu s kolagenem, především v extracelulární matrix *dermis* a mezi těmito dvěma skleroproteiny existuje vzájemná synergie. Kolagen zajišťuje pevnost kůže a její strukturální integritu, elastin umožňuje její návrat do původního stavu po ustání působení vnějších sil – je tedy díky elastinu pružná. Nejpoužívanějším typem živočišného elastinu pro tvorbu kosmetických formulací je bovinní elastin, jenž je zpravidla používán ve své hydrolyzované formě z důvodu lepší penetrace skrze povrch kůže. Je uplatňován zejména v plet'ových krémech nebo posilujících a regenerujících plet'ových sérech. S přibývajícím věkem je spojena tvorba vrásek, která je mimo jiné zapříčiněna také redukcí elastinových vláken v pokožce. Jedná se tedy o vhodnou složku pro anti-aging přípravky [31], [32], [33], [34].

2.2.3 Keratin

Dalším, pro lidský organismus důležitým, strukturálním proteinem je keratin. Jedná se o skleroprotein zajišťující mechanickou pevnost v kožních adnexech – jako jsou vlasy, chlupy a nehty – a přispívající k bariérové funkci pokožky. Bariérová funkce pokožky, konkrétně její rohové vrstvy latinsky označované jako *stratum corneum*, je – kromě jiných faktorů – zajišťována procesem zvaným keratinizace, při němž dochází k postupnému hromadění keratinu v buňkách skvamózního epitelu [35], [36].

První zmínky o užití keratinu jako součásti směsi pro topické použití pochází ze šestnáctého století. Pro své regenerační a hojivé účinky byla čínským lékařem Li Š'-čen vytvořena směs Xue Yu Tan, jejímž základem byly spálené lidské vlasy obsahující vysoké množství keratinu. V dnešní době je keratin primárně získáván z vedlejších produktů živočišné výroby, jako jsou rohy, kopyta, štětiny či vlna. Živočišný keratin se, stejně jako ostatní proteiny určené k penetraci do kůže, používá v hydrolyzované formě. Po hydrolyze se stává nízkomolekulární látkou, jež je schopna proniknout do poškozených keratinových struktur, a tak je v kosmetickém průmyslu využívána jako aktivní látka v přípravcích s regeneračními účinky. Nejčastějšími kosmetickými formulacemi, do nichž je hydrolyzovaný keratin začleňován, jsou přípravky pro péči o vlasy spadající do kategorie tzv. rinse-off přípravků neboli přípravků určených k oplachu po jejich topické aplikaci [32], [37], [38], [39].

2.2.4 Mléčný protein

Hydrolyzovaný mléčný protein, v INCI – International Nomenclature of Cosmetic Ingredients, česky Mezinárodní nomenklatura kosmetických přísad – označován jako Hydrolyzed milk protein, je proteinem získávaným hydrolýzou především kravského mléka, v němž převládající bílkovinou je kasein v celkovém obsahu přibližně 80 %. Z tohoto důvodu je hydrolyzovaný mléčný protein řazen mezi fosfoproteiny, jež jsou skupinou proteinů podléhající posttranslační modifikaci zvané fosforylace. Jeho molekulová hmotnost se pohybuje přibližně okolo 1 kDa. Do kosmetických formulací, kdy nejčastěji těmito formulacemi bývají přípravky z kategorie leave-on – tedy přípravky, jež nejsou určeny k oplachu po jejich topické aplikaci –, je zařazován pro své antioxidační, humektační, a regenerační účinky, mimo jiné se vyznačuje schopností zklidnit podrážděnou pokožku [40], [41], [42].

2.2.5 Albumen

Albuminy jsou skupinou sferoproteinů, které hrají klíčovou roli v mnohých biologických procesech. Pro kosmetické formulace je nejčastěji využíván albumin získávaný sušením vaječných bílků. Tento ve vodě rozpustný protein je označován jako ovalbumin, v INCI uváděn jako albumen. Díky speciální metodě sušení, jež je označována jako metoda sušení rozprašováním, je tento živočišný protein zbavován charakteristického sirného zápachu. Dalším zdrojem pro extrakci ovalbuminu se pro aplikace v potravinářském průmyslu staly vláknité houby rodu *Trichoderma*. Je tedy možné předpokládat, že s rostoucím zájmem o využívání alternativních zdrojů namísto zdrojů živočišných bude zkoumán potenciál využití tohoto alternativního zdroje i pro aplikace v kosmetickém průmyslu. Albumen se vyznačuje vysokou biokompatibilitou a značnou schopností vázat ligandy, čímž může být příznivě ovlivněno vstřebávání či stabilizace ostatních látek. V kosmetických formulacích je používán zejména pro své charakteristické adstringentní účinky, jež mohou vést ke zpevnění pleti a redukci vrásek. Dále tato vlastnost přispívá k možnému snížení nadměrného množství seba u mastné a aknézní pleti skrze stahování pórů [43], [44], [45], [46].

2.3 Glykoproteiny

V rámci neustálé snahy o inovativnost v oblasti kosmetologie a kosmetických formulací jsou předmětem zkoumání a potenciálních aplikací stále širší skupiny bioaktivních látek, mezi

něž patří i glykoproteiny. Glykoproteiny představují skupinu biomakromolekul, kdy součástí jejich proteinové molekuly je sacharidová složka. V minulosti byly označovány jako mukoproteiny – *mucus* je latinským označením pro hlen –, a to pravděpodobně z důvodu jejich funkce v organismu, jíž je tvorba hlenu a s ní spojená bariérová funkce některých vnitřních tkání, zejména sliznic. Kromě ochranné funkce, jež je poskytována sliznicím, mohou být glykoproteiny užitečné pro své bariérové, humektační či regenerační účinky i v kosmetických formulacích určených k topickým aplikacím [47], [48].

2.3.1 Snail secretion filtrate (SSF)

Proteiny označovány jako muciny jsou glykoproteiny, jež jsou obsaženy v sekretech různých živočišných druhů. Zejména se do povědomí v oblasti kosmetické péče dostal hlemýždí mucin, jež je získáván ze sekretu jedinců rodu *Helix*. Produkce hlemýždího sekretu je spouštěna na základě tří faktorů, jimiž jsou snaha o pohyb, stres anebo stimulace. Pro získání sekretu obsahujícího specifický typ mucinu je nutné vystavit jedince stresu, čehož může být docíleno potřísněním roztokem chloridu sodného, jemuž se ve volné přírodě vyhýbají. Při takovémto typu extrakce sice nejsou jedinci usmrcováni, jako tomu bylo v dobách antického Řecka, přesto však ostatní typy extrakce, jakou je vystavení elektrickému proudu a mnoho dalších, zůstávají otázkou etiky [49], [50], [51].

Sekret je po extrakci následně podroben vícestupňovému separačním procesům, jakými jsou například extrakce a mikroextrakce, čímž je ze sekretu separována frakce v INCI uváděna jako snail secretion filtrate (SSF). Tato látka, jež je pro komerční účely zjednodušeně označována jako šnečí mucin, je tvořena převážně vodou a směsí proteinů, vitamínů a dalších nízkomolekulárních látek. Primární bioaktivní látkou, jež je zodpovědná za viskozitu a hlavní biologické účinky, pro něž je SSF využíván v kosmetických formulacích, je glykoprotein mucin. Vyznačuje se protizánětlivými, zklidňujícími regeneračními či antioxidačními účinky a ve valné většině případů je pokožkou velmi dobře snášen. Nejčastěji je zařazován do kosmetických formulací leave-on kosmetiky jako jsou pleťová séra, krémy, masky či tonika [52], [53], [54], [55], [56].

2.3.2 Antracticine

Antracticine je komerčním názvem pro glykoprotein, v INCI uváděný jako *Pseudoalteromonas ferment extract*, získávaný fermentací mořské bakterie *Pseudoalteromonas antarctica* NF3, jež je izolována z antarktických mořských sedimentů. Během svého růstu je *Pseudoalteromonas antarctica* NF3 schopna syntetizovat

vysokomolekulární exopolymerní látku glykoproteinové povahy, díky níž je této bakterii umožněno přežít i v extrémních podmínkách, jež vody antarktického oceánu skýtají. Tato bioaktivní látka se vyznačuje výraznými humektačními, regeneračními a také kryoprotektivními účinky. Do kosmetických přípravků je zařazována také pro svou schopnost regulovat kožní sebum prostřednictvím snižování exprese melanokortinového receptoru MC5 či pro schopnost stimulovat produkci kolagenu. Jedná se o poměrně nově užívanou a do kosmetických formulací zaváděnou účinnou látku, kdy objev bakteriálního kmene, z něhož je tato látka extrahována, byl uskutečněn roku 1988 během španělské vědecké expedice na antarktickém ostrově krále Jiřího [57], [58], [59], [60], [61].

2.4 Peptidy a růstové faktory

Mezi bioaktivními látkami začleňovanými do kosmetických formulací se vyskytují látky mající přesah běžné hydratace či bariérové funkce *epidermis*. Těmito bioaktivními látkami jsou i peptidy a růstové faktory. Kromě zmírnění projevů běžně se vyskytujících změn integrity pokožky vznikajících působením vnějších faktorů a biologických procesů – jakými mohou být suchost, povadlost či projevy známek předčasného stárnutí pleti – jsou tyto látky schopny prevence vzniku těchto problémů díky cíleným změnám na buněčné úrovni. Tyto látky jsou schopny ovlivňovat buněčnou signalizaci, čímž mohou například stimulovat syntézu kolagenu či regulovat aktivitu prozánětlivých cytokinů. Kosmetické přípravky, v nichž jsou tyto účinné látky obsaženy, jsou označovány jako kosmeceutika, kdy jsou díky svému charakteru stavěny na pomyslné rozhraní mezi kosmetickými a farmaceutickými přípravky. Ačkoliv tyto přípravky nejsou podrobeny stejným nárokům a testováním, jako je tomu u přípravků farmaceutických, prokazatelnost jejich přínosu stále narůstá [62], [63], [64].

2.4.1 Argireline

Argireline je obchodním názvem pro synteticky připravovaný peptid Acetyl-glutamyl-glutamyl-methoxyl-glutaminyl-arginyl-arginylamid, zkráceně Acetyl-hexapeptide-3. Syntéza je prováděna pomocí metody označované jako solid phase peptid synthesis, zkráceně SPPS. Tato metoda funguje na principu postupného přidávání chemicky modifikovaných derivátů aminokyselin na rostoucí peptidový řetězec, jenž je svým C-terminem ukotven na pevném sorbentu. Argireline je řazen mezi peptidy inhibující neurotransmitery, jež jsou nejčastěji používanou skupinou peptidů v kosmetických formulacích. Jejich nejvíce žádoucí funkcí je inhibovat uvolňování acetylcholinu v oblasti

nervosvalového spojení, čímž imitují účinky, spotřebiteli velmi žádané, látky zvané botulotoxin. Argireline je tak schopen navodit účinky podobné účinkům botulotoxinových výplní, avšak neinvazivní cestou. Nejvíce se vyskytuje v kosmetických formulacích označených jako anti-aging a regenerační přípravky, jako jsou oční krémy, pleťové krémy a séra [62], [63], [65], [66], [67], [68].

2.4.2 Matrixyl 3000

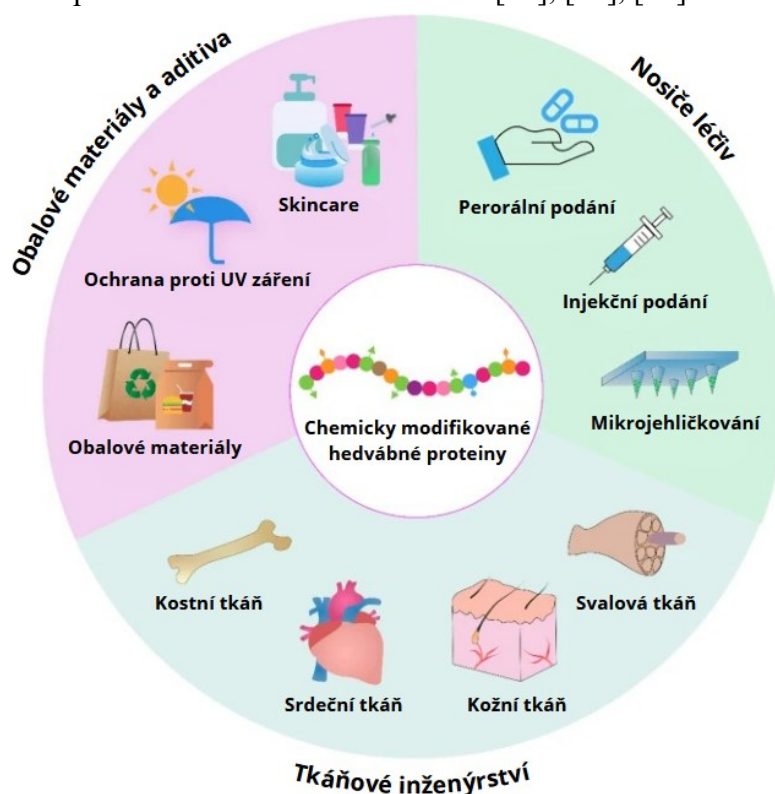
Matrixyl 3000 je obchodním názvem pro syntetickou směs peptidů, jež je složena z peptidů Pal-GHK a Pal-GQPR. Byl vytvořen roku 2003 jako vylepšená verze Matrixylu, v INCI označovaném jako Palmitoyl-pentapeptide-4. Je řazen mezi signální peptidy označované jako matrikyny, jež mají schopnost stimulovat proteiny běžně se vyskytující v extracelulární matrix, jakými jsou kolagen či elastin, čímž je redukována tvorba vrásek. Mimo jiné napomáhá syntéze kyseliny hyaluronové, čímž je zvyšována míra hydratace pokožky [63], [69], [70], [71].

2.4.3 EGF

Růstové faktory jsou látky bílkovinného charakteru, jež díky schopnosti ovlivňovat buněčné procesy známé jako proliferace, diferenciaci a migraci, zajišťují homeostázu tkání. Epidermální růstový faktor, zkráceně EGF, je polypeptidický růstový faktor o molekulové hmotnosti přibližně 6 kDa. Pro kosmetické účely je využíván tzv. rekombinantní EGF (rhEGF), jenž je uměle syntetizován z geneticky modifikovaných mikroorganismů. Je začleňován do kosmetických formulací, jako jsou séra či pleťové a oční krémy, pro své regenerační a zejména anti-aging účinky. Díky schopnosti stimulovat kolagen zejména typu I, může být tímto růstovým faktorem modifikován proces, při němž je redukována přirozená produkce kolagenu v důsledku potlačení aktivity transformujícího růstového faktoru beta (TGF- β) vlivem oxidačního stresu, jež je vyvolán expozicí UV záření [66], [71], [72], [73].

3 HEDVÁBNÉ PROTEINY

Hedvábné proteiny patří do skupiny živočišných biopolymerů, jejichž modifikací se stávají významnou skupinou pro široké spektrum biologických a kosmetických aplikací. Jsou získávány extrakcí z produktů jedinců kmene členovců (*Arthropoda*), jež mají schopnost produkovat hedvábná vlákna. Nejčastěji se jedná o kokony bource morušového, latinsky *Bombyx mori*. Nově je zkoumáno i využití hedvábných proteinů získávaných z pavoučích hedvábných vláken pro různé kosmetické formulace [74], [75], [76].



Obrázek 2: Možné aplikace hedvábných proteinů. Převzato a přeloženo z [76].

Jednotlivé monomerní jednotky jsou většinou na bázi nukleotidů, aminokyselin anebo monosacharidů a díky monomerní diverzitě jsou řazeny mezi heteropolymery. Biopolymery se vyznačují z větší části dobrou biokompatibilitou, vysokou mírou výskytu a mnohými dalšími unikátními vlastnostmi. Dle jejich původu jsou klasifikovány na tři hlavní skupiny, a to na biopolymery přírodní, syntetické a mikrobiální. Do skupiny přírodních biopolymerů řadíme polysacharidy, kterými jsou celulóza, škrob anebo chitin, a proteiny, kde lze zařadit například fibrinogen, kolagen anebo právě skupinu hedvábných proteinů [77], [78].

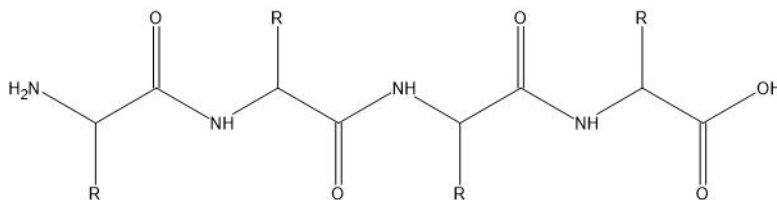
3.1 Sericin

Sericin je produkován exokrinními žlázami larvy bource morušového, jež jsou obecně označovány jako hedvábné žlázy. Hlavním účelem sericinu v hedvábném vlákně je obalit

vlákna fibroinu a tímto způsobem na nich vytvořit ochrannou vrstvu. Zároveň je tímto obalením zajištěno propojení dvou fibroinových vláken, díky čemu je sericin často označován jako hedvábné lepidlo. V kokonu se jeho obsah mezi ostatními zástupci hedvábných proteinů pohybuje v rozmezí 25–30 %. Samotná molekula sericinu je považována za vysoce hydrofilní a jeho nativní forma nabývá molekulových hmotností pohybujících se v rozmezí 20–400 kDa [79], [80].

3.1.1 Struktura a složení

Sericin je řazen mezi sferoproteiny a obecně dělen na dvě hlavní podjednotky, jimiž jsou α -sericin, nacházející se ve svrchní vrstvě hedvábného kokonu, a β -sericin, tvořící vnitřní část hedvábného kokonu. Z hlediska chemického složení se α -sericin oproti β -sericinu vyznačuje menším množstvím atomů uhlíku a vodíku, zároveň však vyšším obsahem atomů dusíku a kyslíku. Dle rozpustnosti ve vodě je sericin členěn do několika frakcí, kde jsou zařazeny formy Sericin A, B a C, alternativně pak Sericin I, II a III. Rozpustnost sericinu je závislá na jeho prostorovém uspořádání – nejnáze dochází k rozpuštění, pakliže je uspořádán jako statistické klubko, které je charakterizováno náhodným uspořádáním merů v proteinovém řetězci, jež není charakteristické pro žádný typ vazby [81], [82], [83].



Obrázek 3: Chemická struktura sericinu. Zdroj vlastní.

Sericin je tvořen osmnácti aminokyselinami, jež lze rozdělit na hydroxy aminokyseliny, jimiž je tvořen z 45,8 %, polární aminokyseliny, v celkovém obsahu 42,3 %, a zbývající množství je tvořeno nepolárními aminokyselinami. Nejhojněji zastoupenou aminokyselinou je aminokyselina serin, a to v celkovém obsahu přibližně 32 %, dále glycin, glutamová kyselina a aspartát [79], [82].

3.1.2 Vlastnosti

Původcem na omak drsného hedvábného kokonu je ochranná vrstva fibroinového vlákna, která je tvořena sericinem. Charakteristickou vlastností je jeho gelotvorná schopnost. Ta je způsobena přeměnami ve struktuře při přechodu z rozpustného na nerozpustný stav. Modifikace statistického klubka je při rozpuštění a následném ochlazení přeměněna

na modifikaci β -skládaného listu, čímž dochází k automatickému poklesu rozpustnosti. Je charakterizován izoelektrickým bodem pohybujícím se okolo 4,0. Je schopen chránit buňky před jejich apoptózou neboli buněčnou smrtí díky schopnosti inhibovat UVB záření, kterým je apoptóza způsobována. Dále se vyznačuje dobrou adhezí, antioxidačními a protizánětlivými účinky [82], [84].

3.1.3 Aplikace v kosmetice

Sericin je do kosmetických formulací začleňován pro své humektační, filmotvorné, protizánětlivé a antioxidační účinky. Vyznačuje se rovněž dobrou afinitou ke keratinu, čímž může ve formulacích vlasové kosmetiky figurovat jako regenerační látka pro poškozené vlasové vlákno, či schopností inhibovat tyrosinázu. Tento enzym je zodpovědný za syntézu melaninu a díky jeho inhibici může být sericin začleněn do kosmetických formulací zaměřených na korekci pigmentových skvrn u osob postižených hyperpigmentací. Sericin se ve své nativní formě vyznačuje poměrně vysokou molekulovou hmotností, proto je pro kosmetické účely modifikován pomocí hydrolýzy, kdy nejčastějším typem této metody je enzymatická hydrolýza zprostředkována pomocí trypsinu. Hydrolyzovaná forma sericinu se od formy nativní vyznačuje vyšší schopností penetrovat skrze pokožku a také vyšší mírou antioxidačních účinků [85], [86], [87], [88], [89].

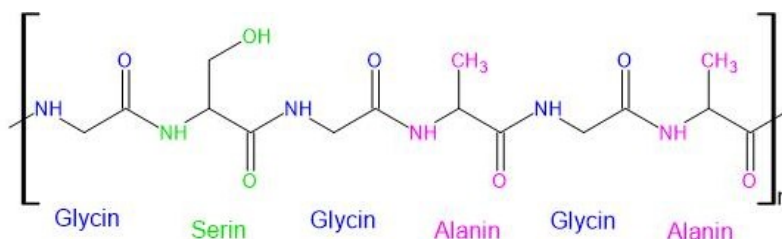
3.2 Fibroin

Fibroin zaujímá přibližně 75 % z celkové hmotnosti hedvábného kokonu. Je ve vodě nerozpustným glykoproteinem o přibližné molekulové hmotnosti 400 kDa – ve své nativní formě. Fibroin byl schválen roku 1993 Úřadem pro kontrolu potravin a léčiv (anglicky United States Food and Drug Administration, zkráceně FDA) jako biomateriál. Od té doby je předmětem neustálých výzkumů, a to z hlediska bezpečnosti, biokompatibility či způsobu užití. Ve srovnání s živočišným kolagenem se vyznačuje mnohem vyšší biokompatibilitou [90], [91].

3.2.1 Struktura a složení

Fibroin, jak je již z názvu patrné, je řazen mezi skleroproteiny, tedy proteiny s fibrilární strukturou. Obecná kompoziční struktura nativní formy fibroinu je značně odlišná od struktury nativní formy sericinu. Je složen ze tří podjednotek v poměru 6:6:1, jimiž jsou těžký fibroinový řetězec (H-fibroin) o molekulové hmotnosti přibližně 390 kDa, lehký fibroinový řetězec (L-fibroin) mající molekulovou hmotnost přibližně 25 kDa

a fibrohexamerin, jenž je označován jako glykoprotein P25. H-fibroin je disulfidickými vazbami kovalentně vázán na L-fibroin, nekovalentně je k nim vázán fibrohexamerin. Hlavními krystalickými strukturami fibroinu jsou metastabilní struktura Silk I a struktura β -skládaného listu Silk II [79], [92].



Obrázek 4: Chemická struktura fibroinu. Zdroj vlastní.

Fibroin je velmi komplexním proteinem. Jak lze vidět na obrázku č. 4, je tvořen nejrozličnějšími aminokyselinami, z nichž hlavními jsou glycin, dosahující 43 % z celkového obsahu, dále alanin (30 %) a serin (12 %). Fibrohexamerin je složen celkem ze dvou set dvaceti aminokyselin. H-fibroin je tvořen opakující se hexapeptidickou sekvencí, konkrétně pak Gly-Ala-Gly-Ala-Gly-Ser, a zároveň opakující se dipeptidickou sekvencí, jež obsahuje buď vazbu Gly-Ala, Gly-Ser anebo Gly-Tyr. Právě díky těmto sekvencím je schopen tvořit antiparalelní strukturu β -skládaného listu. L-fibroin je oproti H-fibroinu tvořen neopakujícími se sekvencemi, čímž je podmíněna jeho relativní elasticita a vyšší hydrofilnost [90], [93].

3.2.2 Vlastnosti

Fibroin je díky svým unikátním a nezaměnitelným fyzikálním, biologickým a chemickým vlastnostem podroben rozsáhlému výzkumu, a to jak ve vědeckých, tak v průmyslových oborech. Je vysoce termodynamicky stabilní – je schopen odolávat vysokým teplotám bez ztrát na své integritě, což je klíčové pro zpracování hedvábí. Z mechanických vlastností se vyznačuje vysokou odolností. Ta je dána přítomností H-řetězce, jenž je schopen fázových přechodů z amorfni na krystalickou strukturu. Další z jeho významných mechanických vlastností je pevnost v tahu, anglicky označována jako tensile strength. Jedná se o fyzikální veličinu, jež udává maximální možné napětí, které je materiál schopen vydržet, než dojde k jeho trvalé deformaci – u fibroinu se pohybuje v rozmezí 300–740 MPa. V mnohých mechanických vlastnostech konkuruje či dokonce převyšuje některé syntetické materiály, jakým je Kevlar (para-aramidové vlákno) [94], [95].

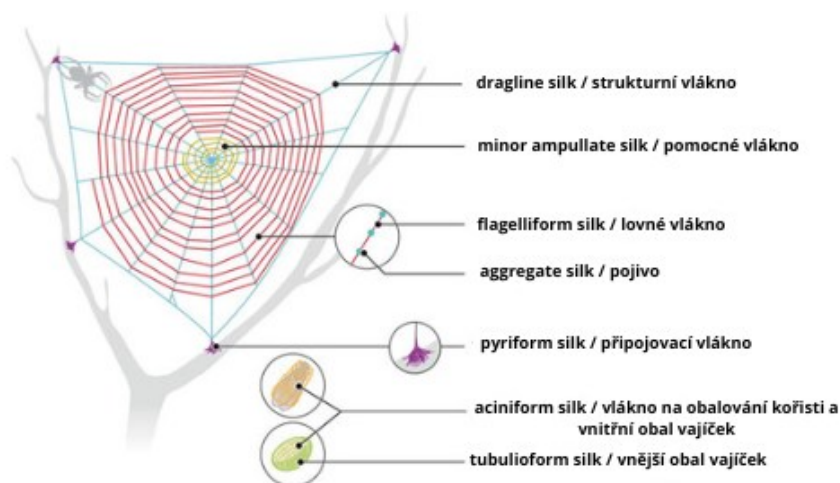
Fibroin se řadí mezi vysoce bioaktivní biopolymery. Vykazuje se vysokou biokompatibilitou, což je atraktivní vlastností především pro tkáňové inženýrství, a podporuje také proliferaci buněk. Mezi jeho další atributy patří biodegradabilita, a to zejména ta řízená, kdy jej lze rozložit za změny teploty, změnou v jeho chemické strukturu či za změny pH – nejčastěji je využíváno mírně kyselého prostředí [95], [96].

3.2.3 Kosmetické aplikace

Fibroin je díky inovacím v technologickém a kosmetologickém průmyslu stále častěji začleňovanou biologicky aktivní látkou do kosmetických formulací, o čemž svědčí i tržní analýzy z roku 2023, podle nichž je do roku 2032 očekáván nárůst globálního tržního objemu fibroinu z 1,2 miliardy amerických dolarů přibližně na 2,3 miliardy amerických dolarů. Podobně jako je tomu u sericinu, patří mezi pro kosmetické aplikace relevantní účinky fibroinu jeho humektační, antioxidační, regenerační, protizánětlivé či filmotvorné účinky. Díky své schopnosti absorpce a retence vody, což je žádoucí pro udržení optimální úrovně hydratace pokožky, je aplikován do kosmetických přípravků určených zejména pro suchou a citlivou pleť. Jeho antioxidační vlastnosti jsou významné pro přípravky, jež jsou určeny k ochraně pleti před působením volných radikálů. V kosmetických přípravcích, jež jsou určeny pro problematickou pleť, může být fibroin považován za vhodnou aktivní složku vzhledem k jeho schopnosti podporovat proliferaci buněk, čímž je podporováno urychlení procesu hojení ran a jizev, jejichž původci je například akné [97], [98], [99], [100].

3.3 Pavoučí hedvábný protein

Pavučiny jsou tvořeny několika druhy vláken s různými biochemickými i mechanickými vlastnostmi, jak lze vidět na obrázku č. 5. Jedním z nich je tzv. dragline silk, což je anglickým termínem pro vlákno syntetizované pomocí hlavních ampulárních žláz, v překladu major ampullate glands. Z názvu těchto žláz je odvozena zkratka pro toto hedvábné vlákno – MAS (major ampullate silk). Od ostatních hedvábných vláken se liší nejenom svými výjimečnými fyzikálními vlastnostmi, ale i chemickou kompozicí. Na rozdíl od hedvábných vláken larev nočních motýlů se vyznačuje absencí sericinu a fibroinu. Pro MAS jsou specifickými hedvábnými proteiny tzv. spidroiny. Hlavními zástupci spidroinů vyskytujících se v MAS jsou spidroin I (MaSp1), nacházející se po celé délce vlákna, a spidroin II (MaSp2), jenž je situován především ve středu vlákna a chybí na jeho okrajích [101], [102], [103], [104].



Obrázek 5: Vlákna tvořící pavučinu. Převzato a přeloženo z [104].

3.3.1 Struktura a složení

Obecnou strukturu spidroinů lze charakterizovat jako jádro obklopené globulárním řetězcem s N a C konci, jež jsou složeny do struktury α -helix. Jádro je organizováno do primární struktury tvořené opakujícími se sekvencemi aminokyselin, kdy jednotlivé sekvence mohou být zopakovány až stokrát. Primární struktura čítá přibližně 40–200 jednotek aminokyselin. Strukturními motivy jádra proteinu MaSp1 pro opakování sekvencí jsou G-G-X, kde x označuje aminokyseliny Glutamin, Tyrosin, Alanin a Leucin, $(G-A)_n$ anebo $(A)_n$. U MaSp2 jde pak o motiv $(A)_n$ anebo G-P-G-XX. Globulární struktura kolem jádra je složena z neopakujících se sekvencí aminokyselin a jejich množství se pohybuje v rozmezí 100–140 jednotek [101], [102], [105].

Spidroiny jsou proteiny dosahující velkých rozměrů, jak z hlediska molekulové hmotnosti ve své nativní formě (200–720 kDa), tak z množství aminokyselinových jednotek (až 3000 jednotek aminokyselin). Převažujícími aminokyselinami ve složení jsou glycin a alanin, pro MaSp2 je pak charakteristický prolin a v N koncích globulární struktury spidroinu je hojně obsažen serin, jehož sekrece je regulována signálními peptidy obsaženými v témže konci [106].

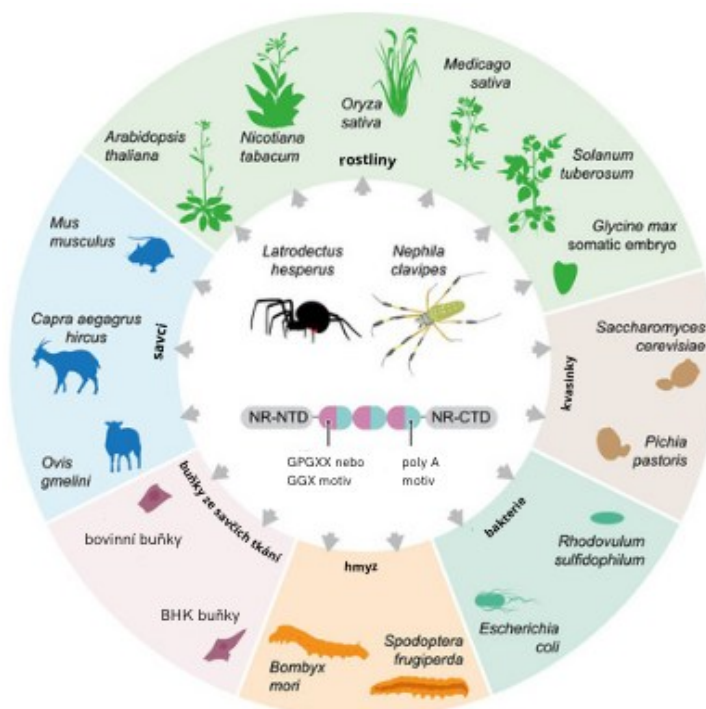
3.3.2 Vlastnosti

Spidroiny se vyznačují vysokou biokompatibilitou a biodegradabilitou, což je činí potenciálními bioaktivními látkami, jež mohou být začleňovány v oblasti tkáňového inženýrství či v topických aplikacích v kosmetickém průmyslu. Mezi další, pro aplikaci v kosmetických formulacích relevantní, vlastnosti jsou řazeny dobrá termální stabilita,

odolnost vůči změnám v pH a schopnost tvořit stabilní povrchové filmy. Významnými mechanickými vlastnostmi jsou značná pevnost v tahu – čímž je příznivě ovlivněna jeho odolnost vůči působení silového napětí, jež by mohlo vést k trvalé deformaci –, a vysoká elasticita [107], [108], [109].

3.3.3 Možné využití v kosmetice

Volně dostupné kosmetické formulace, v nichž by byly spidroiny obsaženy, jsou v současné době raritou, avšak vzhledem ke svému velkému potenciálu v kosmetickém odvětví jsou podrobovány neustálým výzkumům. Jedním z těchto výzkumů je posouzení interakcí a možné afinity k ostatním bioaktivním látkám. Kromě vysoké míry biokompatibility, biodegradability a schopnosti tvořit povrchové filmy byla u těchto biomakromolekul zjištěna také schopnost podpory proliferace buněk, jež může být významná pro kosmetické formulace určené k redukci jizev a podpoře hojení ran. Díky filmotvorným vlastnostem, jež mohou vést ke snížení transepidermální ztráty vody, by mohly být začleňovány do široké škály přípravků určených k podpoře bariérové funkce pokožky. Vzhledem k rostoucímu zájmu spotřebitelů o přírodní či eticky získávané alternativy k bioaktivním látkám, jež jsou obsaženy v kosmetických formulacích, jsou zkoumány a s biotechnologickým rozvojem vyvíjeny rekombinantní spidroiny, jež jsou synteticky vyráběnou alternativou. Mezi biologické systémy, pomocí nichž je rekombinantní spidroin (rMaSp) syntetizován, jsou řazeny například bakterie, kvasinky či rostliny [110], [111], [104], [112].



Obrázek 6: Biologické systémy pro syntézu rMaSp. Převzato a přeloženo z [104].

4 ZPRACOVÁNÍ A SYNTÉZA PROTEINŮ PRO KOSMETIKU

Proteiny, jež jsou určeny pro aplikaci v kosmetických formulacích, jsou získávány nejen z různorodých zdrojů, ale i různými metodami zpracování a samotné syntézy. Způsob a použité metody, jakými jsou získávány a zpracovávány, jsou považovány za signifikantní z hlediska zachování a dosažení požadovaných vlastností výsledné bioaktivní látky, jež má být začleněna do kosmetického přípravku. Kromě funkčnosti výsledného proteinu či proteinového derivátu je zvažována i legislativní přijatelnost, etičnost a udržitelnost při zpracovávání dané suroviny. Proteiny a jejich deriváty jsou zpracovávány buďto z přírodních zdrojů, kdy jedinec ze zástupců převážně živočišné říše syntetizuje danou surovinu, z níž probíhá následná extrakce požadované bioaktivní látky – jako je tomu například u druhu *Bombyx mori* –, anebo jejich syntéza probíhá čistě na základě biotechnologických metod, mezi něž jsou zahrnovány syntézy z vedlejších živočišných produktů, rekombinantní technologie či fermentace. Výběr metody zpracování je vyvozen na základě výchozí suroviny a jsou zde zařazovány rozličné separační metody [113], [114], [115].

4.1 Metody získávání proteinů

Výběr metody pro získávání proteinů, jež naleznou uplatnění při aplikacích v kosmetických formulacích, je přizpůsoben kromě typu výchozí suroviny také požadavkům na kýžené výsledné vlastnosti, jako jsou stabilita, čistota či jednotlivé funkční a bioaktivní vlastnosti výsledného zpracovaného proteinu či jeho derivátu. Pro získání výsledné bioaktivní látky je charakteristickým kaskádovitý sled separačních procesů, jenž zahrnuje extrakční a purifikační metody či případnou modifikaci dané bioaktivní látky [113], [114].

Extrakční metody představují první fázi separačního procesu. Cílem extrakce je uvolnění a izolace požadovaného proteinu z biologické matrice, již může být prasečí kůže při získávání kolagenu, hlemýždí sekret při získávání šnečího mucinu či kokony a samotné larvy bource morušového. U proteinů, jež jsou lokalizovány intracelulárně, musí být nejprve provedena disrupce neboli lýza buněčných struktur za cílem snazšího uvolnění látky. Tento krok může být proveden pomocí mechanicky či chemicky založených metod, mezi něž je řazena homogenizace, sonikace, enzymatická lýza či lýza pomocí roztoku detergentů. Následně bývá provedena extrakce, mezi jejíž základní typy jsou řazeny například extrakce pomocí rozpouštědel, extrakce zahříváním či ultrazvuková extrakce. Pro extrakci hedvábných proteinů, konkrétně sericinu, z hedvábných kokonů je nejčastěji využíváno

extrakce zahříváním, kdy jsou kokony vyvařovány ve vodní lázni, do níž je přidán alkalický roztok pro zvýšení solubility sericinu, voda s extrahovaným sericinem je poté odpařena, podrobena purifikaci a výsledkem je sericin ve formě amorfního prášku [79], [116], [117], [118].

Po extrakci je extrahovaná proteinová směs kontaminována nežádoucími látkami, jimiž může být snížena čistota a bioaktivní funkčnost výsledného proteinu. Proto je následujícím krokem purifikace, jejímž cílem je odstranění těchto nežádoucích látek za cílem zvýšení čistoty a funkčnosti extrahované látky pro další využití v kosmetických formulacích. Mezi základní purifikační metody je řazena precipitace, jinými slovy vysrážení, za použití solí nebo využití izoelektrického bodu, centrifugace, ultrafiltrace, dialýza, elektroforéza či chromatografické metody, jako je kapalinová, iontoměničová a afinitní chromatografie [113], [117], [119].

4.2 Přírodní vs. biotechnologická syntéza

Přírodní syntéza proteinů je lokalizována v buňkách živých organismů, kdy jsou tyto a jiné bioaktivní látky začleněny v kompozici různých sekretů, jež jsou produkovány pro biologické potřeby daného jedince. Příkladem mohou být jedinci rodu *Helix*, v jejichž sekretu se nachází šnečí mucin, pavouci, zejména rodu *Araneus* či *Nephila*, jež tvoří vlákna pavučin s obsaženými spidroiny anebo jedinci druhu *Bombyx mori*, jejichž larvy produkují hedvábná vlákna, v nichž je obsažen sericin a fibroin, pro vytvoření hedvábného kokonu. Sericin je produkován exokrinními žlázami larvy bource morušového, jež jsou obecně označovány jako hedvábné žlázy. Tyto žlázy jsou párovým orgánem po latero-ventrální rovině se prodlužujícím do zažívacího ústrojí. Žlázu lze dále rozdělit na tři části. První z nich je přední hedvábná žláza, která formuje vylučovací kanálek a je tvořena přibližně dvěma stovkami buněk. Další částí je prostřední hedvábná žláza, ve které dochází k sekreci sericinu a její délka je v průměru okolo 7 cm. V zadní hedvábné žláze dochází k sekreci fibroinu a její délka je přibližně 15 cm [49], [120].

Syntéza proteinů, peptidů a růstových faktorů prostřednictvím biotechnologických metod je alternativním a inovativním způsobem, jak může být získáváno těchto bioaktivních látek mimo přirozené prostředí jedince anebo bez jeho přímého zapojení do procesu syntézy. Zdroji pro biotechnologickou syntézu daných bioaktivních látek jsou kromě živočišných produktů a vedlejších produktů živočišné výroby, z nichž jsou potřebné látky extrahovány, také mikroorganismy, jež jsou považovány za hostitelské systémy, z nichž jsou látky

synteticky produkovány. Mezi jednu z využívaných biotechnologických metod, při níž je pro syntézu proteinů a jejich derivátů využíváno právě mikroorganismů jako hostitelských systémů, patří rekombinantní DNA technologie. Ta je založena na principu přenesení vybraného genu pomocí vektoru do hostitele, kdy je často využíváno bakterie *Escherichia coli*, přičemž hostitel začne daný protein po procesu zvaném indukce produkovat. Příkladem může být syntéza růstových faktorů pomocí kvasinky *Pichia pastoris*. Další využívanou biotechnologickou metodou syntézy je fermentace, kdy je tímto procesem získáno požadované bioaktivní látky, jako je tomu u fermentace bakterie *Pseudoalteromonas antarctica* NF3 při získávání glykoproteinu Pseudoalteromonas ferment extract [57], [73], [115], [121].

4.3 Výhody a nevýhody syntetických proteinů

Syntetické proteiny, jež jsou získávány biotechnologickými metodami popsanými výše, reprezentují moderní a perspektivní přístup k produkování bioaktivních látek pro užití v širokém spektru průmyslových odvětví. Jednou z hlavních výhod synteticky připravovaných proteinů a jejich derivátů patří vyšší míra kontroly nad celým procesem syntézy a také vyšší efektivita samotné výroby. Pomocí biotechnologických metod je snižováno riziko možné kontaminace látky, jež může nastat při extrakci z přírodních zdrojů, jako jsou vedlejší produkty živočišné výroby, s čímž je spojena i minimalizace rizika přenosu zoonóz. Dále je zvyšována efektivita výrobního procesu, kdy je možno syntetizovat konzistentně kvalitní látky bez odchylek. Z ekologického hlediska je důležitým faktorem snížení závislosti na přírodních zdrojích, čímž je snižován tlak na přírodní ekosystémy a je zajišťována udržitelnost výroby, což je v posledních letech, spolu s etikou získávání a zpracování zejména živočišných látek, výrazným aspektem při výběru nejen kosmetických přípravků. Možné nevýhody synteticky připravovaných proteinů a jejich derivátů jsou často spojeny s jejich nesprávnou expresí, kdy při snaze o reprodukci funkce cílového proteinu může docházet k náhodným chybám či k nesprávnému sbalení neboli misfoldingu, čímž mohou být negativně ovlivněny jejich biologické vlastnosti, funkčnost a účinek. Další možnou nevýhodou může být i finanční nákladnost, kdy je při případné velkovýrobě nutné pořízení pokročilejší techniky pro zachování kvality připravovaných bioaktivních látek. Rizikem může být i vznik imunogenních reakcí, jež mohou nastat z důvodu syntézy v cizorodých organismech, jejichž produkty mohou být imunitním systémem rozpoznány jako cizí [122], [123], [124], [125].

5 APLIKACE PROTEINŮ V KOSMETICE

Proteiny jsou pro aplikaci v kosmetických formulacích, jak již bylo zmíněno výše, velice zajímavou a žádoucí surovinou, zejména díky svému potenciálu v oblasti ochrany, regenerace a péče o pokožku a vlasy. Kromě jejich fyzikálně-chemických a bioaktivních vlastností – viz kapitola 2 – musí být při výběru vhodného typu proteinu pro daný kosmetický přípravek rovněž zohledněna jejich schopnost interagovat s cílovou strukturou, jimiž jsou nejčastěji pokožka a vlasové vlákno. Mezi tyto interakce jsou řazeny například afinita k molekulám přirozeně se vyskytujících v těchto strukturách či adheze k povrchu dané struktury. Pro racionální návrh kosmetické formulace je tak nutná znalost základní anatomie a fyziologie kůže, a to včetně parametrů, jakými jsou transepidermální ztráta vody, přirozený hydratační faktor, hydratace *stratum corneum* a typologie pleti [126], [127], [128].

Vývoj v oblasti kosmetických a aplikačních technologií, díky němuž může být umožněno zlepšení stability výsledných přípravků či zvýšení biologické dostupnosti surovin, je dalším faktorem, jež musí být v souvislosti s kosmetickými aplikacemi zohledněn. Za tímto účelem jsou v kosmetických formulacích aplikovány inovativní metody výroby, jako je zařazování nanoformulace či enkapsulace aktivních látek. Tyto novodobé přístupy k výrobě kosmetických přípravků vedou k rozšíření možností využití i těch látek, jež byly v minulosti z technologických důvodů začleňovány jen stěží [129], [130].

5.1 Kůže

Kůže je jedním z nejkompexnějších orgánů, jež lidské tělo skýtá. Pokrývá celý povrch těla a je propojena se sliznicemi lemujícími tělní otvory. Povrch kůže je odhadován na přibližně 1,6–1,8 m². Přibližně 15 % celkové hmotnosti dospělého jedince je tvořeno kůží a její tloušťka je v závislosti na lokalitě na těle udávána v rozmezí přibližně 0,4–4 mm. Nejtenčí vrstva kůže je situována např. na očích víčkách, nejhrubší pak na dlaních či ploskách nohou. Kůže je členěna do tří hlavních vrstev, kterými jsou *epidermis*, *dermis* a *hypodermis* [131], [132], [133].

Jejím hlavním údělem je tvořit rozhraní mezi zevním a vnitřním prostředím těla a chránit organismus před nejrůznějšími škodlivými agens, jako jsou bakterie, chemické látky či samotný životní styl. Tuto funkci zastává *epidermis*. Další nepostradatelnou funkcí kůže, jež zastávají všechny její hlavní vrstvy, je zajištění tepelné homeostázy organismu např. skrze ekrinní potní žlázy. Tyto žlázy vytváří pot, jenž je z převážné většiny tvořen vodou spolu s rozpuštěnými elektrolyty. Kůže zprostředkovává skrze UV záření syntézu

vitamínu D, s čímž je však spjato několik rizik. Přílišná expozice UV záření může vést ke vzniku alergických reakcí či kožních nádorů. Proto je nutné při pobytu na slunci dbát o správnou ochranu pomocí přípravků s vhodnými UV filtry a látkami, jimiž jsou složky UV záření blokovány [132], [133].

5.1.1 Epidermis

Epidermis neboli pokožka, se nachází na samotném povrchu kůže a utváří tak její svrchní vrstvu. Jedná se o hlavní propustnou a prodyšnou bariérou, jako první přichází do styku s možnými patogeny a je tak klíčovou složkou imunitního systému. Představuje vrstevnatý dlaždicový epitel [133].

Pokožka sestává z pěti vrstev, přičemž nejhlubší vrstvou je *stratum basale*, následuje *stratum spinosum*, *stratum granulosum*, *stratum lucidum* a nejsvrchnější vrstvou je *stratum corneum*. Součástí pokožky je několik typů buněk. Největší část, přibližně 80–90 % je zastoupena keratinocyty. Jedná se o buňky vznikající z vnějšího zárodečného listu, ektodermu, jež během svého životního cyklu projdou specifickým diferenciačním procesem vedoucím ke vzniku korneocytů. Následně dochází k jejich deskvamaci, díky čemu se pokožka neustále obnovuje. Tento přirozený cyklus trvá zhruba 30–40 dní. Dalšími buňkami, jež jsou v pokožce obsaženy, jsou např. melanocyty. Melanocyty jsou zodpovědné za pigmentaci pokožky a kožních adnex, a to díky schopnosti produkovat melanin. Ten je dále dělen na eumelanin (hnědočerný pigment; převažující) a feomelanin (žlutooranžový pigment) [131], [132].

5.1.2 Dermis

Dermis, česky škára, je prostřední vrstvou kůže. Díky škáře je kůže flexibilní a odolná. Je tvořena pojivovou tkání a obsahuje nesčetné množství krevních cév a nervů. Dermální pojivová tkáň je složena ze tří typů vláken, konkrétně z kolagenových, elastinových a retikulárních vláken, zajišťujících stabilitu mezi pokožkou a škárou. Škára je obecně dělena na dvě hlavní vrstvy – papilární *dermis*, která je tenčí, a retikulární *dermis*, která je hrubší z důvodu silnější vrstvy kolagenu [132].

5.1.3 Hypodermis

Hypodermis, označována jako podkožní vazivo či tela subcutanea. Jedná se o nejhlubší vrstvu kůže a je tvořena převážně adipocyty, jež jsou navzájem propojeny kolagenními vlákny. Množství adipocytů se liší v závislosti na životním stylu člověka, dědičnosti

či pohlaví. U mužů se tuková tkáň soustřeďuje nejvíce v oblasti břicha. U žen se pak tuková tkáň nachází především v oblasti prsou, boků a také v oblasti podbřišku, kde tvoří ochranu pro dělohu. Ochranu pro tělo představuje také z hlediska termoregulace [132], [134].

5.1.4 Parametry charakterizující stav pokožky

Pokožka je do jisté míry schopna samo obnovy díky životnímu cyklu keratinocytů. Na povrchu pokožky je však situován kyselý plášť kožní, který může být nesprávnou péčí a používáním nevhodných kosmetických přípravků nenávratně poškozen. Kyselý plášť kožní obsahuje kromě exfoliovaných keratinocytů také maz, pot a mnohé další látky vznikající při epidermálním metabolismu. Jeho pH je oproti pH krevní plazmy a ostatních tělních tekutin, které se pohybuje okolo 7, kyslejší a jeho rozmezí činí 4,5–5,5. Kyselý plášť kožní slouží rovněž, jako celá *epidermis*, k ochraně organismu [135], [136].

Narušení bariérové funkce pokožky může být podmíněno několika faktory, nejčastěji se jedná o vliv vnějšího prostředí, stres, onemocnění (bakteriální, virová, ale i autoimunitní), věk a v neposlední řadě genetické predispozice. Narušení se nejčastěji projevuje tím, že se pokožka jeví jako suchá, neelastická, může docházet k nepříjemnému svědění či jejímu následnému popraskání. Pokožka je charakterizována řadou parametrů, které jsou podrobněji popsány níže.

SSpH

SSpH neboli pH povrchu pokožky je, jak již bylo zmíněno výše, kyslejší, než je pH ostatních tělních tekutin. Tím je zajištěna schopnost bránit množení možných patogenních agens, napomáhat k rozvoji přirozené kožní mikroflóry a zajišťovat optimální funkci ceramidů a lipidů v pokožce. Správnou bariérovou funkci zajišťuje ovlivňováním enzymatické aktivity [137], [138].

TEWL

Zkratka TEWL symbolizuje transepidermal water loss, česky pak transepidermální ztráta vody. Je ukazatelem míry ztracené vody ve vrstvě *epidermis*, *stratum corneum*, ke které dochází odpařováním vody z povrchu pokožky, jež je podmíněno gradientem tlaku vodní páry. Průměrná hodnota TEWL činí přibližně 350 ml odpařené vody denně. Čím vyšší hodnota TEWL je, tím více probíhá transepidermální ztráta vody, což vede ke zhoršení bariérové funkce pokožky. Je také vhodným ukazatelem pro posouzení iritačního potenciálu pokožky [139], [140].

SCH

SCH označuje v překladu hydrataci *stratum corneum*. Jedná se o celkové množství vody nacházející se ve *stratum corneum*. Tento parametr je úzce spjatý jak s bariérovou funkcí pokožky, tak s jejím vizuálním vzezřením – hebkost, jemnost a elasticita. Hodnoty SCH u zdravé pokožky se pohybují okolo 15–20 %, u suché pokožky okolo 10 % [138], [141].

NMF

Pojmem NMF, též natural moisturizing factor, česky přirozený hydratační faktor, je označována směs částic ve vodě rozpustných nacházejících se ve *stratum corneum*. Těmito částicemi jsou např. aminokyseliny, ceramidy, urea či kyselina hyaluronová. Pakliže dochází k nadměrné absorpci vody pokožkou, například při častém mytí, jsou tyto molekuly uvolněny pryč ze *stratum corneum* a jejich ztráta může mít nepříznivý vliv na stav pokožky, což je nejčastěji indikováno jejím vysušením [142].

5.1.5 Typologie pleti

Odvětví přípravků patřících do skupiny přípravků označovaných jako skincare se primárně zaměřuje na péči o pleť. Z důvodu toho, aby byla pleti dodána správná péče a pečující přípravky tak mohly být vyvíjeny a určeny na míru jednotlivci, musela být pleť nejprve rozdělena do kategorií, jelikož každý z jednotlivých typů se vyznačuje odlišnými charakteristikami – např. pleť jednotlivce A může být náchylnější k tvorbě mazu, než pleť jednotlivce B atd. Toto rozdělení je především subjektivní [141].

Prvním člověkem, který kdy klasifikoval pleť do různých kategorií, byla polsko-americká podnikatelka Helena Rubinstein (1872–1965). Její kariéru v kosmetickém odvětví odstartovala v počátcích 20. století otevřením obchodu v Melbourne, kde distribuovala pleťové krémy. Postupem času vybudovala svou vlastní firmu známou jako Helena Rubinstein, Inc., která od roku 1984 spadá pod společnost L'Oréal S.A [143], [144]. Helena Rubinstein pleť roztřídila do čtyř základních kategorií, a to na pleť mastnou, suchou, smíšenou a citlivou. Výhodou tohoto rozdělení je především rychlost, s jakou dokáže být daný typ pleti určen, jelikož je založeno především na subjektivním vnímání – nepodléhá však standardům pro klasifikaci. Bylo tak nutné přijít i s jinými klasifikacemi [141].

Další klasifikací, jež byla vyvinuta v roce 1975, je klasifikace dle Fitzpatricka, též známá jako Fitzpatrickova škála. Jejím zakladatelem byl americký dermatolog Thomas B. Fitzpatrick (1919–2003). Je založena na dědičné pigmentaci (nejen pokožky) spolu

s odhadem reakce a následné odezvě rozličných typů pleti na UV záření. Plet' se dle tohoto modelu dělí na typ I–VI a tyto kategorie jsou charakterizovány numerickým skóre v rozmezí od 0–35+, kdy plet' se skóre 0 je nejvíce náchylná ke spálení a plet' se skóre 35+ se nespálí nikdy. Možnou nevýhodou tohoto modelu je jeho nevhodnost pro jedince s tmavou pigmentací pleti, jelikož poslední kategorie se téměř neliší [141], [145], [146]. Typy pleti dle Fitzpatricka jsou podrobněji rozebrány níže [147].

Typ I (skóre 0–6): velmi bledá plet'; barva vlasů je blond či zrzavá; barva očí modrá; na pleti se vyskytují pihy; pokožka se nikdy neopálí a vždy se spálí

Typ II (skóre 7–13): plet' světlá; barva vlasů je blond či zrzavá; barva očí modrá, zelená a hnědá; minimální opálení a velmi časté spálení

Typ III (skóre 14–20): plet' krémová až světle hnědá; nezáleží na barvě vlasů ani očí; rovnoměrné opálení a občasné mírné spálení

Typ IV (skóre 21–27): hnědá až tmavě hnědá plet' s olivovým podtónem (středomoří); opaluje se dobře a ke spálení dojde málokdy

Typ V (skóre 28–34): tmavě hnědá plet' (Střední východ); snadno se opaluje a málokdy dojde ke spálení

Typ VI (skóre 35+): vysoce pigmentovaná tmavě hnědá plet'; opaluje se velmi snadno nikdy se nespálí

5.2 Praktické aplikace

Praktické aplikace proteinů zahrnují jejich začlenění do formulací kosmetických přípravků. Kosmetické přípravky představují širokou skupinu výrobků, jež se vyznačují odlišnostmi ve fyzikálně-chemickém složení, konzistenci, způsobu aplikace či celkovém avizovaném účinku. Proteiny mohou být jako bioaktivní látky začleněny do několika forem kosmetických přípravků, přičemž nejčastějšími jsou emulze typu olej ve vodě neboli o/v či emulze typu v/o neboli voda v oleji, vodné a hydroalkoholové roztoky. Nejběžnější formou aplikace kosmetických přípravků obsahujících proteiny a proteinové deriváty je topická aplikace, jejímž mechanismem je přímé nanesení přípravku na pokožku či vlasy, kde jsou zařazovány přípravky spadající do kategorie leave-on i do kategorie rinse-off. V praktickém využití kosmetických přípravků je kladen důraz na soulad s legislativními požadavky, jakými jsou například bezpečnostní limity použitých látek, dodržení správné výrobní praxe, či hodnocení bezpečnosti přípravků [148], [149].

5.2.1 Krémy

Krémy jsou řazeny mezi nejběžněji využívané formy kosmetických přípravků. Mohou se vyznačovat různými texturami a kompozicemi bioaktivních látek. Krémy jsou kosmetickými formulacemi označovanými jako emulze. První ze základních typů emulzí je emulze typu o/v označující heterogenní směs olejové složky rozpuštěné ve vodné složce, jež jsou formulacemi tělových mlék či lehkých denních krémů vyznačujících se rychlou vstřebatelností. Druhým základním typem emulze je emulze typu v/o, jež je označením pro heterogenní směs vodné složky rozpuštěné v olejové složce. Tyto emulze jsou formulacemi nočních, regeneračních a vysoce hydratačních pleťových krémů, kdy díky vyššímu podílu olejové složky jsou schopny vytvářet na povrchu pokožky ochranný film. Hydrolyzované proteinové deriváty jsou bioaktivními látkami rozpustnými ve vodě, z toho důvodu jsou nejčastěji začleňovány do emulzí typu o/v, a to pro své humektační, regenerační a bariérové vlastnosti, jimiž se vyznačují například hydrolyzovaný kolagen, hydrolyzovaný mléčný protein či hydrolyzovaný sericin [148], [150].

5.2.2 Pleťová séra

Na přelomu dvacátého a jednadvacátého století se s rozmachem kosmetického průmyslu a vyvinutím kosmeceutik v oblasti přípravků kosmetické péče začaly dostávat nejen do povědomí, ale také do běžných kosmetických rutin spotřebitelů, přípravky nesoucí označení pleťová séra. Jedná se nejčastěji o roztoky s vysokým obsahem rozpuštěných aktivních látek formulovaných za cílem intenzivní péče o pleť, jež mohou být olejového, gelového či vodného charakteru. Oproti pleťovým krémům se pleťová séra, zejména ta na vodní bázi, vyznačují vyšším obsahem aktivních látek, rychlejší vstřebatelností a lehčí texturou, což je činí vhodnými přípravky zejména pro mastnou pleť, jelikož jsou považovány převážně za nekomedogenní neboli póry neucpávající typ kosmetické formulace. Nejvíce zastoupenými proteinovými deriváty, jež jsou do těchto kosmetických přípravků začleňovány, jsou peptidy [151], [152], [153].

5.2.3 Masky

Pleťové masky představují specifickou formu topické aplikace aktivních látek v rámci kosmetických přípravků. Na rozdíl od běžných kosmetických přípravků jsou pleťové masky určené pro cílenou a intenzivní péči o pleť a jsou tak řazeny mezi jednu z nejúčinnějších formulací využívaných k procesu rejuvenace čili omlazení pleti. Je tomu tak z důvodu vysokého obsahu rozpuštěných aktivních látek a také doby působení, jež je zpravidla kratší

– v řádu jednotek až desítek minut –, než u na denní bázi používaných přípravků. Díky tomuto typu formulace mohou být aktivní látky kontrolovaně udržovány na povrchu pleti po dobu, jež je nutná pro jejich penetraci hlouběji do epidermálních vrstev. Plet'ové masky jsou děleny na několik typů, jimiž jsou masky plátýnkové, peel-off neboli slupovací masky anebo rinse-off masky. První ze zmíněných typů se využívá zejména pro své zklidňující a humektační účinky. Potenciálním proteinovým derivátem, jež by mohl být začleňován do formulace tohoto typu plet'ových masek je sericin v možné kombinaci s fibroinem. Masky slupovací se využívají pro svou schopnost čistit póry, nicméně mohou být využity i pro své zklidňující, hydratační a plet' zpevňující účinky, jimiž se vyznačuje například alginátová maska. Do formulací rinse-off plet'ových masek jsou často začleňovány mikročástice a jsou tak žádoucí pro své exfoliační účinky [12], [154], [155].

5.2.4 Nanoformulace a enkapsulace

Nanoformulace a enkapsulace představují v kosmetických aplikacích moderní a stále se rozvíjející technologické metody, díky nimž je umožňována efektivnější distribuce bioaktivních látek do epidermálních vrstev kůže. Nanoformulací je rozuměn proces, při němž jsou pomocí nanotechnologií aktivní látky převedeny na nanočástice, jejichž velikosti se pohybují v rozmezí $1-1000 \cdot 10^{-9} \text{ m}$. Jako enkapsulace je označován proces, při němž dochází k zapouzdření bioaktivní látky do ochranné kapsle, díky nimž jsou chráněny před negativními účinky vnějšího okolí, jako jsou oxidace, teplotní změny či expozice UV záření. Enkapsulace aktivních látek rovněž umožňuje jejich postupné uvolňování, čímž je prodloužena jejich doba působení. Díky těmto metodám výroby je mimo jiné zvýšena i stabilita a účinnost výsledných kosmetických přípravků. Z pohledu aplikace proteinů a jejich derivátů do kosmetických formulací jsou tyto metody velkým přínosem, jelikož rozšiřují doposud známé způsoby, jak tyto v nativních formách poměrně velké biomakromolekuly začlenit do kosmetických formulací [129], [130], [156], [157].

5.2.5 Přípravky vlasové péče

Proteiny jsou často začleňovanou aktivní látkou do přípravků pro péči o vlasy, jako jsou šampony, kondicionéry a vlasové masky. Pro snazší penetraci do vlasových vláken je nejčastěji využíváno hydrolyzovaných forem derivátů keratinu, hedvábných proteinů či pšeničného proteinu, jež jsou schopny pronikat a vyplňovat jejich poškozené části, čímž může být obnovena jejich pevnost a pružnost. Rovněž jsou využívány pro své humektační vlastnosti, čímž je pozitivně ovlivňován vzhled vlasů [158], [159].

6 SOUČASNÉ TRENDY A VÝVOJ V OBLASTI KOSMETICKÝCH APLIKACÍ PROTEINŮ

V kosmetickém průmyslu je zejména v posledních letech zaznamenáván dynamický vývoj primárně v oblasti technologie a využívání inovativních biotechnologických metod. Díky zvýšenému zájmu o tzv. aktivní složky, jimiž je prokazatelně pozitivně ovlivňován stav pokožky a vlasů, byla zvýšena míra začleňování proteinů a jejich derivátů do kosmetických formulací. Spotřebiteli je očekávána transparentnost ve složení kosmetických přípravků a jsou jimi voleny značky, jimiž je využíváno inovativních, ale zároveň bezpečných aktivních látek. Mimo jiné je kladen značný důraz na způsob získávání těchto látek. Vzhledem k možným environmentálním a etickým problémům, jež jsou spojeny s běžnými rostlinnými a přírodními zdroji, jsou zkoumány alternativní metody syntézy aktivních látek, jimiž by byla snížena nutnost čerpání z běžných zdrojů. Tímto posunem je přispíváno ke snížení ekologické zátěže a je posilováno etické zacházení se zvířaty. Současnými trendy je tak nastíněn jasný směr vývoje v oblasti kosmetických aplikací, jímž je spojení vědeckého pokroku, udržitelnosti a etické odpovědnosti [160], [161], [162].

6.1 Nové biotechnologické přístupy

Biotechnologickými metodami je umožněna výroba specifických proteinů a peptidů o vysoké čistotě a biologické účinnosti, což je žádoucí pro oblast kosmetické péče, kde je vyžadováno užití funkčních a bezpečných aktivních látek. Výhodou biotechnologické syntézy je schopnost navrhnout molekuly o přesně definovaných parametrech, jako je například výběr specifické sekvence aminokyselin. Biotechnologicky syntetizované proteiny tak mohou být považovány za účinnější a bezpečnější. Jak již bylo zmíněno výše, mezi nejvyužívanější metody jsou řazeny například rekombinantní DNA technologie či mikrobiální fermentace. Těmito metodami mohou být syntetizovány proteiny přirozeně se vyskytující v kožní matrici, jako je kolagen či elastin, ale také synteticky připravované růstové hormony či peptidy, jako EGF či Antracticine [63], [161].

6.2 Udržitelnost a etické aspekty získávání proteinů

Ekologická udržitelnost a etické získávání surovin jsou považovány za stále výraznější a důležitější faktory ovlivňující kosmetický průmysl. Tradiční metody pro získávání proteinů pro kosmetické formulace jsou založeny na extrakci ze živočišných tkání, jako je kůže, či z rostlin, což je spojeno nejen s ekologickou zátěží, například z hlediska spotřeby

vody, ale také s etickými otázkami týkajícími se welfare, jež může být volně přeloženo jako blahobyt zvířat, anebo trasovatelnosti původu surovin. Snížení závislosti na přírodních zdrojích lze dosáhnout právě pomocí biotechnologických metod. Spotřebitelé žijícími v souladu s těmito aspekty jsou pak vyhledávány přípravky, jež jsou označeny certifikáty od certifikačních orgánů, jakou je například ECOCERT [163], [164], [165].

Společnost Evolved by nature je příkladem eticky a environmentálně odpovědného přístupu k získávání a využívání proteinů a peptidů v kosmetickém průmyslu. Touto společností byla vyvinuta biotechnologie obchodně označována jako Activated Silk, jež je založena na zpracování fibroinu z kokonů bource morušového, jež jsou v hedvábném průmyslu považovány za odpadní produkt. Kokony jsou upcyklovány, což je proces, při němž je odpadní materiál přeměněn na nový či užitečný materiál, a využívány k syntéze bioaktivních peptidů, čímž je minimalizován odpad a podporována cirkulární ekonomika. Fibroin je z kokonů extrahován bez použití chemikálií, čímž je přispíváno k biodegradabilitě. Výsledným produktem syntézy jsou bioaktivní peptidy s výraznými humektačními, regeneračními a anti-aging účinky, jež jsou v současnosti aktivně začleňovány do kosmetických formulací. Přístup této společnosti naznačuje, že je možné kombinovat vysokou účinnost aktivních látek, jež slouží k začlenění do kosmetických formulací, s etickými a udržitelnými výrobními praktikami [166], [167], [168].

6.3 Možnosti budoucího vývoje

Biotechnologie jsou v současnosti považovány za hlavní směr budoucího vývoje v přípravě kosmetických formulací, neboť díky nim mohou být vytvářeny aktivní látky o vysoké účinnosti za současného snižování ekologické zátěže. Prostřednictvím biotechnologií, jako je fermentace, rekombinantní DNA technologie či začlenění bioinformatiky do návrhu a výroby kosmetických formulací, může být v budoucnu umožněn například vývoj personalizovaných kosmetických přípravků, jež mohou být potenciálně přizpůsobeny genetickým, věkovým či environmentálním charakteristikám daného spotřebitele [164], [169].

ZÁVĚR

Proteiny, zejména díky své schopnosti pozitivně ovlivnit vzhled a správnou funkci pokožky a vlasů, byly v kosmetickém průmyslu etablovány za cenné složky, přičemž jejich role v kosmetických přípravcích je stále signifikantnější.

V průběhu této práce byly analyzovány různé druhy proteinů, jejich vlastnosti, bioaktivní účinky a aplikace v kosmetických formulacích. Zatímco proteiny získávané z běžných rostlinných a živočišných zdrojů, jako jsou hydrolyzované formy pšeničného a rýžového proteinu či hydrolyzovaný kolagen a mléčný protein, jsou již běžně začleňovanými proteiny do kosmetických formulací, používání většiny hedvábných proteinů, zejména fibroinu a spidroinů, jež jsou získávány z hedvábných vláken, je stále značně omezeno a tyto látky musí být nadále podrobovány širšímu výzkumu. Spidroiny v kosmetických přípravcích zatím nenacházejí uplatnění, hydrolyzovaný fibroin pak jen zřídka. I přesto však dosavadní výzkumy naznačují jejich výrazný potenciál pro možné začlenění do kosmetických formulací, především pro své regenerační a humektační účinky, a jejich využívání by mohlo v budoucnu výrazně expandovat, zejména se stále výraznějšími pokroky v oblasti technologického zpracování.

Během této práce bylo rovněž zjištěno, že biotechnologická syntéza proteinů, jež probíhá nepřímou z rostlinných a živočišných zdrojů, je považována za perspektivní metodu pro výrobu těchto bioaktivních látek, ačkoliv je spojena s určitými překážkami. Při biotechnologické syntéze proteinů může docházet k problémům se správnou expresí a k možným chybám při reprodukci funkce cílového proteinu. Tento fakt může negativně ovlivňovat biologické vlastnosti, funkčnost a účinky proteinů. Další překážkou je finanční nákladnost pokročilejších technologií, jež jsou nutné při potenciální velkovýrobě pro zajištění kvality syntetizovaných proteinů. V neposlední řadě mohou syntetické proteiny, jež jsou vyráběny prostřednictvím cizorodých mikroorganismů, vyvolávat imunogenní reakce, jelikož jejich produkty nemusí být lidským imunitním systémem přijaty.

Současný vývoj v oblasti biotechnologií poukazuje na rostoucí potenciál těchto inovativních metod pro výrobu proteinů, ale také na potřebu vyřešení výše zmíněných problémů. Udržitelný a efektivní přístup k výrobě proteinů, jenž by minimalizoval negativní dopady na životní prostředí a lidské zdraví, se jeví jako zásadní pro další rozvoj v oblasti kosmetických aplikací. Právě prostřednictvím biotechnologických metod syntézy a zpracování aktivních látek může být eliminována ekologická zátěž a vzhledem k jejich

dosavadnímu směřování je vytvářen prostor pro vývoj inovativních a potenciálně personalizovaných kosmetických přípravků.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] VICKERY, Hubert Bradford. The Origin of the Word Protein. *Yale Journal of Biology and Medicine*. 1950, roč. 22, č. 5, s. 387–393. ISSN 0044-0086.
- [2] SUKENIK, Shahar; HARRIES, Daniel a FRIEDLER, Assaf. Biophysical Chemistry. Online. *Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering*. 2019. ISBN 9780124095472. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409547-2.05385-3>. [cit. 2025-03-25].
- [3] FAÍSCA, Patrícia F.N. Physics of protein folding. Online. *Encyclopedia of Condensed Matter Physics*. 2024, s. 605-618. ISBN 9780323914086. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90800-9.00263-8>. [cit. 2025-03-25].
- [4] PAN, Archana; PRANAVATHIYANI, G. a CHAKRABORTY, Sibani Sen. Computational Modeling of Protein Three-Dimensional Structure: Methods and Resources. Online. *Molecular Docking for Computer-Aided Drug Design*. 2021, s. 155-178. ISBN 9780128223123. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822312-3.00023-0>. [cit. 2025-03-25].
- [5] D'SOUZA, Martin J.; GALA, Rikhav P.; UBALE, Ruhi V.; D'SOUZA, Bernadette; VO, Trinh Phuong et al. Trends in Nonparenteral Delivery of Biologics, Vaccines and Cancer Therapies. Online. *Novel Approaches and Strategies for Biologics, Vaccines and Cancer Therapies*. 2015, s. 91. ISBN 9780124166035. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416603-5.00005-5>. [cit. 2025-04-01].
- [6] OUELLETTE, Robert J. a RAWN, J. David. Amino Acids, Peptides, and Proteins. Online. *Principles of Organic Chemistry*. 2015, s. 371-396. ISBN 9780128024447. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802444-7.00014-8>. [cit. 2025-04-01].
- [7] NOGUCHI, Ayako a DJERASSI, David. Amino Acids and Peptides: Building Blocks for Skin Proteins. Online. *Nutritional Cosmetics*. 2009, s. 287-317. ISBN 9780815520290. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-8155-2029-0.50022-3>. [cit. 2025-04-01].
- [8] SOLANO, F. Metabolism and Functions of Amino Acids in the Skin. Online. *Amino Acids in Nutrition and Health*. Advances in Experimental Medicine and Biology. 2020, s. 187-199. ISBN 978-3-030-45327-5. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/978-3-030-45328-2_11. [cit. 2025-04-01].
- [9] TINOCO, Ana; MARTINS, Madalena; CAVACO-PAULO, Artur a RIBEIRO, Artur. Biotechnology of functional proteins and peptides for hair cosmetic formulations. Online. *Trends in Biotechnology*. 2022, roč. 40, č. 5, s. 591-605. ISSN 01677799. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2021.09.010>. [cit. 2025-04-02].
- [10] GUARINO, Vincenzo; BENFENATI, Valentina; CRUZ-MAYA, Iriczalli; SARACINO, Emanuela; ZAMBONI, Roberto et al. Instructive proteins for tissue regeneration. Online. *Functional 3D Tissue Engineering Scaffolds*. 2018, s. 23-49. ISBN 9780081009796. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100979-6.00002-1>. [cit. 2025-04-02].
- [11] TEGLIA, Alessandro a SECCHI, Gianfranco. Proteins in Cosmetics. In: *Principles of Polymer Science and Technology in Cosmetics and Personal Care*. CRC Press, 1999, s. 391-458. ISBN 9780824719234.

- [12] SECCHI, Gianfranco. Role of protein in cosmetics. Online. *Clinics in Dermatology*. 2008, roč. 26, č. 4, s. 321-325. ISSN 0738081X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2008.04.004>. [cit. 2025-04-27].
- [13] HAN, B.; CHONG, J.; SUN, Z.; JIANG, X.; XIAO, Q. et al. The rise of the cosmetic industry in ancient China: Insights from a 2700-year-old face cream. Online. *Archaeometry*. 2021, roč. 63, č. 5, s. 1042-1058. ISSN 0003-813X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/arcm.12659>. [cit. 2025-04-27].
- [14] ALIOUCHE, Hidaya. *Biochemistry Within the Cosmetic Industry*. Online. News-Medical. 2022. Dostupné z: <https://www.news-medical.net/life-sciences/Biochemistry-Within-the-Cosmetic-Industry.aspx>. [cit. 2025-04-28].
- [15] BURNETT, Christina L.; BOYER, Ivan J.; BERGFELD, Wilma F.; BELSITO, Donald V.; HILL, Ronald A. et al. Safety Assessment of Plant-Derived Proteins and Peptides as Used in Cosmetics. Online. *International Journal of Toxicology*. 2022, roč. 41, č. 2_suppl, s. 5S-20S. ISSN 1091-5818. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/10915818221100700>. [cit. 2025-04-28].
- [16] BURNETT, Christina; BERGFELD, Wilma F.; BELSITO, Donald V.; HILL, Ronald A.; KLAASSEN, Curtis D. et al. Safety Assessment of Hydrolyzed Wheat Protein and Hydrolyzed Wheat Gluten as Used in Cosmetics. Online. *International Journal of Toxicology*. 2018, roč. 37, č. 1_suppl, s. 55S-66S. ISSN 1091-5818. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/1091581818776013>. [cit. 2025-04-28].
- [17] *Wheat Protein, Hydrolyzed*. Online. Alfa Chemistry Cosmetics. C2025. Dostupné z: <https://cosmetics.alfa-chemistry.com/product/wheat-protein-hydrolyzed-cas-70084-87-6-419425.html>. [cit. 2025-04-28].
- [18] TROILLET, Laurent. *What are the benefits of wheat protein in cosmetics?* Online. Granettes. 2023, 17. 02. 2025. Dostupné z: <https://eu.granettes.store/en/blogs/journal/proteine-de-ble-en-cosmetiques>. [cit. 2025-04-28].
- [19] WIŚNIEWSKA, Małgorzata; URBAN, Teresa; OSTOLSKA, Iwona; TOKARSKA, Karina; PAIENTKO, Victoria et al. Natural polymers as stability modifiers of suspensions containing carbonaceous materials obtained by microwave-assisted chemical activation of waste cornelian cherry stones. Online. *Separation and Purification Technology*. 2025, roč. 363. ISSN 13835866. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2025.132297>. [cit. 2025-04-29].
- [20] *HYDROLYZED WHEAT PROTEIN*. Online. SpecialChem. C2025. Dostupné z: <https://cosmetics.specialchem.com/inci-ingredients/hydrolyzed-wheat-protein>. [cit. 2025-04-29].
- [21] Amended Final Report on the Safety Assessment of Oryza Sativa (Rice) Bran Oil, Oryza Sativa (Rice) Germ Oil, Rice Bran Acid, Oryza Sativa (Rice) Bran Wax, Hydrogenated Rice Bran Wax, Oryza Sativa (Rice) Bran Extract, Oryza Sativa (Rice) Extract, Oryza Sativa (Rice) Germ Powder, Oryza Sativa (Rice) Starch, Oryza Sativa (Rice) Bran, Hydrolyzed Rice Bran Extract Hydrolyzed Rice Bran Protein, Hydrolyzed Rice Extract, and Hydrolyzed Rice Protein1. Online. *International Journal of Toxicology*. 2006, roč. 25, č. 2_suppl, s. 91-120. ISSN 1091-5818. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10915810600964626>. [cit. 2025-04-30].
- [22] *HYDROLYZED RICE PROTEIN*. Online. SpecialChem. C2025. Dostupné z: <https://cosmetics.specialchem.com/inci-ingredients/hydrolyzed-rice-protein>. [cit. 2025-04-30].

- [23] LABORATORIES EXPANSCIENCE SA. *Use of a rice protein hydrolysate as pigmenting active principle* (US). Vynálezci Philippe MSIKA a Dalale NAAIMI. Přihl.: 18. 07. 2007. Uděl.: 31. 07. 2012. US8231916B2. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/US20090196837A1/en>. [cit. 2025-04-29].
- [24] PYTKOWSKA, Katarzyna; ARCT, Jacek a ŚCIBISZ, Marta. Hydrolysed proteins in cosmetic production, part II. Online. *SOFW-Journal*. 2008, roč. 1, s. 15-22. ISSN 2194-8658. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/237078411>. [cit. 2025-04-30].
- [25] SILVIPRIYA, K.; KUMAR, K.; BHAT, A.; KUMAR, B.; JOHN, Anish et al. Collagen: Animal Sources and Biomedical Application. Online. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 2015, s. 123-127. ISSN 2231-3354. Dostupné z: <https://doi.org/10.7324/JAPS.2015.50322>. [cit. 2025-05-01].
- [26] JADACH, Barbara; MIELCAREK, Zofia a OSMAŁEK, Tomasz. Use of Collagen in Cosmetic Products. Online. *Current Issues in Molecular Biology*. 2024, roč. 46, č. 3, s. 2043-2070. ISSN 1467-3045. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/cimb46030132>. [cit. 2025-05-01].
- [27] *Hydrolysed Porcine Collagen*. Online. Healan Ingredients. C2025. Dostupné z: <https://www.healan.com/porcine-collagen/>. [cit. 2025-05-01].
- [28] MAIA CAMPOS, Patrícia Maria Berardo Gonçalves; FRANCO, Rodolfo Scarpino Barboza; KAKUDA, Leticia; CADIOLI, Gabriel Fernandes; COSTA, Gabriela Maria D'Angelo et al. Oral Supplementation with Hydrolyzed Fish Cartilage Improves the Morphological and Structural Characteristics of the Skin: A Double-Blind, Placebo-Controlled Clinical Study. Online. *Molecules*. 2021, roč. 26, č. 16. ISSN 1420-3049. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules26164880>. [cit. 2025-05-01].
- [29] LU, Wen-Chien; CHIU, Chien-Shan; CHAN, Yung-Jia; MULIO, Amanda Tresiliana a LI, Po-Hsien. Characterization and biological properties of marine by-product collagen through ultrasound-assisted extraction. Online. *Aquaculture Reports*. 2023, roč. 29. ISSN 23525134. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101514>. [cit. 2025-05-01].
- [30] PRAJAPUTRA, Vicky; ISNAINI, Nadia; MARYAM, Siti; ERNAWATI, Ernawati; DELIANA, Fitri et al. Exploring marine collagen: Sustainable sourcing, extraction methods, and cosmetic applications. Online. *South African Journal of Chemical Engineering*. 2024, roč. 47, s. 197-211. ISSN 10269185. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2023.11.006>. [cit. 2025-05-01].
- [31] LEI, Ting; YE, Lin; PEI, Yunlin; SUN, Huaiqing a GUO, Chaowan. Applications of Elastin in Cosmetics: Prospects and Challenges. Online. *Cosmetics*. 2025, roč. 12, č. 1. ISSN 2079-9284. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/cosmetics12010018>. [cit. 2025-05-01].
- [32] CRISTIANO, Luigi a GUAGNI, Manuela. Zooceuticals and Cosmetic Ingredients Derived from Animals. Online. *Cosmetics*. 2022, roč. 9, č. 1. ISSN 2079-9284. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/cosmetics9010013>. [cit. 2025-05-01].
- [33] KAMARUZAMAN, Nurkhuzaiyah a YUSOP, Salma Mohamad. Determination of stability of cosmetic formulations incorporated with water-soluble elastin isolated from poultry. Online. *Journal of King Saud University - Science*. 2021, roč. 33, č. 6. ISSN 10183647. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101519>. [cit. 2025-05-01].
- [34] *HYDROLYZED ELASTIN*. Online. SpecialChem. C2025. Dostupné z: <https://cosmetics.specialchem.com/inci-ingredients/hydrolyzed-elastin>. [cit. 2025-05-01].

- [35] POLÁŠKOVÁ, Stanislava. Emoliencia – základní bariérová externa. *Dermatologie pro praxi*. 2013, roč. 7, č. 3, s. 127-128. ISSN 1803-5337.
- [36] WANG, Bin; YANG, Wen; MCKITTRICK, Joanna a MEYERS, Marc André. Keratin: Structure, mechanical properties, occurrence in biological organisms, and efforts at bioinspiration. Online. *Progress in Materials Science*. 2016, roč. 76, s. 229-318. ISSN 00796425. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2015.06.001>. [cit. 2025-05-04].
- [37] FERROZ, Sandleen; MUHAMMAD, Nawshad; RATNAYAKE, Jithendra a DIAS, George. Keratin - Based materials for biomedical applications: Structure, mechanical properties, occurrence in biological organisms, and efforts at bioinspiration. Online. *Bioactive Materials*. 2020, roč. 5, č. 3, s. 496-509. ISSN 2452199X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2020.04.007>. [cit. 2025-05-04].
- [38] BURNETT, Christina L.; BERGFELD, Wilma F.; BELSITO, Donald V.; HILL, Ronald A.; KLAASSEN, Curtis D. et al. Safety Assessment of Keratin and Keratin-Derived Ingredients as Used in Cosmetics. Online. *International Journal of Toxicology*. 2021, roč. 40, č. 2_suppl, s. 36S-51S. ISSN 1091-5818. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/10915818211013019>. [cit. 2025-05-04].
- [39] BANASAZ, Shahin a FERRARO, Vincenza. Keratin from Animal By-Products: Structure, Characterization, Extraction and Application—A Review. Online. *Polymers*. 2024, roč. 16, č. 14, s. 1-36. ISSN 2073-4360. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/polym16141999>. [cit. 2025-05-04].
- [40] DE AZEREDO, H.M.C.; ROSA, M.F.; DE SÁ, M.; SOUZA FILHO, M. a WALDRON, K.W. The use of biomass for packaging films and coatings. Online. In: *Advances in Biorefineries*. Woodhead Publishing, 2014, s. 819-874. ISBN 9780857095213. Dostupné z: <https://doi.org/10.1533/9780857097385.2.819>. [cit. 2025-05-05].
- [41] BURNETT, Christina L.; BERGFELD, Wilma F.; BELSITO, Donald V.; HILL, Ronald A.; KLAASSEN, Curtis D. et al. Safety Assessment of Bovine Milk Proteins and Protein Derivatives as Used in Cosmetics. Online. *International Journal of Toxicology*. 2022, roč. 41, č. 2_suppl, s. 43S-56S. ISSN 1091-5818. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/10915818221098137>. [cit. 2025-05-05].
- [42] *HYDROLYZED MILK PROTEIN*. Online. SpecialChem. C2025. Dostupné z: <https://cosmetics.specialchem.com/inci-ingredients/hydrolyzed-milk-protein>. [cit. 2025-05-05].
- [43] RAJAKUMARI, R.; THOMAS, Sabu a KALARIKKAL, Nandakumar. Cosmetic Applications of Albumin. Online. In: *Handbook of Biopolymers*. Singapore: Springer Nature Singapore, 2023, s. 1-22. ISBN 978-981-16-6603-2. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/978-981-16-6603-2_57-1. [cit. 2025-05-06].
- [44] HUTAPEA, Tri Paus Hasiholan; MADURANI, Kartika A.; SYAHPUTRA, Muhammad Yudha; HUDHA, Moh. Nuril; ASRIANA, Andi Nina et al. Albumin: Source, preparation, determination, applications, and prospects. Online. *Journal of Science: Advanced Materials and Devices*. 2023, roč. 8, č. 2, s. 1. ISSN 24682179. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jsamd.2023.100549>. [cit. 2025-05-06].
- [45] ASHRAF, Muhammad Awais; SHEN, Bei; RAZA, Muhammad Asif; YANG, Zhu; AMJAD, Muhammad Nabeel et al. Albumin: A Review of Market Trends, Purification Methods, and Biomedical Innovations. Online. *Current Issues in Molecular Biology*. 2025, roč. 47, č. 5, s. 1-28. ISSN 1467-3045. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/cimb47050303>. [cit. 2025-05-06].

- [46] *ALBUMEN*. Online. SpecialChem. C2025. Dostupné z: <https://cosmetics.specialchem.com/inci-ingredients/albumen>. [cit. 2025-05-06].
- [47] *CRINOS INDUSTRIA FARMACOBIOLOGICA SPA. Cosmetic composition containing glycoproteins for the skin care* (US). Vynálezce Giovanni GAZZANI. Přihl.: 04. 01. 1985. Uděl.: 05. 12. 1989. US4885169A. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/US4885169A/en>. [cit. 2025-05-06].
- [48] *GLYCOPROTEINS*. Online. SpecialChem. C2025. Dostupné z: <https://cosmetics.specialchem.com/inci-ingredients/glycoproteins>. [cit. 2025-05-06].
- [49] MCDERMOTT, Maxwell; CERULLO, Antonio R.; PARZIALE, James; ACHRAK, Eleonora; SULTANA, Sharmin et al. Advancing Discovery of Snail Mucins Function and Application. Online. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2021, roč. 9. ISSN 2296-4185. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.734023>. [cit. 2025-05-06].
- [50] ZHU, Kehan; ZHANG, Zhiyi; LI, Guanqiang; SUN, Jiangcen; GU, Tianyi et al. Extraction, structure, pharmacological activities and applications of polysaccharides and proteins isolated from snail mucus. Online. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2024, roč. 258. ISSN 01418130. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.128878>. [cit. 2025-05-06].
- [51] VALENTI, Manuela. *The Ethical and Practical Concerns of Snail Mucin in Skincare*. Online. By valenti. 2024. Dostupné z: <https://www.byvalenti.com/blogs/cosmetology/the-ethical-and-practical-concerns-of-snail-mucin-in-skincare#four>. [cit. 2025-05-06].
- [52] KIM, Yongeun; SIM, Woo-Jin; LEE, Jeong-seok a LIM, Tae-Gyu. Snail mucin is a functional food ingredient for skin. Online. *Journal of Functional Foods*. 2022, roč. 92. ISSN 17564646. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105053>. [cit. 2025-05-06].
- [53] *SNAIL SECRETION FILTRATE*. Online. SpecialChem. C2025. Dostupné z: <https://cosmetics.specialchem.com/inci-ingredients/snail-secretion-filtrate>. [cit. 2025-05-06].
- [54] *Method for manufacturing snail secretion filtrate and cosmetic including the snail secretion filtrate* (KR). Vynálezce 이경삼. Přihl.: 23. 06. 2015. Uděl.: 28. 03. 2017. KR101720680B1. Dostupné také z: <https://patents.google.com/patent/KR101720680B1/en>.
- [55] *Snail Secretion Filtrate*. Online. INCIDecoder. C2025. Dostupné z: <https://incidecoder.com/ingredients/snail-secretion-filtrate>. [cit. 2025-05-06].
- [56] SINGH, Nupur; BROWN, Angela N. a GOLD, Michael H. Snail extract for skin: A review of uses, projections, and limitations. Online. *Journal of Cosmetic Dermatology*. 2024, roč. 23, č. 4, s. 1113-1121. ISSN 1473-2130. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/jocd.16269>. [cit. 2025-05-06].
- [57] *LIPOTEC SA, Cosmetic and/or pharmaceutical composition containing a bacterial extracellular product from pseudoalteromonas antarctica, and use thereof* (US). Vynálezci Albert SOLEY ASTALS, Núria Almiñana DOMÈNECH, Antonio Vicente Ferrer MONTIEL, Marc Esplugas GONZALEZ. Přihl.: 02. 11. 2015. Uděl.: 23. 04. 2019. US10265348B2. Dostupné také z: <https://patents.google.com/patent/US10265348B2/en>.

- [58] *Pseudoalteromonas ferment extract*. Online. INCIDecoder. C2025. Dostupné z: <https://incidecoder.com/ingredients/pseudoalteromonas-ferment-extract>. [cit. 2025-05-06].
- [59] *Pseudoalteromonas ferment extract*. Online. INCI Guide. C2025. Dostupné z: <https://inci.guide/marine-extracts/pseudoalteromonas-ferment-extract>. [cit. 2025-05-06].
- [60] ZHANG, Li; LI, Wen-Hwa; ANTHONAVAGE, Michael; PAPPAS, Apostolos; ROSSETTI, Dianne et al. Melanocortin-5 receptor and sebogenesis. Online. *European Journal of Pharmacology*. 2011, roč. 660, č. 1, s. 202-206. ISSN 00142999. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2010.10.100>. [cit. 2025-05-06].
- [61] *Antarcticine®*. Online. HAVLÍK APOTÉKA. C2025. Dostupné z: <https://www.havlikovaapoteka.cz/ingredience/antarcticine/>. [cit. 2025-05-06].
- [62] HUSEIN EL HADMED, Husein a CASTILLO, Rafael Fernandez. Cosmeceuticals: peptides, proteins, and growth factors. Online. *Journal of Cosmetic Dermatology*. 2016, roč. 15, č. 4, s. 514-519. ISSN 1473-2130. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/jocd.12229>. [cit. 2025-05-07].
- [63] NGOC, Le Thi Nhu; MOON, Ju-Young a LEE, Young-Chul. Insights into Bioactive Peptides in Cosmetics. Online. *Cosmetics*. 2023, roč. 10, č. 4, s. 1-18. ISSN 2079-9284. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/cosmetics10040111>. [cit. 2025-05-07].
- [64] SANTOS, Ana Cláudia; RODRIGUES, Dora; SEQUEIRA, Joana A.D.; PEREIRA, Irina; SIMÕES, Ana et al. Nanotechnological breakthroughs in the development of topical phytocompounds-based formulations. Online. *International Journal of Pharmaceutics*. 2019, roč. 572, s. 1-16. ISSN 03785173. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2019.118787>. [cit. 2025-05-07].
- [65] TATARINGA, Gabriela a ZBANCIOC, Ana Maria. Antirid peptides in cosmeceutical formula. Online. *Romanian Journal of Pharmaceutical Practice*. 2021, roč. 14, č. 3-4, s. 111-116. ISSN 20665563. Dostupné z: <https://doi.org/10.37897/RJPhP.2021.3.1>. [cit. 2025-05-07].
- [66] FARRIS, Patricia K. Topical Skin Care and the Cosmetic Patient. Online. *Master Techniques in Facial Rejuvenation*. 2018, s. 68-72.e2. ISBN 9780323358767. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-35876-7.00005-4>. [cit. 2025-05-07].
- [67] *Overview of Solid Phase Peptide Synthesis (SPPS)*. Online. AAPPTec. Dostupné z: <https://www.peptide.com/resources/solid-phase-peptide-synthesis/overview-of-solid-phase-peptide-synthesis-spps/>. [cit. 2025-05-07].
- [68] *ACETYL HEXAPEPTIDE-8*. Online. C2025. Dostupné z: <https://cosmetics.specialchem.com/inci-ingredients/acetyl-hexapeptide-8>. [cit. 2025-05-07].
- [69] TAŁAŁAJ, Urszula; UŚCINOWICZ, Paulina; BRUZGO, Irena; SURĄŻYŃSKI, Arkadiusz; ZAREBA, Ilona et al. The Effects of a Novel Series of KTTKS Analogues on Cytotoxicity and Proteolytic Activity. Online. *Molecules*. 2019, roč. 24, č. 20. ISSN 1420-3049. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules24203698>. [cit. 2025-05-07].
- [70] AKHLAGHI, Seyede Parinaz a LOH, Watson. Interactions and release of two palmitoyl peptides from phytantriol cubosomes. Online. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*. 2017, roč. 117, s. 60-67. ISSN 09396411. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ejpb.2017.03.022>. [cit. 2025-05-07].

- [71] ALDAG, Caroline; NOGUEIRA TEIXEIRA, Diana a LEVENTHAL, Phillip S. Skin rejuvenation using cosmetic products containing growth factors, cytokines, and matrikines: a review of the literature. Online. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology*. 2016, roč. 9, s. 411-419. ISSN 1178-7015. Dostupné z: <https://doi.org/10.2147/CCID.S116158>. [cit. 2025-05-07].
- [72] *Epidermal Growth Factor (EGF)*. Online. SpecialChem. C2025. Dostupné z: <https://cosmetics.specialchem.com/product/i-spec-chem-industry-epidermal-growth-factor-egf>. [cit. 2025-05-07].
- [73] EISSAZADEH, Samira; MOEINI, Hassan; DEZFOULI, Maryam Ghandizadeh; HEIDARY, Somayyeh; NELOFER, Rubina et al. Production of recombinant human epidermal growth factor in *Pichia pastoris*. Online. *Brazilian Journal of Microbiology*. 2017, roč. 48, č. 2, s. 286-293. ISSN 15178382. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2016.10.017>. [cit. 2025-05-07].
- [74] SMITH, A.M.; MOXON, S. a MORRIS, G.A. Biopolymers as wound healing materials. Online. *Wound Healing Biomaterials*. 2016, s. 261-287. ISBN 9781782424567. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-456-7.00013-1>. [cit. 2025-05-07].
- [75] GEORGE, Ashish; SANJAY, M.R.; SRISUK, Rapeeporn; PARAMESWARANPILLAI, Jyotishkumar a SIENGCHIN, Suchart. A comprehensive review on chemical properties and applications of biopolymers and their composites. Online. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2020, roč. 154, s. 329-338. ISSN 01418130. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.03.120>. [cit. 2025-05-07].
- [76] LIU, Haoran; SUN, Ziyang a GUO, Chengchen. Chemical Modification of Silk Proteins: Current Status and Future Prospects. Online. *Advanced Fiber Materials*. 2022, roč. 4, č. 4, s. 705-719. ISSN 2524-7921. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s42765-022-00144-9>. [cit. 2025-05-08].
- [77] KREBSZ, M.; PASINSZKI, T.; TUNG, T.T. a LOSIC, D. Development of Vapor/Gas Sensors From Biopolymer Composites. Online. *Biopolymer Composites in Electronics*. 2017, s. 385-403. ISBN 9780128092613. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809261-3.00014-0>. [cit. 2025-05-07].
- [78] IBRAHIM, Suriani; RIAHI, Oussama; SAID, Suhana M.; SABRI, Mohd F.M. a ROZALI, Shaifulazuar. Biopolymers From Crop Plants. Online. *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*. 2019. ISBN 9780128035818. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.11573-5>. [cit. 2025-05-07].
- [79] JOHNSON, Wilbur; BERGFELD, Wilma F.; BELSITO, Donald V.; HILL, Ronald A.; KLAASSEN, Curtis D. et al. Safety Assessment of Silk Protein Ingredients as Used in Cosmetics. Online. *International Journal of Toxicology*. 2020, roč. 39, č. 3_suppl, s. 127S-144S. ISSN 1091-5818. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/1091581820966953>. [cit. 2025-05-07].
- [80] KUNZ, Regina Inês; BRANCALHÃO, Rose Meire Costa; RIBEIRO, Lucinéia de Fátima Chasko a NATALI, Maria Raquel Marçal. Silkworm Sericin: Properties and Biomedical Applications. Online. *BioMed Research International*. 2016, roč. 2016, s. 1-19. ISSN 2314-6133. Dostupné z: <https://doi.org/10.1155/2016/8175701>. [cit. 2025-05-07].
- [81] KUNDU, Banani; RAJKHOWA, Rangam; KUNDU, Subhas C. a WANG, Xungai. Silk fibroin biomaterials for tissue regenerations. Online. *Advanced Drug Delivery*

- Reviews*. 2013, roč. 65, č. 4, s. 457-470. ISSN 0169409X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.addr.2012.09.043>. [cit. 2025-05-07].
- [82] PADAMWAR, Mahesh N. a PAWAR, Atmaram. Silk sericin and its applications: A review. Online. *JOURNAL OF SCIENTIFIC & INDUSTRIAL RESEARCH*. April 2004, roč. 63, č. 4, s. 323-329. ISSN 0022-4456. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/228823994_Silk_sericin_and_its_applications_A_review. [cit. 2025-05-07].
- [83] MONDAL, M; TRIVEDI, Kanika a KUMAR, Nirmal. The silk proteins, sericin and fibroin in silkworm, *Bombyx mori* Linn. - A review. Online. *Caspian Journal of Environmental Sciences (CJES)*. November 2006, roč. 5, č. 2, s. 63-76. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/267974556_The_silk_proteins_sericin_and_fibroin_in_silkworm_Bombyx_mori_Linn_-_A_review. [cit. 2025-05-07].
- [84] REDDY, Narendra a ARAMWIT, Pornanong. Sustainable Use of Byproducts from Silk Processing. Online. 2021. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/9783527828760>. [cit. 2025-05-07].
- [85] SHENG, Jia Yong; XU, Jie; ZHUANG, Yu; SUN, Dao Quan; XING, Tie Ling et al. Study on the Application of Sericin in Cosmetics. Online. *Advanced Materials Research*. 2013, roč. 796, s. 416-423. ISSN 1662-8985. Dostupné z: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.796.416>. [cit. 2025-05-07].
- [86] QU, Yunwei; ZHAN, Qing; DU, Shubo; DING, Yang; FANG, Bin et al. Catalysis-based specific detection and inhibition of tyrosinase and their application. Online. *Journal of Pharmaceutical Analysis*. 2020, roč. 10, č. 5, s. 414-425. ISSN 20951779. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jpha.2020.07.004>. [cit. 2025-05-07].
- [87] MEERASRI, Jitrawadee; CHOLLAKUP, Rungsima a SOTHORNVIT, Rungsinee. Factors affecting sericin hydrolysis and application of sericin hydrolysate in sericin films. Online. *RSC Advances*. 2022, roč. 12, č. 44, s. 28441-28450. ISSN 2046-2069. Dostupné z: <https://doi.org/10.1039/D2RA05220B>. [cit. 2025-05-07].
- [88] *Unlocking the Power of Sericin in Cosmetic Formulations*. Online. Serione. C2025, 02. 08. 2024. Dostupné z: <https://www.serione.com/2024/08/02/unlocking-the-power-of-sericin-in-cosmetic-formulations>. [cit. 2025-05-07].
- [89] ARAMWIT, Pornanong; TOWIWAT, Pasarapa a SRICHANA, Teerapol. Anti-inflammatory Potential of Silk Sericin. Online. *Natural Product Communications*. 2013, roč. 8, č. 4. ISSN 1934-578X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/1934578X1300800424>. [cit. 2025-05-07].
- [90] QI, Yu; WANG, Hui; WEI, Kai; YANG, Ya; ZHENG, Ru-Yue et al. A Review of Structure Construction of Silk Fibroin Biomaterials from Single Structures to Multi-Level Structures. Online. *International Journal of Molecular Sciences*. 2017, roč. 18, č. 3. ISSN 1422-0067. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ijms18030237>. [cit. 2025-05-07].
- [91] GHALEI, S. a HANDA, H. A review on antibacterial silk fibroin-based biomaterials: current state and prospects. Online. *Materials Today Chemistry*. 2022, roč. 23. ISSN 24685194. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.mtchem.2021.100673>. [cit. 2025-05-07].
- [92] JULIEN, E.; COULON-BUBLEX, M.; GAREL, A.; ROYER, C.; CHAVANCY, G. et al. Silk Gland Development and Regulation of Silk Protein Genes. Online. *Comprehensive Molecular Insect Science*. 2005, s. 369-384. ISBN 9780444519245. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B0-44-451924-6/00022-3>. [cit. 2025-05-07].

- [93] VEPARI, Charu a KAPLAN, David L. Silk as a biomaterial. Online. *Progress in Polymer Science*. 2007, roč. 32, č. 8-9, s. 991-1007. ISSN 00796700. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2007.05.013>. [cit. 2025-05-07].
- [94] KOH, Leng-Duei; CHENG, Yuan; TENG, Choon-Peng; KHIN, Yin-Win; LOH, Xian-Jun et al. Structures, mechanical properties and applications of silk fibroin materials. Online. *Progress in Polymer Science*. 2015, roč. 46, s. 86-110. ISSN 00796700. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2015.02.001>. [cit. 2025-05-07].
- [95] NGUYEN, Thang Phan; NGUYEN, Quang Vinh; NGUYEN, Van-Huy; LE, Thu-Ha; HUYNH, Vu Quynh Nga et al. Silk Fibroin-Based Biomaterials for Biomedical Applications: A Review. Online. *Polymers*. 2019, roč. 11, č. 12. ISSN 2073-4360. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/polym11121933>. [cit. 2025-05-07].
- [96] LUJERDEAN, Cristian; BACI, Gabriela-Maria; CUCU, Alexandra-Antonia a DEZMIREAN, Daniel Severus. The Contribution of Silk Fibroin in Biomedical Engineering. Online. *Insects*. 2022, roč. 13, č. 3. ISSN 2075-4450. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/insects13030286>. [cit. 2025-05-07].
- [97] XU, Weilin; KE, Guizhen a PENG, Xuqiang. Studies on the effects of the enzymatic treatment on silk fine powder. Online. *Journal of Applied Polymer Science*. 2006, roč. 101, č. 5, s. 2967-2971. ISSN 0021-8995. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/app.23529>. [cit. 2025-05-07].
- [98] *Silk Fibroin (SF) Market Outlook*. Online. Dataintel. Dostupné z: <https://dataintel.com/report/global-silk-fibroin-sf-market>. [cit. 2025-05-07].
- [99] LI, Songjie; CHEN, Han; DAN, Xin; JU, Yikun; LI, Tong et al. Silk fibroin for cosmetic dermatology. Online. *Chemical Engineering Journal*. 2025, roč. 506. ISSN 13858947. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2025.159986>. [cit. 2025-05-07].
- [10] *Silk Fibroin: The Next Era of Skincare Innovation*. Online. Klinikally. C2025, 20. 05. 2024. Dostupné z: <https://www.clinikally.com/blogs/news/silk-fibroin-the-next-era-of-skincare-innovation?srsltid=AfmBOoqsKQfLv51AbkzXCpAhP2tAlrBfitJJeJNgbHnkrYVQJxL0SaQM>. [cit. 2025-05-07].
- [10] EISOLDT, Lukas; SMITH, Andrew a SCHEIBEL, Thomas. Decoding the secrets of spider silk. Online. *Materials Today*. 2011, roč. 14, č. 3, s. 80-86. ISSN 13697021. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S1369-7021\(11\)70057-8](https://doi.org/10.1016/S1369-7021(11)70057-8). [cit. 2025-05-07].
- [10] MOTRIUK-SMITH, Dagmara; SMITH, Alyson; HAYASHI, Cheryl Y. a LEWIS, Randolph V. Analysis of the Conserved N-Terminal Domains in Major Ampullate Spider Silk Proteins. Online. *Biomacromolecules*. 2005, roč. 6, č. 6, s. 3152-3159. ISSN 1525-7797. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/bm050472b>. [cit. 2025-05-07].
- [10] STARK, Margareta; GRIP, Stefan; RISING, Anna; HEDHAMMAR, My; ENGSTRÖM, Wilhelm et al. Macroscopic Fibers Self-Assembled from Recombinant Miniature Spider Silk Proteins. Online. *Biomacromolecules*. 2007, roč. 8, č. 5, s. 1695-1701. ISSN 1525-7797. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/bm070049y>. [cit. 2025-05-07].
- [10] RAMEZANIAGHDAM, Maryam; NAHDI, Nadia D. a RESKI, Ralf. Recombinant Spider Silk: Promises and Bottlenecks. Online. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2022, roč. 10. ISSN 2296-4185. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.835637>. [cit. 2025-05-08].
- [10] MALAY, Ali D.; CRAIG, Hamish C.; CHEN, Jianming; OKTAVIANI, Nur Alia a NUMATA, Keiji. Complexity of Spider Dragline Silk. Online. *Biomacromolecules*.

- 2022, roč. 23, č. 5, s. 1827-1840. ISSN 1525-7797. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/acs.biomac.1c01682>. [cit. 2025-05-07].
- [10] GARB, Jessica E; AYOUB, Nadia A a HAYASHI, Cheryl Y. Untangling spider silk evolution with spidroin terminal domains. Online. *BMC Evolutionary Biology*. 2010, roč. 10, č. 1. ISSN 1471-2148. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/1471-2148-10-243>. [cit. 2025-05-07].
- [10] VIERRA, Craig; HSIA, Yang; GNESA, Eric; TANG, Simon a JEFFERY, Felicia. Spider Silk Composites and Applications. Online. *Metal, Ceramic and Polymeric Composites for Various Uses*. 2011. ISBN 978-953-307-353-8. Dostupné z: <https://doi.org/10.5772/22894>. [cit. 2025-05-07].
- [10] HINMAN, M.B. a LEWIS, R.V. Isolation of a clone encoding a second dragline silk fibroin. *Nephila clavipes* dragline silk is a two-protein fiber. Online. *Journal of Biological Chemistry*. 1992, roč. 267, č. 27, s. 19320-19324. ISSN 00219258. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(18\)41777-2](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)41777-2). [cit. 2025-05-07].
- [10] KRONQVIST, Nina; OTIKOV, Martins; CHMYROV, Volodymyr; CHEN, Gefei; ANDERSSON, Marlene et al. Sequential pH-driven dimerization and stabilization of the N-terminal domain enables rapid spider silk formation. Online. *Nature Communications*. 2014, roč. 5, č. 1. ISSN 2041-1723. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/ncomms4254>. [cit. 2025-05-07].
- [11] MOISENOVICH, Mikhail M.; SILACHEV, Denis N.; MOYSENOVICH, Anastasia M.; ARKHIPOVA, Anastasia Yu.; SHAITAN, Konstantin V. et al. Effects of Recombinant Spidroin rS1/9 on Brain Neural Progenitors After Photothrombosis-Induced Ischemia. Online. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*. 2020, roč. 8. ISSN 2296-634X. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fcell.2020.00823>. [cit. 2025-05-08].
- [11] TOKAREVA, Olena; JACOBSEN, Matthew; BUEHLER, Markus; WONG, Joyce a KAPLAN, David L. Structure–function–property–design interplay in biopolymers: Spider silk. Online. *Acta Biomaterialia*. 2014, roč. 10, č. 4, s. 1612-1626. ISSN 17427061. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2013.08.020>. [cit. 2025-05-08].
- [11] *EIDP Inc, Water-soluble silk proteins in compositions for skin care, hair care or hair coloring* (US). Vynálezci Stephen R. FAHNESTOCK, Thomas M. Schultz. Přihl.: 04.02.2004. Uděl.: 13.06.2006. US7060260B2. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/US7060260B2/en>. [cit. 2025-05-08].
- [11] LEE, Chang-Hun. A Simple Outline of Methods for Protein Isolation and Purification. Online. *Endocrinology and Metabolism*. 2017, roč. 32, č. 1. ISSN 2093-596X. Dostupné z: <https://doi.org/10.3803/EnM.2017.32.1.18>. [cit. 2025-05-10].
- [11] *5 Steps to Fundamental Protein Preparation*. Online. Thermo Fisher SCIENTIFIC. C2026-2025. Dostupné z: <https://www.thermofisher.com/cz/en/home/life-science/protein-biology/protein-purification-isolation/5-steps-fundamental-protein-preparation.html>. [cit. 2025-05-10].
- [11] GOMES, Cátia; SILVA, Ana Catarina; MARQUES, Ana Camila; SOUSA LOBO, José a AMARAL, Maria Helena. Biotechnology Applied to Cosmetics and Aesthetic Medicines. Online. *Cosmetics*. 2020, roč. 7, č. 2. ISSN 2079-9284. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/cosmetics7020033>. [cit. 2025-05-10].
- [11] SHEHADUL ISLAM, Mohammed; ARYASOMAYAJULA, Aditya a SELVAGANAPATHY, Ponnambalam. A Review on Macroscale and Microscale Cell Lysis Methods. Online. *Micromachines*. 2017, roč. 8, č. 3. ISSN 2072-666X. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/mi8030083>. [cit. 2025-05-10].

- [11] LIU, Shixiang; LI, Zhihua; YU, Bing; WANG, Song; SHEN, Youqing et al. Recent
7] advances on protein separation and purification methods. Online. *Advances in Colloid and Interface Science*. 2020, roč. 284. ISSN 00018686. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.cis.2020.102254>. [cit. 2025-05-10].
- [11] CHUNG, Da Eun; LEE, Ji Hye; KWEON, HaeYong; LEE, Kwang-Gill a UM, In Chul.
8] Structure and properties of silk sericin obtained from different silkworm varieties. Online. *International Journal of Industrial Entomology*. 2015, roč. 30, č. 2, s. 81-85. ISSN 1598-3579. Dostupné z: <https://doi.org/10.7852/ijie.2015.30.2.81>. [cit. 2025-05-10].
- [11] *An Introduction to Protein Purification: Methods, Technologies and Applications*.
9] Online. TechnologyNetworks. C2025. Dostupné z: <https://www.technologynetworks.com/analysis/articles/an-introduction-to-protein-purification-methods-technologies-and-applications-388443>. [cit. 2025-05-10].
- [12] TRIVEDI, Kanika a KUMAR, Nirmal. The silk proteins, sericin and fibroin in
0] silkworm, *Bombyx mori* Linn. - A review. Online. *Caspian Journal of Environmental Sciences*. 2007, roč. 5, č. 2, s. 63-76. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/267974556>. [cit. 2025-05-10].
- [12] ROSANO, Germán L. a CECCARELLI, Eduardo A. Recombinant protein expression
1] in *Escherichia coli*: advances and challenges. Online. *Frontiers in Microbiology*. 2014, roč. 5. ISSN 1664-302X. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00172>. [cit. 2025-05-10].
- [12] *Are Synthetic Skincare Products a Better Solution to Sustainability Challenges?*
2] Online. Golden Arrow. C2024. Dostupné z: <https://www.goldenarrow.com/blog/are-synthetic-skincare-products-better-solution-sustainability-challenges>. [cit. 2025-05-11].
- [12] *Explore the Advantages & Disadvantages of Recombinant Proteins*. Online. BioChain
3] Incorporated. C2025. Dostupné z: <https://www.biochain.in/blog/explore-the-advantages-disadvantages-of-recombinant-proteins>. [cit. 2025-05-11].
- [12] DINGMAN, Robert a BALU-IYER, Sathy V. Immunogenicity of Protein
4] Pharmaceuticals. Online. *Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2019, roč. 108, č. 5, s. 1637-1654. ISSN 00223549. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.xphs.2018.12.014>. [cit. 2025-05-11].
- [12] Production of Recombinant Proteins: Techniques, Challenges, and Future Directions.
5] Online. *Pharmaceutical Bioprocessing*. 2024, roč. 12, č. 5, s. 232-233. ISSN 2048-9145. Dostupné z: <https://doi.org/10.37532/2048-9145.2024>. [cit. 2025-05-11].
- [12] DAI, L. a HANSENNE-CERVANTES, I. Protein-Based Materials in Cosmetics.
6] Online. *Handbook of the Extracellular Matrix*. 2023, s. 1-23. ISBN 978-3-030-92090-6. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/978-3-030-92090-6_18-1. [cit. 2025-05-08].
- [12] *How to choose proteins for skin and hair care formulas*. Online. Create cosmetic
7] formulas. Dostupné z: <https://createcosmeticformulas.com/FREEFORMULAS-VIDEOS-BLOG/Blogs-918/Proteinsforskinandhaircareformulas-966/>. [cit. 2025-05-08].
- [12] MORARIU, Silviu-Horia; COTOI, Ovidiu Simion; TIUCĂ, Oana Mirela; CRIȘAN,
8] Maria; GARAGA, Liuba et al. Epidermal Barrier Parameters in Psoriasis: Implications in Assessing Disease Severity. Online. *Journal of Personalized Medicine*. 2024, roč. 14, č. 7, s. 2. ISSN 2075-4426. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/jpm14070728>. [cit. 2025-05-08].

- [12] PANDEY, Anjali S; BAWISKAR, Dushyant a WAGH, Vasant. Nanocosmetics and Skin Health: A Comprehensive Review of Nanomaterials in Cosmetic Formulations. Online. *Cureus*. ISSN 2168-8184. Dostupné z: <https://doi.org/10.7759/cureus.52754>. [cit. 2025-05-08].
- [13] RAMOS, Ricardo; BERNARD, Julien; GANACHAUD, François a MISEREZ, Ali. Protein-Based Encapsulation Strategies: Toward Micro- and Nanoscale Carriers with Increased Functionality. Online. *Small Science*. 2022, roč. 2, č. 3. ISSN 2688-4046. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/smssc.202100095>. [cit. 2025-05-08].
- [13] KANITAKIS, Jean. Anatomy, histology and immunohistochemistry of normal human skin. Online. *European Journal of Dermatology*. November 2001, roč. 12, č. 4, s. 390-401. ISSN 11671122. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/11279803_Anatomy_histology_and_immunohistochemistry_of_normal_human_skin. [cit. 2025-05-08].
- [13] MOHAMED, Sarah A. a HARGEST, Rachel. Surgical anatomy of the skin. Online. *Surgey (Oxford)*. 2022, roč. 40, č. 1, s. 1-7. ISSN 02639319. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.mpsur.2021.11.021>. [cit. 2025-05-08].
- [13] GOLDSMITH, Lowell A.; KATZ, Stephen I.; GILCHREST, Barbara A.; PALLER, Amy S.; LEFFELL, David J. et al. *Fitzpatrick's Dermatology in General Medicine*. 8th edition. McGraw Hill, 2012. ISBN 978-0-07-166904-7.
- [13] KŘIVÁNKOVÁ, Markéta. *Somatologie: pro střední zdravotnické školy*. 2., doplněné vydání. Sestra (Grada). Praha: Grada Publishing, 2019. ISBN 978-80-271-0695-0.
- [13] *Péče o dětskou pokožku*. Online. Česká průmyslová zdravotní pojišťovna. Dostupné z: <https://cpzp.cz/clanek/3838-0-Pece-o-detskou-pokozku.html>. [cit. 2025-05-08].
- [13] RESL, Vladimír; FREI, Jiří a KROCOVÁ, Jitka. Základní přehled dermatovenerologie. Online. 2021. Dostupné z: <https://doi.org/10.24132/ZCU.2021.09044>. [cit. 2025-05-08].
- [13] LAMBERS, H.; PIESENS, S.; BLOEM, A.; PRONK, H. a FINKEL, P. Natural skin surface pH is on average below 5, which is beneficial for its resident flora. Online. *International Journal of Cosmetic Science*. 2006, roč. 28, č. 5, s. 359-370. ISSN 0142-5463. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1467-2494.2006.00344.x>. [cit. 2025-05-08].
- [13] JANSEN VAN RENSBURG, Sané; FRANKEN, Anja a DU PLESSIS, Johannes. Measurement of transepidermal water loss, stratum corneum hydration and skin surface pH in occupational settings: A review. Online. *Skin Research and Technology*. 2019, roč. 25, č. 5, s. 595-605. ISSN 0909-752X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/srt.12711>. [cit. 2025-05-08].
- [13] MILLER, Toni. Clinical Testing to Uphold an Anti-aging Claim. Online. *Skin Aging Handbook*. 2009, s. 363-389. ISBN 9780815515845. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-8155-1584-5.50018-1>. [cit. 2025-05-08].
- [14] HONARI, Golar a MAIBACH, Howard. Skin Structure and Function. Online. *Applied Dermatotoxicology*. 2014, s. 1-10. ISBN 9780124201309. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-420130-9.00001-3>. [cit. 2025-05-08].
- [14] JIANG, Biao; JIA, Yan a HE, Congfen. Promoting new concepts of skincare via skinomics and systems biology—From traditional skincare and efficacy-based skincare to precision skincare. Online. *Journal of Cosmetic Dermatology*. 2018, roč. 17, č. 6, s. 968-976. ISSN 1473-2130. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/jocd.12663>. [cit. 2025-05-08].

- [14 GUNNARSSON, Maria; MOJUMDAR, Enamul Haque; TOPGAARD, Daniel a
2] SPARR, Emma. Extraction of natural moisturizing factor from the stratum corneum and its implication on skin molecular mobility. Online. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2021, roč. 604, s. 480-491. ISSN 00219797. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2021.07.012>. [cit. 2025-05-08].
- [14 *Helena Rubinstein Biography*. Online. Biography. A&E Television Networks, 2 April
3] 2014. Dostupné z: <https://www.biography.com/business-figure/helena-rubinstein>. [cit. 2025-05-08].
- [14 *Helena Rubinstein, A Champion of the Beauty Industry*. Online. L'Oréal, world leader
4] in beauty : makeup, cosmetics, haircare, perfume. Dostupné z: <https://www.loreal.com/en/news/group/helena-rubinstein-a-champion-of-the-beauty-industry/>. [cit. 2025-05-08].
- [14 *Thomas B. Fitzpatrick*. Online. The Harvard Gazette. C2025. Dostupné z:
5] <https://news.harvard.edu/gazette/story/2005/09/thomas-b-fitzpatrick/>. [cit. 2025-05-08].
- [14 LESS, Mark. *Skin Care Beyond The Basics 4th Edition*. Online. 4th edition. Cengage
6] Learning, 2012. ISBN 978-1435487451. [cit. 2025-05-08].
- [14 *Fitzpatrick skin phototype*. Online. DermNet. C2025. Dostupné z:
7] <https://dermnetnz.org/topics/skin-phototype>. [cit. 2025-05-08].
- [14 BARNES, Tanya M.; MIJALJICA, Dalibor; TOWNLEY, Joshua P.; SPADA, Fabrizio
8] a HARRISON, Ian P. Vehicles for Drug Delivery and Cosmetic Moisturizers: Review and Comparison. Online. *Pharmaceutics*. 2021, roč. 13, č. 12. ISSN 1999-4923. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13122012>. [cit. 2025-05-08].
- [14 *Požadavky na distribuci kosmetických přípravků na území Evropské unie*. Online.
9] Ministerstvo zdravotnictví České republiky. 2021, 02.01.2024. Dostupné z: <https://mzd.gov.cz/pozadavky-na-distribuci-kosmetickych-pripravku-na-uzemi-evropske-unie/>. [cit. 2025-05-08].
- [15 *EMULGÁTOR V KOSMETICE*. Online. Handymade. Dostupné z:
0] <https://www.handymade.cz/emulgatory/>. [cit. 2025-05-08].
- [15 KHAN, Nimra; AHMED, Sofia; SHERAZ, Muhammad Ali; ANWAR, Zubair a
1] AHMAD, Iqbal. Pharmaceutical based cosmetic serums. Online. Profiles of Drug Substances, Excipients and Related Methodology. 2023, s. 167-210. ISBN 9780443193828. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/bs.podrm.2022.11.006>. [cit. 2025-05-08].
- [15 VAIDYA, Sunita. Review on Face Serum. Online. *Asian Journal of Pharmaceutics*.
2] 2024, roč. 18, č. 03. ISSN 09738398. Dostupné z: <https://doi.org/10.22377/ajp.v18i3.5626>. [cit. 2025-05-08].
- [15 SHAMBHARKAR, Mahima S. A Review on Face Serum. Online. *International*
3] *Journal of Science, Engineering and Technology*. 2024, roč. 12, č. 6, s. 1-6. ISSN 2395-4752. Dostupné z: <https://doi.org/10.61463/ijset.vol.12.issue6.346>. [cit. 2025-05-08].
- [15 NILFOROUSHZADEH, Mohammad Ali; AMIRKHANI, Mohammad Amir;
4] ZARRINTAJ, Payam; SALEHI MOGHADDAM, Abolfazl; MEHRABI, Tina et al. Skin care and rejuvenation by cosmeceutical facial mask. Online. *Journal of Cosmetic Dermatology*. 2018, roč. 17, č. 5, s. 693-702. ISSN 1473-2130. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/jocd.12730>. [cit. 2025-05-08].
- [15 JANSSENS-BÖCKER, Ciska; WIESWEG, Karin a DOBERENZ, Claudia. Exploring
5] the Therapeutic Potential of Algae-Based Sheet Masks in Skincare: A Comprehensive

- Study of Cosmetological Benefits and Microbiome Balanced Interactions. Online. *Journal of Cosmetics, Dermatological Sciences and Applications*. 2023, roč. 13, č. 04, s. 277-301. ISSN 2161-4105. Dostupné z: <https://doi.org/10.4236/jcdsa.2023.134023>. [cit. 2025-05-08].
- [15] YUAN, Liping; PAN, Meng; SHI, Kun; HU, Danrong; LI, Yicong et al. Nanocarriers for promoting skin delivery of therapeutic agents. Online. *Applied Materials Today*. 2022, roč. 27. ISSN 23529407. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.apmt.2022.101438>. [cit. 2025-05-09].
- [15] BILAL, Muhammad a IQBAL, Hafiz M. N. New Insights on Unique Features and Role of Nanostructured Materials in Cosmetics. Online. *Cosmetics*. 2020, roč. 7, č. 2. ISSN 2079-9284. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/cosmetics7020024>. [cit. 2025-05-09].
- [15] GAVAZZONI DIAS, Maria Fernanda Reis. Hair cosmetics: An overview. Online. *International Journal of Trichology*. 2015, roč. 7, č. 1. ISSN 0974-7753. Dostupné z: <https://doi.org/10.4103/0974-7753.153450>. [cit. 2025-05-12].
- [15] *Hydrolyzed Proteins for Hair Repair and Nourishment*. Online. Clinikally. C2025. Dostupné z: <https://www.clinikally.com/blogs/news/hydrolyzed-proteins-for-hair-repair-and-nourishment?srsId=AfmBOoozQqTZ6WjGPEv70WQgdA5xmPItq02TCj2TzrUgKiJyfZtcvhBz>. [cit. 2025-05-12].
- [16] SASOUNIAN, Rafaela; MARTINEZ, Renata Miliani; LOPES, André Moreni; GIAROLLA, Jeanine; ROSADO, Catarina et al. Innovative Approaches to an Eco-Friendly Cosmetic Industry: A Review of Sustainable Ingredients. Online. *Clean Technologies*. 2024, roč. 6, č. 1, s. 176-198. ISSN 2571-8797. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/cleantechnol6010011>. [cit. 2025-05-12].
- [16] *Biotech and the Future of Beauty*. Online. Midwest Bioprocessing Center. 2025. Dostupné z: <https://mwbioprocessing.com/blog/biotech-and-the-future-of-beauty/>. [cit. 2025-05-12].
- [16] BULLEN, Therese. *Embracing transparency in cosmetic ingredients*. Online. Good Chemistry. 2024. Dostupné z: <https://www.good-chemistry.co.nz/journal/transparency-in-cosmetic-ingredients>. [cit. 2025-05-12].
- [16] *Co je to welfare zvířat?* Online. Agrofortel. 2025. Dostupné z: <https://agrofortel.cz/co-je-to-welfare-zvirat>. [cit. 2025-05-12].
- [16] *The role of biotechnology in the development of next-generation cosmetic ingredients*. Online. Quimivita. C2025. Dostupné z: <https://www.quimivita.com/blog/the-role-of-biotechnology-in-the-development-of-next-generation-cosmetic-ingredients/>. [cit. 2025-05-12].
- [16] *Ecocert*. Online. DTest. Dostupné z: <https://www.dtest.cz/znacky/19/ecocert>. [cit. 2025-05-12].
- [16] *EVOLVED BY NATURE*. Online. C2019. Dostupné z: <https://biotech.evolvedbynature.com/>. [cit. 2025-05-12].
- [16] *Bioactives EVOLVED BY NATURE*. Online. C2019. Dostupné z: <https://bioactives.evolvedbynature.com/>. [cit. 2025-05-12].
- [16] *The Breakthrough Biotechnology Bridging Sustainability & Skincare Performance*. Online. Covalo Blog. 2024. Dostupné z: <https://blog.covalo.com/personal-care/activated-silk-the-breakthrough-biotechnology-bridging-sustainability-and-skincare-performance>. [cit. 2025-05-12].

- [16] *The Future of Biotech in Beauty: Redefining 'Natural'*. Online. Covalo Blog. 2024.
9] Dostupné z: <https://blog.covalo.com/personal-care/the-future-of-biotech-in-beauty-redefining-natural>. [cit. 2025-05-12].

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Shluky nažloutlé směsi uvnitř bronzové nádoby. Přejato z [13].	14
Obrázek 2: Možné aplikace hedvábných proteinů. Přejato a přeloženo z [76].	23
Obrázek 3: Chemická struktura sericinu. Zdroj vlastní.	24
Obrázek 4: Chemická struktura fibroinu. Zdroj vlastní.	26
Obrázek 5: Vlákna tvořící pavučinu. Přejato a přeloženo z [104].	28
Obrázek 6: Biologické systémy pro syntézu rMaSp. Přejato a přeloženo z [104].	29

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

cm Centimetr

DNA Deoxyribonukleová kyselina

EGF Epidermal growth factor (epidermální růstový faktor)

FDA Food and Drug Administration (Úřad pro kontrolu potravin a léčiv)

INCI International Nomenclature of Cosmetic Ingredients (Mezinárodní nomenklatura kosmetických přísad)

kDa Kilodalton

m Metr

m² Metr čtvereční

MAS Major ampullate silk (hedvábí hlavních ampulárních žláz)

MaSp Major ampullate spidroin – 1 a 2 (hlavní ampulární spidroin – 1 a 2)

ml Mililitr

mm Milimetr

NMF Natural moisturizing factor (přirozený hydratační faktor)

o/v Olej ve vodě – typ emulze

pH Vodíkový exponent

rMaSp Rekombinantní hlavní ampulární spidroin

rhEGF Rekombinantní lidský epidermální růstový faktor

SCH *Stratum corneum* hydration (hydratace *stratum corneum*)

SPPS Solid Phase Peptide Synthesis (syntéza peptidů na pevné fázi)

SSF Snail secretion filtrate (filtrát hlemýžďího sekretu)

SSpH *Stratum corneum* surface pH (pH povrchu *stratum corneum*)

TEWL Transepidermal Water Loss (transepidermální ztráta vody)

TGF-β Transforming Growth Factor-β (transformující růstový faktor-β)

UV Ultrafialové záření

UVA Složka ultrafialového záření, dlouhovlnná

UVB Složka ultrafialového záření, středněvlnná

v/o Voda v oleji – typ emulze

