

# **Zpracování vybraných rybích nevyužitých tkání na želatiny a hydrolyzáty**

Eliška Raputová

---

Bakalářská práce  
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická  
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2024/2025

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

|                   |                                                                         |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Jméno a příjmení: | Eliška Raputová                                                         |
| Osobní číslo:     | T22165                                                                  |
| Studijní program: | B0721A210002 Technologie a hodnocení potravin                           |
| Specializace:     | Technologie potravin                                                    |
| Forma studia:     | Prezenční                                                               |
| Téma práce:       | Zpracování vybraných rybích nevyužitých tkání na želatiny a hydrolyzáty |

## Zásady pro vypracování

### I. Teoretická část:

V literární studii se zaměřte na současný stav problematiky rybích vedlejších produktů, možností jejich zpracování a využití; kriticky je zhodnotte.

### II. Praktická část:

Navrhněte technologický postup zpracování vybraných odpadních rybích tkání obsahujících kolagen na želatiny a hydrolyzáty; sledujte vliv vybraných procesních faktorů na účinnost procesu.

Vyhodnotte stupeň konverze suroviny na připravené produkty a charakterizujte připravené produkty. Optimalizujte procesní podmínky zpracování odpadní kolagenní suroviny na želatiny, respektive hydrolyzáty.

Výsledky měření zpracujte vhodným softwarem, proveďte diskusi a zhodnotte přínos práce pro vědu a praxi.

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

**Seznam doporučené literatury:**

- [1] Schrieber, R.; Gareis, H. *Gelatine Handbook – Theory and Industrial Practice*, Wiley-VCH: Weinheim, Germany, 2007.
- [2] Ockerman, H.W.; Hansen C.I. *Animal By-product Processing and Utilization*, CRC Press: London, Great Britain, 2000.
- [3] Arumugam, G.K.S.; Sharma, D.; Balakrishnan, R.M.; Ponnann Ettiappan, J.B. Extraction, optimization and characterization of collagen sole fish skin. *Sustain. Chem. Pharm.* 2018, 9, 19–26.
- [4] Da Trindade Alfaro, A.; Fonseca, G.; Prentice, C. Enhancement of functional properties of wami tilapia (*oreochromis urolepis hornorum*) skin gelatin at different pH values. *Food and Bioproc. Tech.* 2013, 6, 2118–2127.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Pavel Mokrejš, Ph.D.**  
Ústav inženýrství polymerů

Datum zadání bakalářské práce: **1. ledna 2025**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **16. května 2025**

L.S.

---

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

---

**Ing. Robert Gál, Ph.D.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 28. února 2025

# PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

## Beru na vědomí, že

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

## Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně, dne .....

.....  
podpis autora



## ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá možností využití vedlejších produktů ze zpracování kapra obecného (*Cyprinus carpio*), jakožto jednoho z nejčastěji chovaných sladkovodních druhů ryb, pro výrobu želatin a hydrolyzátu. Rybí vedlejší produkty se stávají perspektivní surovinou pro výrobu želatin z ekologických, ekonomických i náboženských důvodů. Kůže se šupinami z kapra, byla podrobena enzymatické extrakci za čtyř různých kombinací teploty a extrakční doby, přičemž byl sledován nejen výtěžek želatiny, ale i její fyzikálně-chemické vlastnosti. Nejvyšší celkový výtěžek želatiny byl 31,9 % (w/w). Nejlepší kvalitu podle analýz měly čtvrtá frakce z experimentu s teplotou první extrakce 45 °C, teplotou druhé extrakce 60 °C a dobou druhé extrakce 35 minut, která vykazovala nejvyšší hodnotu pevnosti gelu (202,7 Bloom), a čtvrtá frakce z experimentu s teplotou první extrakce 35 °C, teplotou druhé extrakce 50 °C a dobou druhé extrakce 15 minut, která dosáhla nejvyšších hodnot u viskozity (1,6976 mPa·s), vodu zadržující kapacity (10,89 %) a teploty tuhnutí (9,7 °C) a tání (24,5 °C).

Klíčová slova: kolagen, rybí želatina, *Cyprinus carpio*, enzym, rybí vedlejší produkty

## ABSTRACT

The bachelor thesis deals with the possibility of using by-products from the processing of common carp (*Cyprinus carpio*), as one of the most widely farmed freshwater fish species, for the production of gelatins and hydrolysates. Fish by-products are becoming a promising material for the production of gelatins for ecological, economic and religious reasons. The skin with scales from carp was subjected to enzymatic extraction under four different combinations of temperature and extraction time, while observing not only the gelatin yield but also its physicochemical properties. The highest total gelatin yield was 31.9% (w/w). The best quality according to the analyses was the fourth fraction from the experiment with a first extraction temperature of 45 °C, a second extraction temperature of 60 °C and a second extraction time of 35 minutes, which showed the highest gel strength value (202.7 Bloom), and the fourth fraction from the experiment with a first extraction temperature of 35 °C, a second extraction temperature of 50 °C and a second extraction time of 15 minutes, which had the highest values for viscosity (1,6976 mPa·s), water holding capacity (10,89 %) and freezing (9,7 °C) and melting (24,5 °C) temperatures.

Keywords: collagen, fish gelatin, *Cyprinus carpio*, enzyme, fish by-products

Ráda bych poděkovala všem, kteří mě během zpracování této bakalářské práce podporovali a motivovali.

Mé poděkování patří vedoucímu mé práce, panu prof. Ing. Pavlu Mokrejšovi, Ph.D., především za jeho vstřícnost, podporu a trpělivost, kterých se mi od něj po celou dobu dostávalo.

Dále si velmi vážím pomoci slečny laborantky Petry Elšíkové, která mi byla velkou oporou při praktické části práce. Děkuji jí za její ochotu, trpělivost a cenné rady v laboratořích.

Velké díky patří také mé rodině a přátelům, díky nimž bylo zhotovování této práce o něco snazší a klidnější úkol.

# OBSAH

|                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ÚVOD.....</b>                                                       | <b>11</b> |
| <b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>                                         | <b>13</b> |
| <b>1 RYBÍ MASO .....</b>                                               | <b>14</b> |
| 1.1 SPOTŘEBA RYBÍHO MASA .....                                         | 14        |
| 1.2 NUTRIČNÍ VÝZNAM .....                                              | 16        |
| <b>2 RYBÍ VEDLEJŠÍ PRODUKTY.....</b>                                   | <b>21</b> |
| 2.1 SLOŽENÍ RYBÍCH VEDLEJŠÍCH PRODUKTŮ .....                           | 21        |
| 2.2 VYUŽITÍ RYBÍCH VEDLEJŠÍCH PRODUKTŮ .....                           | 22        |
| <b>3 MOŽNOSTI EXTRAKCE KOLAGENU Z RYBÍCH VEDLEJŠÍCH PRODUKTŮ .....</b> | <b>26</b> |
| 3.1 EXTRAKCE KOLAGENU ROZPUSTNÉHO V KYSELINĚ .....                     | 26        |
| 3.2 EXTRAKCE KOLAGENU ROZPUSTNÉHO V ENZYMECH.....                      | 28        |
| 3.3 EXTRAKCE ULTRAZVUKEM.....                                          | 29        |
| <b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>                                         | <b>32</b> |
| <b>4 CÍLE PRÁCE .....</b>                                              | <b>33</b> |
| <b>5 MATERIÁLY A PŘÍSTROJE.....</b>                                    | <b>34</b> |
| 5.1 MATERIÁLY .....                                                    | 34        |
| 5.2 PŘÍSTROJE A POMŮCKY .....                                          | 34        |
| 5.3 CHEMIKÁLIE A DALŠÍ POUŽITÉ LÁTKY .....                             | 35        |
| <b>6 PŘÍPRAVA ŽELATIN .....</b>                                        | <b>36</b> |
| 6.1 ÚPRAVA MATERIÁLU PŘED EXTRAKCÍ .....                               | 36        |
| 6.1.1 Mechanické opracování kůží.....                                  | 36        |
| 6.1.2 Odstranění nekolagenních proteinů.....                           | 37        |
| 6.1.3 Odtučnění materiálu .....                                        | 38        |
| 6.2 EXTRAKCE ŽELATIN .....                                             | 39        |
| 6.2.1 Rozpis experimentů.....                                          | 39        |
| 6.2.2 Neutrální opracování suroviny .....                              | 40        |
| 6.2.3 Extrakce jednotlivých frakcí želatin.....                        | 40        |
| <b>7 ANALÝZY ŽELATIN .....</b>                                         | <b>43</b> |
| 7.1 PEVNOST GELU .....                                                 | 43        |
| 7.2 VODU ZADRŽUJÍCÍ KAPACITA .....                                     | 45        |
| 7.3 VSKOZITA .....                                                     | 45        |
| 7.4 OSTATNÍ ANALÝZY .....                                              | 46        |
| <b>8 VÝSLEDKY A DISKUSE .....</b>                                      | <b>48</b> |
| 8.1 VÝTĚŽEK ŽELATIN.....                                               | 48        |

|          |                                                 |           |
|----------|-------------------------------------------------|-----------|
| 8.2      | PEVNOST GELU .....                              | 51        |
| 8.3      | VODU ZADRŽUJÍCÍ KAPACITA .....                  | 52        |
| 8.4      | VISKOZITA.....                                  | 53        |
| 8.5      | OSTATNÍ ANALÝZY .....                           | 53        |
| <b>9</b> | <b>ZHODNOCENÍ PRÁCE.....</b>                    | <b>56</b> |
| 9.1      | MOŽNOSTI ZPRACOVÁNÍ A VYUŽITÍ .....             | 56        |
| 9.2      | SWOT ANALÝZA.....                               | 58        |
|          | <b>ZÁVĚR.....</b>                               | <b>60</b> |
|          | <b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>          | <b>63</b> |
|          | <b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>                     | <b>74</b> |
|          | <b>SEZNAM TABULEK.....</b>                      | <b>75</b> |
|          | <b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b> | <b>76</b> |

## ÚVOD

Želatina je důležitým želírujícím biopolymerem vyráběna především částečnou hydrolýzou kolagenu obsaženého v částech těl savců nebo ryb (Niu et al., 2013; Usman et al., 2022). V potravinářském průmyslu se tento polypeptid využívá pro své vlastnosti, zajišťující pružnost, viskozitu a stabilitu potravin, mezi které patří masné výrobky, želé, mléčné výrobky, pudinky, zmrzliny i nápoje (Ali et al., 2018). Většina komerčně využívaných želatin je vyráběna z vepřového masa nebo z hovězího masa, což může představovat problém pro osoby s některými náboženskými vyznáními, jelikož maso využívané pro produkci želatin ve většině případů nebylo poraženo v souladu s požadavky na košer a halal výrobky. Kromě náboženských důvodů jsou dalšími požadavky pro hledání alternativních materiálů na výrobu želatin obavy spotřebitelů z bovinní spongiformní encefalopatie (BSE) ve výrobcích a zároveň hledání nákladově efektivních náhrad (Zhou et al., 2006). V takovýchto případech poskytuje želatina extrahovaná z vedlejších rybích produktů ideální alternativu k hovězímu a vepřovému masu.

Při zpracování ryb vzniká obrovské množství odpadních produktů, tvořící průměrně 65 – 75 % celkové hmotnosti ryb a skládající se především z šupin, kůže, hlav, vnitřností a kostí. Tyto vedlejší odpadní produkty nejsou vhodné pro přímou lidskou spotřebu, a tedy se často ukládají na skládky nebo do oceánů, což vede ke znečištění životního prostředí (Karayannakidis a Zotos, 2014). V případě vedlejších produktů s nízkou nutriční hodnotou může být jejich využití jako krmivo, rybí moučka, siláž a hnojivo (Usman et al., 2022). Vedlejší produkty nutričně bohaté pak mohou být využity právě pro výrobu želatin nebo například rybího proteinového koncentráту (FPC), bílkovinných hydrolyzátů a chitinu, chitosanu a jejich derivátů.

Celosvětová produkce akvakultury roste konstantním tempem, kolem 3 % za rok (Espinales et al., 2023). Zhruba 60 % světové produkce zajišťují sladkovodní druhy ryb, jako jsou kapr, sumec a tilapie (Tkaczewska et al., 2018). Kapr obecný (*Cyprinus carpio*) je jedním z nejčastěji chovaných druhů ryb na Zemi, a to především díky vysoké rychlosti růstu, snadnému chovu a efektivitě využití krmiva (Tokur et al., 2006). Celosvětová produkce kapra je však od roku 2015, kdy dosáhla více než 4,3 milionu tun, na poklesu. Hlavní příčinou poklesu je skutečnost, že kapr je prodejně dostupný především jako celá ryba a není tedy z hlediska zpracování tak atraktivní jako jiné výhodně zpracované rybí výrobky. Pro rozšíření nabídky dostupných výrobků z kapra se průmysl zpracování rozvíjí a hledá alternativy (Tkaczewska et al., 2018). Jednou z alternativ je výroba filetů bez kůže. Při

takovémto zpracování však vzniká velké množství vedlejších produktů, především pak kůže. Kůže jsou vynikajícím zdrojem kolagenu, který by mohl být využit k výrobě želatiny (Wasswa et al., 2007). Proto je nutné vyvinout co nejúčinnější metody získávání rybí želatiny, aby se zachovalo účinné využívání vedlejších produktů ze zpracování ryb jako náhrady savčích zdrojů (Jellouli et al., 2011).

## **I    TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 RYBÍ MASO

Ryby jsou lidskou populací konzumovány již téměř 2 miliony let. V posledních desetiletích jsou ryby a rybí produkty považovány za důležitou součást vyvážené stravy a zdravého životního stylu. Optimálně by měly být ryby konzumovány alespoň dvakrát týdně, avšak v celé řadě výživových doporučení je zmiňovaná nízká spotřeba rybího masa napříč naší populací (Bureš, c2025; Espinales et al., 2023).

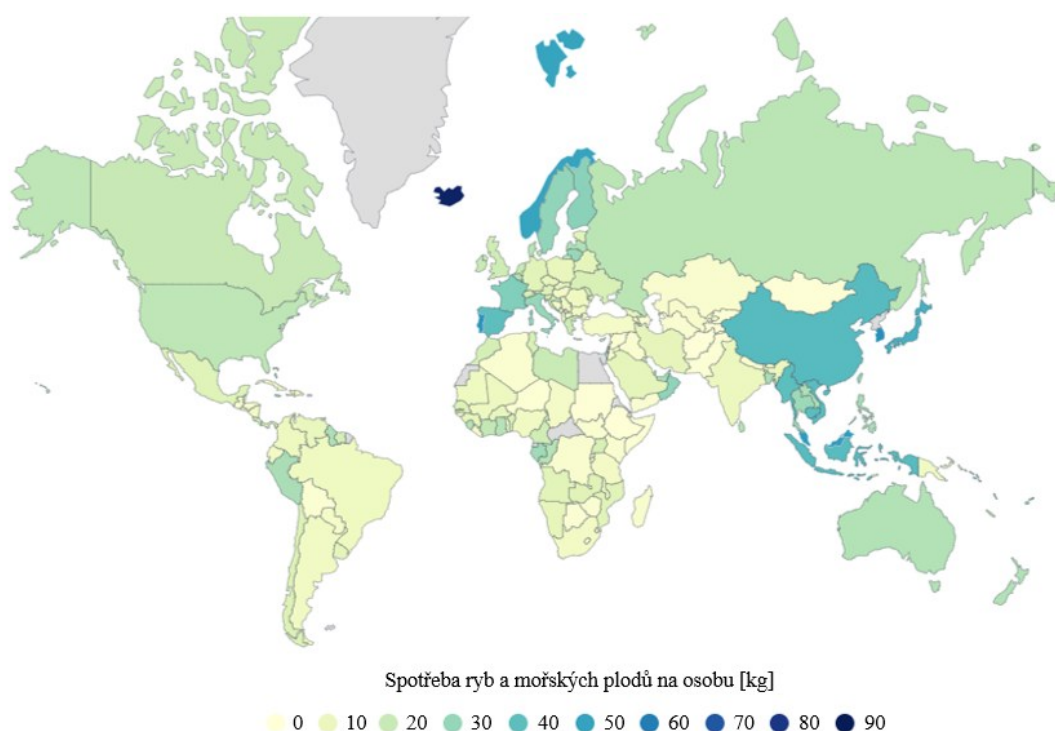
### 1.1 Spotřeba rybího masa

Spotřeba ryb se značně liší v jednotlivých zemích světa, jelikož je značně ovlivňována surovinovými zdroji a kulturními zvyklostmi různých národů. Z důvodu přístupu ke zdrojům je nejvyšší spotřeba rybího masa především u ostrovních států (Bureš, c2025).

Od počátku 70. let 20. století rapidně vzrostla jak produkce a spotřeba ryb, tak i dálkový obchod s rybami. V roce 1973 činila celková spotřeba ryb 45 milionů tun, do roku 1997 se hodnota více než zdvojnásobila na spotřebu 91 milionů tun ryb ročně. Hlavním faktorem většiny těchto změn byla zvýšená spotřeba ryb v rozvojových zemích, které jsou zodpovědné za 90 % nárůstu spotřeby. Ve vyspělých zemích spotřeba ryb v letech 1985 – 1997 stagnovala. S růstem populace v rozvojových zemích a bohatnutím spotřebitelů se však v důsledku zvýšené poptávky po rybách změnily trhy s mořskými plody po celém světě (Delgado et al., 2003). Podle Organizace OSN pro výživu a zemědělství (FAO) se celosvětová spotřeba ryb v letech 1961 – 2017 zvyšovala průměrným ročním tempem 3,1 % (Espinales et al., 2023). V roce 2017 byla celková produkce rybolovu odhadována na přibližně 352,4 milionů tun (Kosseva, 2020). Studie z Indického státu Odisha, které se účastnilo 1440 respondentů, poukázala na to, že na nárůst spotřeby ryb má velký vliv jejich větší přístupnost a cenová dostupnost (Salim et al., 2024).

I přes to, že celková celosvětová spotřeba ryb je na vzestupu, hodnoty těchto změn se velmi liší v závislosti na státu. Přestože podíl osob z Australské populace konzumujících maso se od roku 1995 do roku 2011 téměř nezměnil (91,3 % oproti 91,7 %), ryby a mořské plody se v tomto časovém úseku staly populárnějšími. Podíl osob konzumujících rybí maso vzrostl z 15,6 % na 21,4 % (tedy se zvýšil o 37 % původní hodnoty) a to na úkor masa červeného, především pak hovězího a jehněčího. Celková spotřeba masa/drůbeže/ryb na obyvatele se v letech 1995 – 2011 zvýšila o 10,9 % (z 50,1 kg/rok na 55,5 kg/rok), u ryb a mořských plodů byl přitom zaznamenán druhý nejvyšší nárůst (pouze u drůbežího masa byl nárůst větší) a to o zhruba 2,2 kg/rok (Sui et al., 2016).

Studie provedena prostřednictvím dotazníku, který vyplnilo 127 náhodně vybraných osob s různým sociokulturním a socioekonomickým zázemím z tureckého města Antakya, stanovila, že průměrná spotřeba ryb respondentů činila 2,98 kg/rok na osobu z celkové roční spotřeby masa 22,9 kg/rok. Spotřeba rybiho masa byla téměř dvounásobná u studentů a mladých lidí v porovnání s ostatními profesemi, resp. věkovými skupinami. Zároveň byla úroveň spotřeby u žen v průměru o 1,19 kg vyšší než u mužů. Jako tři nejčastěji konzumované druhy ryb byly uvedeny ančovičky, cejn a okoun (Can et al., 2015).



Obrázek 1 Světová spotřeba ryb a mořských plodů v roce 2022

(World Population Review, 2025)

V České republice se v roce 2014 celková roční spotřeba pohybovala mezi 5 – 6 kg na osobu, z čehož sladkovodní ryby tvořily pouze necelý 1,5 kg na osobu (Žlábek et al., 2014). Do roku 2022 (Obrázek 1) se celková roční spotřeba zvýšila téměř dvounásobně.

V Tabulce 1 je možné vidět spotřebu ryb a mořských plodů pro vybrané státy z roku 2022. Nejvyšší celková spotřeba mezi státy byla u Číny a tvořila 59 292 kilotun, což je téměř 5x více než celková spotřeba v Indii, která je na druhém místě s hodnotou 12 554 kilotun. Přestože je celkové množství zkonzumovaných ryb a mořských plodů v Číně bezkonkurenčně na prvním místě, v přepočtu na obyvatele tvoří 41,5 kg/osoba/rok a je méně než poloviční oproti Islandu, kde je takto přepočtená spotřeba ryb nejvyšší, a to s hodnotou

87,1 kg/osoba/rok. Velká spotřeba ryb na osobu je také na Maledivách, jakožto ostrovním státě, a to 80,1 kg/osoba/rok. Česká republika ve spotřebě ryb jak celkové, tak přepočtené na osobu nijak nevyniká a v soupisu států (přehledu spotřeb) zaujímá zhruba střední pozici v tabulce. Celková spotřeba ryb a mořských plodů v České republice v roce 2022 činila 112 kilotun a tedy 10,7 kg/osobu/rok v přepočtu (World Population Review, 2025).

Tabulka 1 Celková spotřeba ryb a mořských plodů a spotřeba na osobu pro vybrané státy

| Stát                   | Celková spotřeba ryb<br>a mořských plodů<br>[kt] | Spotřeba ryb<br>kg/osoba/rok |
|------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------|
| Austrálie              | 641                                              | 24,5                         |
| Brazílie               | 1 728                                            | 8,02                         |
| <b>Česká republika</b> | 112                                              | 10,7                         |
| Čína                   | 59 292                                           | 41,5                         |
| Indie                  | 12 554                                           | 8,86                         |
| Island                 | 32                                               | 87,1                         |
| Jihoafrická republika  | 383                                              | 6,39                         |
| Kanada                 | 783                                              | 20,4                         |
| Maledivy               | 42                                               | 80,1                         |
| Norsko                 | 271                                              | 49,9                         |
| Rusko                  | 3 316                                            | 22,9                         |
| Turecko                | 464                                              | 5,44                         |
| USA                    | 7 537                                            | 22,3                         |

(World Population Review, 2025)

## 1.2 Nutriční význam

Z nutričního hlediska je rybí maso velmi cenným zdrojem plnohodnotných bílkovin a dodává našemu tělu esenciální polynenasycené mastné kyseliny (PUFA), především pak omega-3, které jsou zastoupeny EPA a DHA. Dalšími důležitými složkami rybího masa jsou minerální látky jako jsou selen, měď, zinek, vápník, fosfor, jód či fluor a vitamíny rozpustné v tucích (A, D, E) (Mielcarek a Socha, 2022). Nutriční složení rybího masa se může lišit nejen oproti dalším druhům masa, ale také mezi jednotlivými druhy ryb. Takto byla porovnána produktivita a kvalita masa mezi kaprem obecným (*Cyprinus carpio*), tolstolobíkem bílým (*Hypophthalmichthys molitrix*), amurem bílým (*Ctenopharyngodon idella*), sumcem velkým (*Silurus glanis*), candátem obecným (*Sander lucioperca*) a línem obecným (*Tinca tinca*). Všechny ryby byly chovány v rybníku v polykultuře na přirozené stravě. Pro porovnání hodnot byly při výlovu odebrány vzorky dvouletého kapra,

tolstolobika, amura, sumce a candáta a tříletého lína (lín byl ve srovnání s ostatními druhy starší, aby se zabránilo možnosti, že sumec a candát sežerou dvouleté líny). Nejvyšší hmotnostní nárůst byl u tolstolobika bílého, kdy jeho průměrná hmotnost při vysazení byla 50 g a konečná průměrná hmotnost při výlovu 1450 g. Míra přežití byla nejvyšší u sumce (90 %) a nejnižší naopak u lína (40 %). U chemického složení viz Tabulka 2 bylo zjištěno největší množství bílkovin ve filetech candáta (19,3 %) a nejnižší u lína (15,7 %) a amura (15,8 %). Obsah tuku se pohyboval v hodnotách od 0,38 % ve svalovině candáta po 5,24 % ve svalovině amura. Celkový cholesterol se v nejmenším množství vyskytoval u sumce (34 mg/100 g) a nejvyšší v téměř dvounásobném množství u tolstolobika bílého (62 mg/100 g). Skladba mastných kyselin byla různorodá, nejvyšší obsah nasycených mastných kyselin (SFA) byl u kapra (33 %) a nejnižší u sumce (25 %). Polynenasycené mastné kyseliny (PUFA) byly nejvíce zastoupené u lína (44 %) a nejméně u tolstolobika bílého (30 %). Lze tedy říct, že nutriční složení jednotlivých druhů ryb se značně liší, zejména pak lipidový profil zřejmě souvisí s konzumními zvyklostmi daného druhu ryby (býložravec, všežravec, masožravec) (Ljubojević et al., 2012).

Tabulka 2 Chemické složení ryb z polykultury

| Druh             | Vlhkost<br>[% (w/w)] | Bílkoviny<br>[% (w/w)] | Tuk<br>[%(w/w)] | Celkový cholesterol<br>[mg/100 g] |
|------------------|----------------------|------------------------|-----------------|-----------------------------------|
| kapr obecný      | 80,36±0,24           | 16,21±0,12             | 2,42±0,17       | 55,81±0,11                        |
| tolstolobik bílý | 76,93±0,15           | 18,1±0,09              | 3,82±0,19       | 62,32±0,37                        |
| amur bílý        | 78,03±0,16           | 15,76±0,07             | 5,24±0,12       | 60,06±0,11                        |
| sumec velký      | 78,76±0,16           | 18,16±0,06             | 2,19±0,12       | 34,34±0,33                        |
| candát obecný    | 79,32±0,05           | 19,26±0,04             | 0,38±0,04       | 42,91±0,06                        |
| lín obecný       | 82,41±0,25           | 15,74±0,15             | 0,79±0,34       | 35,87±0,54                        |

(Ljubojević et al., 2012)

Kromě druhu ryby a přirozené preference potravy, je kvalita masa závislá také na věku, systému chovu i krmivu použitým pro výkrm chovaných ryb. Toto tvrzení bylo potvrzeno výzkumem, při kterém byly tři skupiny kaprů obecných (*Cyprinus carpio*) chovány odděleně v podobných rybnících a potrava která jim byla dodávána se lišila pro každou ze skupin. Prvním systémem krmení byla pouze přirozená potrava (extenzivní systém), druhý systém obsahoval přídatek obilovin (polointenzivní systém) a systém krmení pro třetí skupinu sestával z extrudované receptury sestávající ze sóji, slunečnicového jádra, pšeničné mouky, kukuřice a pivovarských kvasnic (intenzivní systém). Krmení extrudovanou směsí

zdvojnásobilo celkovou produkci na hektar plochy rybníka ve srovnání s krmením doplňkovým zrním a téměř ztrojnásobilo oproti krmení pouze přirozenou stravou. Kapři chovaní v intenzivním systému měli nejvyšší obsah bílkovin ( $171,7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) a střední obsah lipidů, cholesterolu a popela. Celkové množství PUFA bylo vyšší u kaprů z intenzivního systému než u kaprů z ostatních dvou kultivačních systémů. Extenzivní chov u ryb snížil celkový obsah lipidů a cholesterolu a maso obsahovalo nejvyšší celkový obsah SFA. Zároveň ryby chované v tomto systému měli ve svalovině více n-3 mastných kyselin, než kapři ze systému polointenzivního a intenzivního. V polointenzivním systému byly nejvíce zastoupeny MUFA, převážně pak kyselina olejová (Ljubojević et al., 2013).

Stejně jako ostatní složky masa se i celkový obsah energie značně liší mezi jednotlivými druhy ryb, což souvisí s rozdíly v obsahu tuku. Energie je jedním z živinových profilů, která hraje velkou roli především ve státech, kde podvýživa představuje významný rozvojový problém. Jedním z těchto států je Bangladéš, kde je rybí maso nenahraditelnou potravinou živočišného původu a tvoří přibližně 60 % příjmu živočišných bílkovin. Z tohoto důvodu bylo analyzováno 55 druhů ryb a krevet běžně dostupných v Bangladéši. Celkový obsah energie se výrazně lišil v rozmezí 267–1020 kJ/100 g, obsah bílkovin se pohyboval mezi 11,9–20,6 g/100 g, obsah tuku se pohyboval od 0,3 do 18,3 g/100 g a koreloval s obsahem celkové energie. Obsah popela se značně lišil, a to v hodnotách 0,7–5,3 g/100 g, tyto velké rozdíly pravděpodobně souvisí s tím, že některé druhy obsahují kosti jako jedlé části, což značně zvyšuje celkový obsah popela. Bylo zjištěno, že ze zkoumaných druhů mají z hlediska výživy zejména malé autochtonní ryby potenciál vysoce přispět k příjmu mikroživin ve srovnání s běžnými druhy z akvakultury (Bogard et al., 2015).

Charakteristickým znakem kolagenu je jeho aminokyselinový profil (Gauza-Włodarczyk et al., 2017). Aminokyseliny jsou důležité biomolekuly, které slouží jako stavební jednotky proteinů a jsou meziprodukty v různých metabolických drahách. Slouží jako prekurzory pro syntézu celé řady biologicky důležitých látek včetně nukleotidů, peptidových hormonů a neurotransmiterů. Aminokyseliny se získávají především z bílkovin ve stravě a kvalita bílkovin ve stravě se posuzuje podle poměru esenciálních a neesenciálních aminokyselin (Mohanty et al., 2014). Kolagen bez ohledu na svůj původ obsahuje 19 aminokyselin (AMK), včetně hydroxyprolinu, který se v jiných bílkovinách nevyskytuje. Jeho atypické aminokyselinové složení je charakterizováno vysokým obsahem prolinu a glycinu a také absencí cysteinu. Trojitá šroubovice kolagenu se skládá ze tří polypeptidových řetězců propojených a stabilizovaných kovalentními vazbami tvořenými glycinem a

meziřetězcovými vodíkovými vazbami. Spirálovitou strukturu tvoří především alanin, fenyalanin, asparagin, glutamin, histidin, leucin, metionin a tyrosin (Gauza-Włodarczyk et al., 2017). Tepelná denaturace nebo fyzikální a chemická degradace kolagenu zahrnuje rozbití struktury trojitě šroubovice na náhodné závitů za vzniku želatiny. Během želírování pak dochází k uspořádání a částečné regeneraci struktury trojšroubovice kolagenu (Irwandi et al., 2009).

V Tabulce 3 je možné vidět srovnání části aminokyselinového profilu kolagenu získaného z kůže lososa obecného (*Salmo salar*) (FS kolagen) proti kolagenu extrahovanému z hovězí Achillovy šlachy (BAT kolagen). Výsledky ukazují, že FS kolagen stejně jako BAT kolagen neobsahuje cystein nebo tryptofan a výrazně se liší množstvím hydroxyprolinu. V kolagenu BAT je obsah hydroxyprolinu o 30 % vyšší než v kolagenu FS. Jak FS kolagen, tak BAT kolagen vykazují vysoký a relativně stejný obsah glycinu (Gauza-Włodarczyk et al., 2017).

Tabulka 3 Obsah vybraných aminokyselin v kolagenu extrahovaného z rybích kůží (FS) a hovězí Achillovy šlachy (BAT)

|                                         | FS kolagen | BAT kolagen |
|-----------------------------------------|------------|-------------|
| <b>Celkový obsah proteinu [%]</b>       | 65,66      | 79,40       |
| <b>Aminokyseliny [g/100g bílkoviny]</b> |            |             |
| Histidin                                | 1,21       | 2,25        |
| Fenylalanin                             | 3,03       | 4,38        |
| Glycin                                  | 21,83      | 19,22       |
| Hydroxyprolin                           | 5,68       | 8,15        |
| Izoleucin                               | 1,57       | 1,87        |
| Leucin                                  | 2,95       | 3,67        |
| Lysin                                   | 3,38       | 3,11        |
| Methionin                               | 2,25       | 0,71        |
| Treonin                                 | 2,84       | 2,19        |
| Tryptofan                               | -          | -           |
| Valin                                   | 2,27       | 2,45        |

(Gauza-Włodarczyk et al., 2017)

Rozdíly ve složení AMK profilu však nejsou pozorovatelné pouze mezi kolagenem extrahovaným z ryb a extrahovaným ze savců, ale jsou dány i například druhem ryby, metodou extrakce kolagenu a použitou částí ryby. Tyto rozdíly jsou pozorovatelné v Tabulce 4 ukazující obsahy vybraných AMK v rybím proteinovém koncentrátu (FPC) získaném

z různých druhů ryb. Ze směsi kostí a jatečně upravených těl tambatingy (kříženec *Colossoma macropomum* a *Piaractus brachypomus*) byl FPC získán sušením a vařením s ethanolem a hexanem. U anchovety peruánské bylo pro získání FPC použito strojně oddělené maso a stejně tak u kilky kaspické byla použita směs strojně odděleného masa. Směs se skládala ze strojně odděleného masa tří druhů kilky (*Clupeonella engrauliformis*, *C. grimmi*, *C. cultriventris*) a z ní byl FPC získán lisováním a sušením dohromady s homogenizací s isopropanolem. U tilapie nilské (*Oreochromis niloticus*) bylo využito promývání ve vychlazené vodě a sušení, přičemž pro odtučnění použité směsi (hlavy, vnitřnosti, kůže a kosti) bylo použito ethanolu.

Tabulka 4 Obsah vybraných aminokyselin v FPC získaném z různých částí a různých druhů ryb

|                                         | <b>Druh ryby a použitý materiál</b> |                       |                              |                                    |
|-----------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------------|
|                                         | Tambatinga                          | Anchoveta peruánská   | Kilka kaspická               | Tilapie nilská                     |
|                                         | Směs Y-kostí a JUT                  | Strojně oddělené maso | Směs strojně odděleného masa | Směs hlav, vnitřností kůže a kostí |
| <b>Celkový obsah proteinu [%]</b>       | 58,59-85,88                         | 76,40                 | 91,20                        | 68,83                              |
| <b>Aminokyseliny [g/100g bílkoviny]</b> |                                     |                       |                              |                                    |
| Histidin                                | 1,27                                | 1,63                  | 2,94                         | 1,55                               |
| Fenylalanin                             | 2,88                                | 4,89                  | 6,98                         | 1,64                               |
| Glycin                                  | 3,49                                | 4,46                  | 3,40                         | -                                  |
| Izoleucin                               | 1,91                                | 4,78                  | 4,52                         | 0,87                               |
| Leucin                                  | 3,54                                | 8,59                  | 7,53                         | 2,34                               |
| Lysin                                   | 2,08                                | 9,02                  | 8,06                         | 0,08                               |
| Methionin                               | -                                   | 3,15                  | 3,23                         | 1,46                               |
| Treonin                                 | 2,17                                | 4,46                  | 4,34                         | 0,06                               |
| Tryptofan                               | -                                   | 1,09                  | -                            | -                                  |
| Valin                                   | 1,87                                | 5,00                  | 5,25                         | 2,66                               |

(Cassol et al., 2025)

## 2 RYBÍ VEDLEJŠÍ PRODUKTY

Jak bylo zmíněno v předchozí kapitole, ryby a produkty rybolovu tvoří důležitý zdroj bílkovin a základních mikroživin, čemuž odpovídá produkce rybolovu, která byla v roce 2017 odhadována na přibližně 352,4 milionu tun. Téměř 70 % z této produkce je zpracováno na začátku potravinového řetězce. Typickými fázemi, které následují v závodech pro zpracování ryb, jsou například omráčení ryb, třídění, odstranění slizu a šupin, mytí, odstranění hlav a ploutví, kuchání, filetování, oddělení masa od kostí, balení, značení a distribuce. V průběhu těchto fází dochází ke vzniku velkého množství odpadu, který se dále nevyužívá (Kosseva, 2020).

Vedlejší produkty z ryb a korýšů, vznikající v různých fázích průmyslového zpracování, mohou tvořit 20 – 80 % původního produktu. Výše vzniklého odpadu se liší v závislosti na druhu ryb a stupni zpracování (Kosseva, 2020). U většiny ryb množství odpadu obvykle představuje 55 – 65 % celkové hmotnosti úlovku za rok (Ramakrishnan et al., 2023).

### 2.1 Složení rybích vedlejších produktů

Složení a množství rybího odpadu se liší podle druhu, pohlaví, velikosti, stáří, výživného stavu a zdravotního stavu ryby, ale i dle ročního období (Kosseva, 2020). Do odpadu vzniklého z technologického zpracování ryb patří z jejich celkové váhy 15 – 20 % zbytků filet – neboli části odstraněné při opracovávání základního filetu (trim A) až na kompletně očištěný filet (trim E), mezi které patří především páteční a břišní tuk, části svaloviny s ním oddělené a kosti z boku – 12 – 18 % vnitřností, 9 – 15 % kostí, 9 – 12 % hlav, 5 % šupin a 1 – 3 % kůže a ploutví (Ramakrishnan et al., 2023). Tyto části se odstraňují, aby se zachovala kvalita a nutriční vlastnosti ryb a zabránilo se jejich kontaminaci (Espinales et al., 2023). I nutriční složení vedlejších produktů se liší v závislosti na několika faktorech, převážně na druhu a věku ryby. Pro představu průměrný obsah bílkovin, tuku a popela v sušině ze všech vedlejších produktů ze smuhy královské a pražmy královské byl  $44,27 \pm 13,35$  % (bílkoviny),  $26,48 \pm 15,97$  % (tuky) a  $20,78 \pm 14,44$  % (popeloviny). Při rozdělení na jednotlivé vedlejší produkty byl u odřezků pozorován vysoký obsah popelovin ( $49,12 \pm 1,91$  g/100 g sušiny) a bílkovin ( $45,87 \pm 0,91$  g/100 g sušiny). Vnitřnosti byly bohaté na bílkoviny ( $59,62 \pm 0,08$  g/100 g sušiny) a především vlhkost ( $73,0 \pm 0,2$  g/100 g). U kostí byl obsahově vysoký podíl tuku ( $34,96 \pm 0,10$  g/100 g sušiny) a popelovin ( $21,00 \pm 0,58$  g/100 g sušiny). Hlavy obsahovaly opět významný podíl bílkovin

( $40,41 \pm 0,16$  g/100 g sušiny) a také tuku ( $28,88 \pm 1,60$  g/100 g sušiny). Kůže pak obsahovala nejvyšší podíl bílkovin ze všech vedlejších produktů ( $75,16 \pm 1,87$  g/100 g sušiny) a vysoký obsah popelovin ( $20,24 \pm 0,53$  g/100 g sušiny) (Kandyliari et al., 2020). Ačkoli některé specifické vedlejší produkty zpracovatelského průmyslu jako jsou například střeva a krev mohou mít omezené využití, velká část vedlejších produktů může být zdrojem cenných látek jako jsou vysoce kvalitní bílkoviny, aminokyseliny, kolagen a želatina, olej a enzymy. Důležitými frakcemi obsaženými v těchto rybích odpadech jsou bílkoviny, tuk a minerální látky (vápník, fosfor, draslík, hořčík a další) v různém zastoupení. Například odpad z krevet obsahuje 30 – 60 % minerálních látek a 15 – 46 % bílkovin. Množství bílkovin v ostatních částech ryb a mořských plodů, kromě svaloviny, je přibližně 8 – 35 %, přičemž jako nejvýznamnější zdroj bílkovin z vedlejších produktů se projevila kůže. Odřezky a kosti poskytují velké množství vápníku a hlavy, střeva a kosti mohou být dobrým zdrojem lipidů. Rybí vedlejší produkty obsahují svalové bílkoviny, které poskytují esenciální i neesenciální aminokyseliny. Bílkoviny z těchto zdrojů mají podobnou výživovou hodnotu jako maso a vejce. Mnoho bioaktivních peptidů z rybích vedlejších produktů, lze využít jako funkční složky v mnoha potravinách díky několika vlastnostem, jako jsou například schopnost zadržovat vodu, absorpce oleje, želírovací aktivita nebo emulgační vlastnost. Také je možné využití pro komerční výrobu různých nutraceutik. Nutraceutika jsou definována jako složky nebo extrakty s klinicky prokázaným účinkem na podporu zdraví, včetně prevence a léčby nemocí, mohou být konzumována v lékové formě, jako doplňky stravy nebo jako funkční složky potravin. Jako příklad lze uvést vysoce nenasycené omega-3 mastné kyseliny s dlouhými řetězci, které vykazují důležité biologické aktivity a získávají se z jater bílých libových ryb, masa tučných ryb a tuku mořských savců. Slouží také jako stavební mastné kyseliny v mozku, sítnici a dalších orgánech s elektrickou aktivitou, a proto se doporučuje zařazení olejů s obsahem DHA do stravy těhotných a kojících žen i kojenců. Kromě mastných kyselin lze z vedlejších produktů zpracování koryšů získat chitinové materiály, karotenoidy a biopeptidy, jejichž zdravotní přínosy souvisejí s imunomodulační aktivitou nebo peptidy s délkou řetězce až 16 AMK s antioxidačními účinky, získané například z kůže tresky obecné. (Bechtel, 2003; Cassol et al., 2025; Ganjeh et al., 2023; Kosseva, 2020; Ramakrishnan et al., 2023).

## 2.2 Využití rybích vedlejších produktů

Efektivní využití vedlejších produktů má přímý dopad na ekonomiku a zamezení kontaminace životního prostředí. Nevyužívání nebo nedostatečné využívání vedlejších

produktů vede nejen ke ztrátě potenciálních příjmů, ale také k přídatným a rostoucím nákladům na likvidaci těchto produktů. Kromě aspektů znečištění a nebezpečnosti mají odpady ze zpracování nejen ryb, ale i drůbeže a dalšího masa v mnoha případech potenciál pro přeměnu na užitečné produkty s vyšší hodnotou (Espinales et al., 2023; Jayathilakan et al., 2012). Vedlejší produkty s nízkou hodnotou se tradičně využívaly jako krmivo pro hospodářská zvířata, jako hnojiva nebo se vyhazovaly (Kosseva, 2020). Důležité jsou také regulační požadavky, jelikož mnoho zemí omezuje používání vedlejších masných produktů z důvodu bezpečnosti a kvality potravin. Zpracovaný rybí odpad našel mnoho využití, z nichž nejdůležitější jsou krmiva pro zvířata, bioplyn, dietetické produkty (chitosan), přírodní pigmenty a využití v kosmetice a potravinářství (kolagen) (Jayathilakan et al., 2012).

Jedním z koproduktů, které je možné vyrobit z vedlejších rybích produktů jako jsou například strojně oddělené maso, směs mezisvalových kostí (známých jako Y-kosti), jatečně upravená těla nebo směs hlav, vnitřností, kůže a kostí, je rybí proteinový koncentrát (FPC). FPC je definován jako produkt určený primárně k lidské spotřebě, který má vyšší obsah bílkovin než čerstvé ryby a může být použit jako složka při přípravě jiných potravin. Zároveň se nejedná o jeden konkrétní produkt, ale jde spíše o skupinu produktů vyráběných různými procesy. Každý typ v této skupině má odlišné vlastnosti a může být využit pro různé účely. Ačkoli bylo vyvinuto mnoho různých procesů získávání FPC, většina z nich je založena na extrakci rozpouštědly za účelem odstranění tuku a vody. FPC vyrobený tímto způsobem obsahuje 75 % až 95 % vysoce kvalitních bílkovin v závislosti na druhu použité ryby. Rozšířené využití je jako práškový produkt s dobrou nutriční hodnotou vhodnou pro lidskou spotřebu. Kromě toho, že je FPC vysoce výživný, lze jej využít jako částečnou náhradu pšeničné mouky v pekařských výrobcích a poskytovat potřebným skupinám obyvatelstva nezbytný doplněk bílkovin a celkově tak zlepšit výživovou hodnotu výrobků bez současné změny sensorických vlastností (Cassol et al., 2025; Stillings a Knobl, 1971).

Využitím rybích vedlejších produktů jako jsou kůže, kosti, chrupavky a šupiny je možné získávat například kolagen, který je důležitým strukturním prvkem těchto částí. Kolagen tvoří téměř 30 % všech tělesných bílkovin a je jednou z nejrozšířenějších bílkovin. Je široce využíván jako cenný biologický materiál v různých průmyslových odvětvích (Ganjeh et al., 2023). Ryby jsou bohaté na kolagen prvního typu, který je nejrozšířenějším proteinem v lidském těle (Subhan et al., 2021). Jeho uplatnění je možné například v potravinářském průmyslu jako potravinářská přísada pro své emulgační, pěnotvorné, biologicky odbouratelné vrstvy a mikroenkapsulační vlastnosti (Espinales et al., 2023).

Kromě použití kolagenu jako potravinářské přísady je další jeho využití v potravinářském průmyslu ve formě želatiny (denaturovaný kolagen obsahující nízkomolekulární peptidy a bílkoviny) (Raman a Gopakumar, 2018). Funkční vlastnosti želatin, jako například viskozita či zákal, se mohou lišit nejen dle zdroje kolagenu, ale také v závislosti na látkách použitých pro extrakci želatiny a na koncentracích těchto látek (Da Trindade Alfaro et al., 2013). Dále je hojně využíván ve farmaceutické výrobě a běžně také ve výzkumu a biologické a kosmetické výrobě díky svému protizánětlivému působení a za účelem zkrášlení kůže, silné pojivové tkáně a pevných kostí (Espinales et al., 2023). Kolagen je ústředním prvkem ve složení škáry, která tvoří asi 70 – 80 % kůže, a jeho role by tedy mohla být zásadní při obnově kožních ran, jelikož poskytuje ideální prostředí jako extracelulární matrix pro množení buněk fibroblastů, které napomáhají hojení ran. Další biomedicínské aplikace rybího kolagenu mohou být například v tkáňovém inženýrství, díky jeho vynikající biokompatibilitě, vysoké biologické odbouratelnosti a dobrým mechanickým, hemostatickým a buněčně-vazebným vlastnostem nebo jeho aplikace v buněčných kulturách, kde se jeví jako nový slibný biomateriál pro buněčné a tkáňové kultury, díky své vysoké biokompatibilitě (Subhan et al., 2021). Kolagen získaný z mořských živočichů může mít více výhod než kolagen získaný ze savců (např. kolagen z prasat a skotu) a to jak z důvodu náboženských norem některých komunit (kolagen z vepřového masa je zakázán pro muslimy a židy), tak i imunogenních nebo zánětlivých onemocnění – například bovinní spongiformní encefalopatie, slintavka a kulhavka – která mohou suchozemská zvířata přenášet (Espinales et al., 2023).

Další významnou využitelnou složkou, získanou z rybích vedlejších produktů jsou bílkovinné hydrolyzáty. Hydrolyzáty rybích bílkovin jsou menší peptidy o sekvenci 2 až 20 aminokyselin získané hydrolýzou enzymatickým nebo fermentačním procesem či chemickou hydrolýzou s použitím kyselých nebo zásaditých činidel. Tyto malé proteiny mají biologickou aktivitu související s jejich aminokyselinovým složením. Zlepšují například antioxidační vlastnosti a mohou tedy být vynikající přírodní alternativou místo syntetických antioxidantů (Espinales et al., 2023). Zároveň se jejich antioxidační aktivita odlišuje v závislosti na struktuře daných hydrolyzovaných bílkovin, jejich velikosti i sekvenci aminokyselin, přičemž tyto vlastnosti ovlivňuje zdroj bílkovin a podmínky extrakce (Ganjeh et al., 2023). Kromě antioxidačních vlastností je dalším zajímavým parametrem vaznost vody. Hydrolyzát z lososa obecného vykazoval vyšší schopnost zadržovat vodu než vaječný albumin a sójový protein, což naznačuje jeho vhodnost pro

využití jako rozšiřující přísada do masa, pro zlepšení textury i nutričních vlastností (Ramakrishnan et al., 2023). Kromě vysokých funkčních vlastností mají tyto sloučeniny různé léčebné a terapeutické vlastnosti, jako je působení proti krevnímu tlaku, antimikrobiální působení, posílení imunitního systému, protinádorové a antidiabetické vlastnosti a další. Peptidy získané z různých částí ryb mají různé využití. Například peptidy extrahované z bílkovin svalů vykazují zajímavé funkční vlastnosti pro farmaceutický průmysl nebo peptidy extrahované z kolagenu rybí kůže a kostí mají vlastnosti související se zdravím (Ganjeh et al., 2023).

V buněčných stěnách téměř všech korýšů je přítomen  $\alpha$ -chitin, což je rozšířená forma ze skupiny chitinu a chitosanu. Chitosan, derivátová forma chitinu, která je na rozdíl od chitinu rozpustná v kyselých roztocích, je rozsáhle studován pro své antioxidační a antimikrobiální účinky a vykazuje velký potenciál pro širokou škálu potravinářských aplikací (Jung a Zhao, 2014).  $\alpha$ -chitin se od  $\beta$ -chitinu liší svým strukturním uspořádáním ( $\alpha$ -chitin je těsně uspořádaný oproti volnějšímu uspořádání krystalitů  $\beta$ -chitinu) a je popisován jako nereaktivní, nerozpustný produkt, který může mít význam pro řadu biotechnologických aplikací. Mořské chitiny již byly použity k výrobě bioaktivních produktů, včetně chitooligomerů, chitinázy, chitosanázy, antioxidantů, antidiabetických sloučenin a prodigiosinu (potenciální protinádorová látka). Potenciálním zdrojem surovin pro extrakci chitinu je odpad vzniklý při zpracování produktů rybolovu (mořských plodů), a to např. zbytky krunýřů a skořápek krevet, humrů nebo krabů. Tento biopolymer je druhým nejrozšířenějším přírodním biopolymerem po celulóze. Lze jej extrahovat metodami jak chemickými, tak biologickými, popřípadě pomocí nových technik jako jsou autoklávové, mikrovlnné nebo ultrazvukové. Proces chemické extrakce chitinu je však ekologicky nešetrný a energeticky náročný a může snižovat jeho technickou kvalitu. Proto se biologická metoda, využívající proteolytické enzymy, jeví jako atraktivnější, díky získání vysoce kvalitního chitinu při relativně nízkých nákladech s ekologičtější průběhem procesu (Espinales et al., 2023; Jung a Zhao, 2014). Většina fyziologických aktivit a funkčních vlastností chitinu a chitosanových oligomerů závisí na jejich molekulové hmotnosti a na skutečnosti, že je vyžadována délka řetězce nejméně pět zbytků. Tyto oligomery mohou být výhodnější než chitin a chitosan v oblasti potravinářství jako přídatné látky a nutraceutika v oblasti lidského zdraví, jelikož kvůli nepřítomnosti enzymů jako je chitanáza či chitosanáza v lidském střevě nemohou být chitin a chitosan degradovány (Shahidi et al., 1999).

### 3 MOŽNOSTI EXTRAKCE KOLAGENU Z RYBÍCH VEDLEJŠÍCH PRODUKTŮ

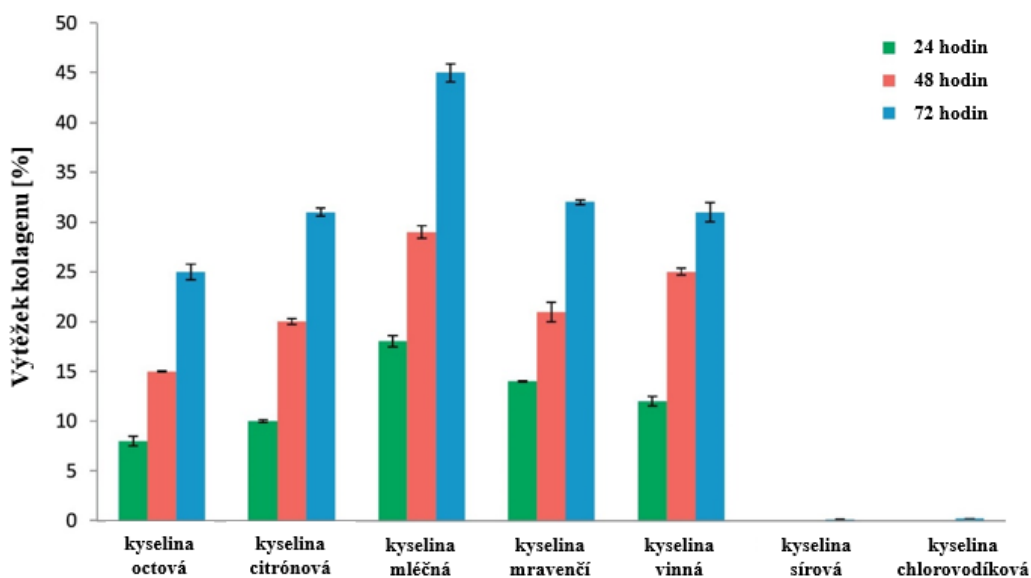
Kolagen je bílkovina, skládající se ze tří alfa polypeptidových řetězců s více než tisícem aminokyselin uspořádaných do jediné trojitě šroubovice (Espinales et al., 2023). Proces extrakce kolagenu z rybích vedlejších produktů je složen z několika na sebe navazujících kroků. Před samotnou extrakcí je nutné provést proces přípravy materiálu skládající se z promývání, dostatečného rozmělnění rybích vedlejších produktů pro standardní zastoupení obsahu složek, čištění, a další chemické i jiné úpravy. Celý proces předběžné úpravy je prováděn pro odstranění co největšího podílu nekolagenních složek, a tak připravit materiál pro snazší průběh extrakce. Samotný kolagen se obvykle vyskytuje ve formě vláken s trojitou šroubovicí se stabilním vodíkovým spojením, což jej činí nerozpustný ve vodě, a tedy je nutné využít chemických rozpouštědel, enzymů či extrakčních nástrojů pro optimalizaci rozpustnosti kolagenních proteinů a usnadnění jejich izolace (Gaikwad a Kim, 2024). Níže jsou popsány dva nejčastěji používané postupy extrakce kolagenu, a to extrakce za využití kyselin či enzymů a také příklad méně častého postupu s využitím pomoci ultrazvuku.

#### 3.1 Extrakce kolagenu rozpustného v kyselině

Hlavním cílem této metody extrakce je narušení vazby uvnitř kolagenové šroubovice. Tímto procesem však zároveň dochází k depolymeraci těžkých proteinů na kratší peptidy. Jednou z běžně využívaných kyselin pro extrakci kolagenu rozpustného v kyselině (ASC) z mořských zdrojů je kyselina octová, která se s využitím jakožto extrakční roztok pohybuje v koncentracích 0,5 – 1 M. Účinkem kyseliny octové s touto koncentrací je umožněn rozpad vnitromolekulárních i mezimolekulárních příčných vazeb ovšem se současným zachováním struktury kolagenového řetězce (Gaikwad a Kim, 2024).

K extrakci kolagenu rozpustného v kyselině však byly účinně využity různé 0,5 M roztoky organických i anorganických kyselin. Výtěžnost se lišila dle využití kyseliny viz Obrázek 2. U kyseliny mléčné byl výtěžek kolagenu (v nevysušeném stavu) 45 %, u kyseliny mravenčí činil 32 %, kyseliny vinná a citronová měly obě výtěžnost 31 % a extrakce kyselinou octovou získala výtěžek kolagenu 25 %. Nejúčinnější se tedy projevila kyselina mléčná. Nejnížší výtěžnost však nepopíratelně vydaly anorganické kyseliny, v tomto případě kyseliny chlorovodíková a sírová, jejichž účinkem bylo získané množství kolagenu zanedbatelné. Rozpustnost kolagenu v kyselinách je také ovlivňována vlivem času

hydrolýzy. Během prvních 24 hodin je rozpustnost ve všech kyselinách 2 – 11 % a po 48 hodinách 6 – 23 %, avšak prodloužení doby extrakce až na 72 hodin poskytlo maximální výtěžnost v důsledku lepší rozpustnosti kolagenu (Bhuimbar et al., 2019).



Obrázek 2 Efekt kyselin a doby extrakce na výtěžek kolagenu

(Bhuimbar et al., 2019)

K možnosti extrakce kolagenu kyselinami byly vyhledány příklady specifických experimentů, které jsou popsány níže.

Při experimentu extrakce kolagenu z kůží a kostí makrely španělské, byly tyto ryby získané na jaře ve městě Zhoushan a na ledu během 30 minut převezeny do laboratoře. Pro přípravu materiálu byla využita metoda podle Liu, et al. (2012). Po získání a předběžné přípravě kůží a kostí, byly vzorky před extrakcí skladovány při -20 °C. Pro získání kolagenu rozpustného v kyselině z kůží, bylo využito metody Nagai a Suzuki (2000, s. 277-281) s mírnou modifikací a celý proces probíhal při 4 °C. Pro odstranění nekolagenních proteinů bylo využito 0,1 M NaOH v poměru kůže/alkalický roztok 1:10 po dobu 2 dnů za nepřetržitého míchání a s průběžnými výměnami roztoku. Opracované kůže byly promyty vodou na neutrální pH. Pro odtučnění bylo využito 10% butylalkoholu s poměrem pevné látky a rozpouštědla 1:20 a proces trval 2 dny s průběžnou výměnou rozpouštědla. Po promytí odtučněné kůže byl materiál namočen do 0,5 M kyseliny octové s poměrem pevný materiál/rozpouštědlo 1:15 po dobu 24 hodin a následně byla směs přefiltrována. Zbytek byl znovu extrahován za stejných podmínek a oba filtráty byly spojeny. Kolagen byl z filtrátu vysrážen pomocí NaCl a odebrán odstředěním. Získaná sraženina byla rozpuštěna

v minimálním objemu 0,5 M kyseliny octové a postupně dialyzována 2 dny proti 0,1 M kyselině octové a 2 dny proti vodě. Dialyzát byl vysušen mrazem a označen jako „kolagen rozpustný v kyselině z kůže (ASC-S)“. Takto získaný ASC-S z kůže makrely španělské měl výtěžnost  $58,62 \pm 1,21$  % (na sušinu kůže) nebo  $13,68 \pm 0,35$  % (v mokré hmotnosti kůže) (Li et al., 2013).

Extrakce kolagenu ze šupin a kůže tilapie (*Oreochromis niloticus*) probíhala obdobným způsobem. Tilapie byly zakoupeny v Xiamenu v Číně a šupiny a kůže byly ručně odebrány, omyty vodou a až do provedení pokusu uchovány zmrazené při  $-20$  °C. Kolagen rozpustný v kyselinách (ASC) byl izolován podle protokolu dříve uvedeného Matmaroh et al. (2011, s. 1179-1186) s některými úpravami. Pro odstranění nekolagenních proteinů a pigmentu byl použit 0,1 M roztok  $\text{NaHCO}_3$  v poměru materiál/rozpouštědlo 1:10 po dobu 6 hodin. Po propláchnutí a nakrájení vzorku na malé kousky byl extrahován ASC působením 0,5 M kyseliny octové po dobu 24 hodin. Vzorky byly odstředěny a k supernatantům bylo přidáno NaCl pro vysrážení kolagenu. Sraženina byla pomocí centrifugace oddělena a rozpuštěna v 0,5 M kyselině octové v poměru 1:9 (w/v) a poté dialyzována ve 20 objemech 0,1 M kyseliny octové a následně destilované vodě. Všechny popsané procesy probíhaly při 4 °C. Izolovaný kolagen byl následně lyofilizován a uložen při  $-20$  °C. Výtěžek získaného kolagenu z kůže a šupin činil 27,2 % a 3,2 % (v sušině) (Chen et al., 2016).

### 3.2 Extrakce kolagenu rozpustného v enzymech

Metoda extrakce kolagenu pomocí enzymů je základní metodou získávání kolagenu. Představuje ekologickou možnost extrakce kolagenu, která by mohla snížit používání rozpouštědel a produkci odpadu prostřednictvím urychlení rozkladné reakce bez použití organických rozpouštědel a toxických chemikálií. Enzymatická předběžná úprava, například využitím pepsinu, se využívá k rozštěpení telopeptidových konců v kolagenových řetězcích a usnadnění odstranění proteinů ze zbývajících matrice (Gaikwad a Kim, 2024).

V mnoha dosavadních studiích, byly kolageny často extrahovány za využití kyselin a až následné extrakce za využití enzymů. Proces kyselé extrakce ovšem často poskytoval nízký výtěžek kolagenu. Jak bylo již zmíněno, pepsin je schopen štěpit peptidy v telopeptidové oblasti kolagenu a v takto enzymy natráveném kolagenu může být zachováno šroubovicové uspořádání. Extrakce kolagenu rozpustného v enzymech (ESC) může být ovlivněna několika faktory, jako například koncentrací enzymu či dobou hydrolýzy, a tím se i liší finální výtěžek kolagenu.

K možnosti extrakce kolagenu za pomoci enzymů byl vyhledán příklad specifického experimentu, který je popsán níže.

Optimalizací faktorů a podmínek extrakce kolagenu z kůže *Nibeia japonica* se zabýval výzkumný článek od autorů Yu et al. (2018). Jedním z faktorů, ovlivňujících průběh a výsledný výtěžek kolagenu, je využití různé koncentrace enzymu (pepsinu). Dalšími dvěma parametry extrakce byly poměr pevné látky a kapaliny a doba hydrolýzy. V této studii byly využité koncentrace enzymu 800, 1200, 1600, 2000 a 2400 U/g. Další dva faktory byly nastaveny takto – poměr pevné látky a kapaliny byl 1:45 a čas hydrolýzy 8 hodin v 0,5 M pufru kyseliny octové. Výtěžek kolagenu rozpustného pepsinem (PSC) se v závislosti na koncentraci enzymu přímo úměrně pohyboval v rozmezí hodnot od 66 % až 82 %. Přestože při koncentraci enzymu 1200 U/g nebyl výtěžek maximální, ale činil pouze 79,93 % byla koncentrace enzymu 1200 U/g využita pro další optimalizaci, vzhledem k nákladnějšímu průmyslovému procesu. K určení vlivu poměru pevné látky a kapaliny na výtěžnost extrakce PSC byly použity různé poměry pevné látky a kapaliny a to 1:25, 1:35, 1:45, 1:55 a 1:65. Další dva faktory byly nastaveny takto – koncentrace pepsinu byla 1200 U/g a doba hydrolýzy 8 hodin v 0,5 M pufru kyseliny octové. Výtěžek extrakce PSC se významně zvyšoval se zvyšujícím se poměrem kapalné a pevné látky v rozmezí 1:25 až 1:55 a při dalším zvýšení poměru začal mírně klesat. Pro další optimalizaci byl tedy zvolen poměr pevné a tekuté látky 1:55. Třetím stanovovaným faktorem ovlivňujícím proces extrakce byl vliv doby hydrolýzy. Byly využity různé doby hydrolýzy a to 4, 6, 8, 10 a 12 hodin. Další dva parametry extrakce byly nastaveny takto – koncentrace pepsinu 1200 U/g a poměr pevné látky ku kapalině 1:55 v 0,5 M pufru kyseliny octové. Výtěžek extrakce PSC výrazně vzrostl s dobou hydrolýzy mezi 4 a 8 hodinami, proto byla pro další optimalizaci zvolena doba hydrolýzy 8 hodin.

Po dalším upřesnění faktorů, byly jako optimální podmínky zjištěny tyto hodnoty: koncentrace pepsinu byla 1389 U/g, poměr pevné látky a kapaliny byl 1:57 a doba hydrolýzy byla 8,67 hodin. Za těchto optimálních podmínek byla výtěžnost extrakce PSC až 84,85 %.

### 3.3 Extrakce ultrazvukem

Ultrazvuk je méně častou, avšak do budoucnosti slibnou metodou extrakce kolagenu, která vede ke zvýšení účinnosti extrakce. Ultrazvuk v roztoku stimuluje tvorbu mikrobublin, které způsobují kolaps rybích tkání a zlepšují interakci mezi pevnou a kapalnou fází. Zvýšení

ultrazvukové frekvence vede ke zmenšení velikosti bublin a zvýšení smykových sil (Gaikwad a Kim, 2024).

K možnosti extrakce kolagenu za pomoci ultrazvuku byly vyhledány příklady specifických experimentů, které jsou popsány níže.

Petcharat a kol. se zabývali extrakcí kolagenu z kůže ryby *Chitala ornata* (angl. clown featherback) za pomoci ultrazvuku s použitím různých amplitud a časů. Kůže byly získány v Talaad Khlong Toei, Bangkok, Thajsko. Před extrakcí byly kousky kůže rozmrazeny a opracovány pomocí 0,1 M roztoku NaOH po dobu 8 hodin s průběžnými výměnami alkalického roztoku, pro odstranění nekolagenních bílkovin. Během celého průběhu předúpravy pomocí hydroxidu byla směs míchána a udržována při teplotě 4-5 °C. Následné odtučnění bylo provedeno namočením kůže do 10% butylalkoholu za stálého míchání po dobu 16 hodin, přičemž bylo rozpouštědlo vyměněno každých 8 hodin. Upravená surovina byla podrobena jak extrakci bez použití ultrazvuku, tak i extrakcím s pomocí ultrazvuku pro porovnání jeho účinnosti.

Pro typickou extrakci kolagenu bez využití ultrazvuku byla k opracované surovině přidána 0,5 M kyselina octová a kolagen byl pomocí ní extrahován po dobu 48 hodin. Po zfiltrování byl filtrát dosolen přidavkem NaCl na konečnou koncentraci 2,6 mol/l. Směs byla odstředěna a peleta byla znovu suspendována v minimálním objemu 0,5 M kyseliny octové a dialyzována proti 20 objemům 0,1 M kyseliny octové a následně ve 20 objemech destilované vody. Dialyzovaná látka byla vysušena a výtěžek sušiny (TPC) byl použit pro porovnání a zjištění účinnosti ultrazvuku při extrakcích.

Při ultrazvukem asistovaném procesu (UAP) byla opracovaná surovina opět smíchána s 0,5 M kyselinou octovou, kůže se nechala částečně nabobtnat a následně byla směs podrobena ultrazvuku. Ošetření probíhalo při různých úrovních amplitudy a to 20 %, 40 %, 60 % a 80 %. Další postup byl totožný s postupem extrakce kolagenu bez použití ultrazvuku. Výtěžky získané z těchto extrakcí byly porovnány s výtěžkem TPC.

Nejnižší výtěžnost byla získána u kolagenu z typického procesu (TPC) a to 23,46 %. UAP výrazně zvýšil výtěžnost extrakce (27,18 – 57,35 %), když se prodloužila doba působení ultrazvuku, a to u všech testovaných amplitud. Při stejné době ultrazvuku poskytovala vyšší amplituda vyšší výtěžnost, zejména pak při 80% amplitudě, která vykazovala nejvyšší výtěžnost (42,17 – 57,35 %). Použití ultrazvuku při

extrakci má tedy pozitivní účinek na množství získaného kolagenu, díky své schopnosti narušit buněčnou stěnu v kožní tkáni a tím uvolňovat kolagen (Petcharat et al., 2021).

## **II PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 CÍLE PRÁCE

V průběhu posledních let ve společnosti i mezi spotřebiteli vzrostl důraz a zájem o problematiku bezpečnosti a udržitelnosti potravin. V případě ryb a mořských plodů roste jejich celosvětová poptávka a z tohoto důvodu i problém z hlediska udržitelnosti. Těmito následky produkce a jejich zmírněním se zabývá cirkulární ekonomika, která si klade za cíl snížit nevyužití vedlejších produktů při zpracování či zvýšit míru jejich opětovného využití a tím zmírnit ekologické následky (Cooney et al., 2023). V rámci produkce ryb a mořských plodů jak z rybolovu, tak z akvakultury končí miliony tun rybího odpadu na skládkách, popřípadě jsou vypouštěné do vodních prostředí (Manjudevi et al., 2024). Z těchto důvodů je potřebné zavést opatření, která podpoří postupy, díky nimž dojde ke snížení nákladů na energie a ztráty nutričně hodnotného materiálu (Caruso, 2016).

Rybí maso je významným zdrojem bílkovin a stejně tak jsou proteiny obsaženy i ve vedlejších produktech z výroby (Manjudevi et al., 2024). Jednou z hlavních bílkovin obsažených ve vedlejších produktech je kolagen, který byl v této práci extrahován. Cílem práce je experimentální příprava želatin a hydrolyzátů z kůží a šupin kapra obecného (*Cyprinus carpio*) za využití různých faktorů (teplota a čas). Zároveň byly hledány optimální podmínky extrakce.

## 5 MATERIÁLY A PŘÍSTROJE

V této kapitole byly stručně popsány přístroje a pomůcky, chemikálie a materiály využité pro provedení experimentu (tedy k přípravě želatin) a následnému provedení analýz.

### 5.1 Materiály

Jako testovaný materiál byly použity kůže a šupiny kapra obecného (*Cyprinus carpio*) viz Obrázek 3. Kůže byly získány z rybářství Tovačov nacházejícím se v Olomouckém kraji. Rybářství se zaměřuje na chov a prodej sladkovodních ryb, a to především kapra, amura a tolstolobika. Po dovozu byla surovina zamrazena a uchovávána při mrazírenských teplotách až do doby jejího zpracování pro maximální dodržení hygienického řetězce.



Obrázek 3 Kůže se šupinami *Cyprinus carpio* jako vstupní surovina

(zdroj: vlastní)

### 5.2 Přístroje a pomůcky

Pro přípravu želatin byly použity následující přístroje a pomůcky:

- třpačka IKA HS 501 digital
- třpačka Kavalier LT 22
- pH-metr WTW pH 526 MultiCal
- magnetická míchačka s ohřevem Heidolph MR Hei-Standard
- magnetická míchačka s ohřevem IKA C-MAG HS 7
- sušárna WTC Binder E 28
- sušárna Binder FD 53

- sušárna BMT VENTICELL
- centrifuga Hettich ROTINA 35
- kádinky o objemu 2000 ml
- Erlenmayrovy baňky o objemu 2000 ml

Pro provedené analýzy želatin byly použity přístroje:

- STEVENS-LFRA TEXTURE ANALYSER
- Spectrofotometr Thermo Spectronic Helios Epsilon

### **5.3 Chemikálie a další použité látky**

Pro proces předběžné úpravy materiálu a extrakce želatin, byly využity následující chemikálie a látky:

- 0,2 M NaCl
- 0,03 M NaOH
- petrolether/ethanol (1:1)
- 10% HCl
- enzym Protamex

## 6 PŘÍPRAVA ŽELATIN

V této práci byl extrahován kolagen za pomoci enzymu Protamex. Proces přípravy želatin a hydrolyzátů je složen z několika kroků. Samotné extrakci předchází úprava materiálu, která zahrnuje mechanické opracování kůží a jejich namletí, promytí vodou, namočení do roztoku NaCl a následně NaOH a odtučnění suroviny. Při jednotlivých experimentech byly nastaveny různé faktory ovlivňující proces pro zjištění optimálních podmínek extrakce kolagenu. Získané želatiny byly podrobeny analýzám, přesněji byly stanovené pevnost gelu, vodu zadržující kapacita, viskozita, teplota tuhnutí a tání a čírost.

### 6.1 Úprava materiálu před extrakcí

Pro zajištění co nejlepšího průběhu extrakce a čistému výtěžku kolagenu bylo nutné materiál podrobit předběžné úpravě. Úprava probíhala v několika krocích.

#### 6.1.1 Mechanické opracování kůží

Materiál, tedy kůže se šupinami kapra obecného (*Cyprinus carpio*), byl dodán ve velkých kusech, a musel být namlet pro zajištění standardního složení suroviny. Pro namletí bylo využito mlýnku s mlecím diskem s otvory velikosti 16 mm (Obrázek 4).



Obrázek 4 Mlýnek použitý pro homogenizaci materiálu

(zdroj: vlastní)

Po namletí byla surovina rozdělena na části a zavakuována. Zavakuovaná balení suroviny, které nebyly v blízké době potřebná, byly zmrazeny a udržovány při mrazírenských teplotách.

### 6.1.2 Odstranění nekolagenních proteinů

Potřebné množství materiálu bylo rozmrazeno. Pro odstranění albuminů byl materiál promýván na kuchyňském sítu studenou vodou (z kohoutku) po dobu zhruba 2 minut a před dalším opracováním byl ponechán na sítu k okapání.

Propláchnutý materiál byl přemístěn do větší nádoby (kýbl). K němu byl přidán 0,2 M roztok chloridu sodného (dále jen NaCl) v poměru pevný materiál/roztok 1:6 a následně se za pokojové teploty a občasného promíchávání nechal 1,5 h opracovávat (Obrázek 5). Po uplynutí času se surovina proplachovala studenou kohoutkovou vodou na kuchyňském sítu s vrstvou tkaniny po dobu cca 1 minuty, pro co nejlepší odstranění roztoku NaCl. Procesem opracování roztokem NaCl se kůže a šupiny zbavily části globulinů.



Obrázek 5 Surovina v roztoku NaCl v průběhu opracování

*(zdroj: vlastní)*

Další část globulinů byla odstraněna obdobným způsobem. Promytý materiál byl smísen s 0,03 M roztokem hydroxidu sodného (dále jen NaOH) v poměru pevný materiál/roztok 1:6 a za pokojové teploty a občasného míchání byl materiál ponechán opracovávat po dobu 45 minut. Po uplynutí doby byl materiál přesunut na síto s tkaninou a proplachován studenou vodou cca 1 minutu. K vypláchnutému materiálu byl přidán čerstvý roztok 0,03 M NaOH a celý postup, včetně vypláchnutí vodou, byl proveden ještě 3x. Poslední promytí vodou na sítu bylo prováděno po dobu zhruba 5 minut pro důkladnější odstranění roztoku NaOH ze suroviny.

Takto opracovaná surovina byla rozprostřena na plechy v tenké vrstvě a byla ponechána v sušárně s cirkulací vzduchu při teplotě 35 °C cca 24-36 hodin. Vysušená surovina byla ručně rozdělena na menší kousky (Obrázek 6).



Obrázek 6 Vysušené kůže a šupiny *Cyprinus carpio* po odstranění nekolagemních proteinů

(zdroj: vlastní)

### 6.1.3 Odtučnění materiálu

Předpřipravená surovina byla odtučněna za pomoci směsi rozpouštědel tvořené petroletherem a ethanolem smísených v poměru 1:1. Surovina byla smísena se směsí rozpouštědel v poměru pevný materiál/rozpouštědlo 1:6. Tato směs byla umístěna na třepačku a odtučňována po dobu cca 1,5 dne (Obrázek 7). V průběhu odtučňování bylo rozpouštědlo 2x vyměněno za nové, vždy zhruba po 12 hodinách. Po ukončení odtučňování byla surovina rozprostřena na plech v tenké vrstvě a umístěna do digestoře, kde byla ponechána do druhého dne pro do-odpaření zbytku rozpouštědla. Odtučněná surovina zbavená rozpouštědla byla ručně rozdělena na menší kousky, jelikož šupiny nepřipouštěly použití mlýnku, a uchována v uzavřené nádobě v temnu.



Obrázek 7 Proces odtučňování suroviny na třepačce

(zdroj: vlastní)

Z důvodu jak ekonomického, tak i ekologického bylo rozpouštědlo použité pro odtučnění suroviny pomocí destilace přečištěno od vyextrahovaného tuku a opětovně použito.

## 6.2 Extrakce želatin

Samotné extrakci želatin předcházelo neutrální opracování suroviny, při kterém byl použit enzym. Po tomto kroku byl získán hydrolyzát. Následně byly využity kombinace různých faktorů (teploty a času) pro zjištění optimálních podmínek extrakce.

### 6.2.1 Rozpis experimentů

Pro jednotlivé experimenty byly použity různé teploty u extrakce první a druhé frakce želatiny. U druhé frakce želatiny se dle experimentu využívala i různá doba extrakce. Celkem bylo provedeno pět extrakcí s lišícími se faktory pro určení optimálních podmínek extrakce želatin. Použité faktory extrakcí jsou uvedeny v tabulce viz Tabulka 5.

Tabulka 5 Faktory extrakce použité pro jednotlivé experimenty

| Exp. č. | Faktor A,<br>Teplota 1.<br>extrakce [°C] | Faktor B,<br>Teplota 2.<br>extrakce [°C] | Faktor C,<br>Doba 2.<br>extrakce [min] |
|---------|------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1       | 35                                       | 50                                       | 15                                     |
| 2       | 35                                       | 60                                       | 35                                     |
| 3       | 45                                       | 50                                       | 15                                     |
| 4       | 45                                       | 60                                       | 35                                     |
| 5       | 40                                       | 55                                       | 25                                     |

Experiment č.5 byl slepým pokusem. Proces extrakce probíhal téměř stejným způsobem, pouze při kroku „Neutrální opracování suroviny“ byl vynechán přídavek enzymu. Pro slepý pokus byly faktory stanoveny jako středové hodnoty faktorů ostatních experimentů.

### 6.2.2 Neutrální opracování suroviny

Suchý opracovaný materiál byl v Erlenmayerově baňce smísen s destilovanou vodou v poměru pevný materiál/voda 1:10. Baňka byla umístěna na třepačku a směs se ponechala třepat 20 minut. Následně bylo pH směsi upraveno na hodnotu mezi 6,5-7,0 pomocí 10% HCl. Ke směsi s upraveným pH byl přidán proteolytický enzym Protamex v množství 0,1% na sušinu přečištěné suroviny a směs s enzymem se další tři hodiny nechala mírně třepat, tentokrát však v chladicím inkubátoru při teplotě 10 °C. Během první hodiny v inkubátoru bylo pH směsi ještě dvakrát překontrolováno a popřípadě doupraveno na hodnotu v rozsahu 6,5-7,0. Po uplynulých třech hodinách působení enzymu byla směs přefiltrována přes síto s vrstvami tkanin a filtrát byl označen jako hydrolyzát. Hydrolyzát byl rozlit na plech s nepřilnavou folií a vysušen při 70 °C, jeho hmotnost byla následně zahrnuta do hmotnostní bilance. Zbytek nerozloženého pevného podílu byl na sítu s tkaninami pečlivě cca 5 minut promýván studenou vodou (z kohoutku) pro co nejlepší odstranění enzymu z materiálu. Promytý pevný podíl byl následně podroben extrakci želatin.

### 6.2.3 Extrakce jednotlivých frakcí želatin

Při extrakci první frakce želatiny byl enzymaticky opracovaný pevný materiál smísen s destilovanou vodou v poměru pevný podíl/voda 1:15. Směs byla za pomoci topné desky (Obrázek 8) přivedena k teplotě, která se lišila v závislosti na testovaném experimentu (faktor A). Při dané teplotě byla směs udržována po dobu 20 minut za neustálého míchání. Směs byla přefiltrována přes síto a tkaniny. Roztok želatiny (filtrát) byl co nejrychleji zahřát na teplotu 85 °C, při které se udržoval po dobu 4 minut a po sejmutí z desky se nechal mírně vychladnout – tak, aby se dala nádoba držet bez ochranných rukavic. Želatinový roztok se následně odstředil při 8000 otáček/minutu po dobu 4 minut, tím byl roztok rozdělen na tři vrstvy. Na dno se usadil pigment, střední vrstvu tvořil želatinový roztok a na povrch vyvstal tuk. Takto odstředěný roztok byl přefiltrován přes sítko s tkaninami pro zachycení tuku. Pigment zůstal usazený na dně zkuševky a bylo možno ho následně manuálně odstranit. Tkaniny s tukem i pigment byly vysušeny při 70 °C a zváženy pro zahrnutí do hmotové bilance. Získaný želatinový roztok byl rozlit na plech s nepřilnavou folií a celý plech byl dán

do lednice na 30 minut – pro zrosolování roztoku. Želatinový roztok byl následně sušen v sušárně s cirkulací vzduchu při teplotě 40 °C přes noc, druhý den byla teplota zvýšena na 65 °C a želatiny byly minimálně 8 hodin ponechány k dosušení. Získaná želatina byla uchována v uzavíratelném sáčku v suchu a temnu.



Obrázek 8 Proces extrakce želatiny

(zdroj: vlastní)

Pro extrakci druhé frakce želatiny byl pevný podíl zbylý z první extrakce opět smísen s destilovanou vodou v poměru 1:15. Směs byla přivedena k teplotě podle testovaného experimentu (faktor B) a při této teplotě byla udržována po dobu, kterou experiment požadoval (faktor C) za neustálého míchání. Směs se přefiltrovala a želatinový roztok byl co nejrychleji přiveden k teplotě 85 °C, při které byl udržován po dobu 4 minut. Následně byl odstředěn, zchlazen v lednici a vysušen stejným postupem jako u první frakce.

Pro získání třetí frakce želatiny byl pevný materiál zbylý z předchozí extrakce smísen s destilovanou vodou v poměru 1:15, přiveden k teplotě 70 °C a při této teplotě udržen po dobu 20 minut. Po uplynutí vody byla směs přefiltrována přes síto s tkaninami. Roztok byl následně bez dalšího zahřívání po mírném zchlazení odstředěn za stejných podmínek jako u předchozích frakcí, zchlazen v lednici a následně sušen.

Extrakce čtvrté frakce probíhala obdobně jako extrakce frakce třetí. Poměr pevného materiálu z předchozí extrakce a destilované vody byl opět 1:15. Směs byla přivedena k teplotě 90 °C a při ní udržena po dobu 30 minut. Po přefiltrování byl roztok odstředěn,

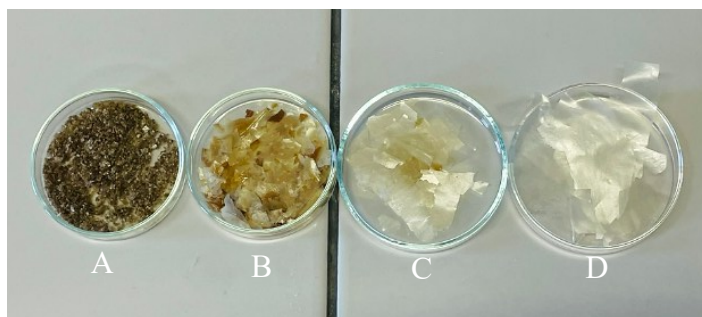
zchlazen a sušen za stejných podmínek jako všechny předchozí frakce. Nerozložený podíl zbylý po extrakci (Obrázek 9) všech frakcí želatiny byl vysušen při 103 °C přes noc, zvážen a zahrnut do hmotnostní bilance.

Želatiny získané z jednotlivých frakcí se vizuálně výrazně lišily (Obrázek 10).



Obrázek 9 Vysušený nerozložitelný podíl zbylý po extrakci

*(zdroj: vlastní)*



Obrázek 10 Želatina u exp. č.4 získaná z 1. frakce (A), 2. frakce (B), 3. frakce (C) a 4. frakce (D)

*(zdroj: vlastní)*

## 7 ANALÝZY ŽELATIN

Veškeré frakce želatin, které byly získané v dostatečném množství, byly podrobeny analýze pevnosti gelů a otestovány na vodu zadržující kapacitu (WHC). Následně byly frakce, které tvořily gely, testovány na teplotu tání, teplotu tuhnutí, viskozitu a čírost.

### 7.1 Pevnost gelu

Pevnost gelu byla stanovována podle standardního postupu dle Gelatin Manufactures Institute of America (GMIA), popsáním níže. Tímto stanovením zjišťujeme sílu, která je nutná k penetraci povrchu vzorku sondou do hloubky 4 mm rychlostí 1 mm/s. Výsledná naměřená hodnota je uváděna v Bloom.

Do nádoby byl připraven vzorek gelu o koncentraci 6,67 % (w/w). Podle zvolené metody (viz Tabulka 6) bylo naváženo dané množství vzorku a odpovídající množství vody do nádoby o dané velikosti. Želatiny smísené s vodou byly ponechány po dobu 1 hodiny pro nabobtnání. Směs nabobtnané želatiny se ve vodní lázni za teploty  $\pm 45\text{ }^{\circ}\text{C}$  a neustálého míchání nechala rozpouštět, dokud nedošlo k vytvoření želatinového roztoku. Nádobky s roztokem byly vyjmuty z vodní lázně a ponechány stát při laboratorní teplotě pro jejich zchladnutí. Následně byly umístěny do lednice a při teplotě  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  chlazeny 16 – 18 hodin (do druhého dne).

Druhý den bylo provedeno měření pevnosti gelu pomocí přístroje STEVENS-LFRA TEXTURE ANALYSER (Obrázek 11). Pro každý vzorek byla hodnota pevnosti gelu změřena dvakrát, druhé měření bylo provedeno v jiném místě, než měření první. Druhé měření však bylo pouze kontrolní, jako výsledná hodnota bylo zaznamenáno pouze měření první.



Obrázek 11 Přístroj pro měření pevnosti gelu STEVENS-LFRA TEXTURE ANALYSER

(zdroj: vlastní)

Tabulka 6 Potřebné množství želatiny a vody a velikost nádoby pro různé metody

| Metoda | Navážka želatiny [g] | Navážka vody [g] | Nádoba                        |
|--------|----------------------|------------------|-------------------------------|
| A      | 7,5                  | 104,5            | předepsaná nádoba stanovení   |
| B      | 3,0                  | 42,0             | nádoba o $\frac{1}{2}$ objemu |
| C      | 1,5                  | 21,0             | nádoba o $\frac{1}{4}$ objemu |
| D      | 0,9                  | 13,0             | nádoba o $\frac{1}{6}$ objemu |

Standardní nádoba má objem 150 ml. Její vnější průměr je 66 mm, vnitřní průměr 59 mm a výška 85 mm. V Tabulce 7 jsou uvedené rozměry všech nádob potřebných pro jednotlivé metody.

Tabulka 7 Rozměry nádob potřebných pro jednotlivé metody

| Metoda | Rozměry nádoby |                    |                     |            |
|--------|----------------|--------------------|---------------------|------------|
|        | objem [ml]     | vnější průměr [mm] | vnitřní průměr [mm] | výška [mm] |
| A      | 150,0          | 66                 | 59                  | 85         |
| B      | 75,0           | 50                 | 44                  | 5          |
| C      | 37,5           | 40                 | 35                  | 50         |
| D      | 25,0           | 32                 | 29                  | 40         |

## 7.2 Vodu zadržující kapacita

Vodu zadržující kapacita byla stanovována standardním postupem podle Nasrin et al. (2014) popsáním níže.

Do plastové zkumavky byl navážen 1 g vzorku, rozemletého na jemný prášek, a k němu odpipetováno 25 ml destilované vody. Zkumavka byla zazátkována a důkladně protřepávána po dobu 5 minut při laboratorní teplotě. Takto bylo postupováno se všemi vzorky. Protřepané obsahy zkumavek byly odstředěny při 5000 otáčkách/minutu po dobu 30 minut. Po odstředění byl za pomoci pipety odstraněn supernatant a následně zvážen. Výsledná vodu zadržující kapacita (WHC) byla určena procentuálně jako hmotnost absorbované vody v g na 1 g vzorku.

## 7.3 Viskozita

Viskozita byla stanovována podle standardního postupu dle Gelatin Manufactures Institute of America (GMIA), popsáním níže. Byla měřena doba průtoku 100 ml 6,67% želatinového roztoku standardizovanou pipetou při teplotě 60 °C. Naměřená doba průtoku byla přepočítána na viskozitu pomocí vzorce (viz 8.4 Viskozita).

Teplota ohřevu destilované vody v termostatu byla nastavena na 60 °C a bylo zajištěno její proudění skrz skleněnou nádobku s ním propojenou. Želatinový roztok byl nalit do Ubbelohdeho viskozimetru tak, aby hladina roztoku byla mezi vyznačenými ryskami na spodní baňce viskozimetru. Viskozimetr byl umístěn do kovového držáku a tato sestava byla ponořena do skleněné nádoby předem vytemperované na 60 °C (Obrázek 12). Prstem byla zacpána nejtenčí trubice viskozimetru, na kapiláru s horní baňkou byl nasazen pipetovací balónek a pomocí něj byl nasán želatinový roztok nad nejvyšší rysku. Nejdříve byla uvolněna nejtenčí trubice a hned poté byl pipetovací balónek odejmut. Byl měřen čas průchodu roztoku mezi dvěma horními ryskami. Měření bylo ukončeno ve chvíli, kdy byly naměřeny tři po sobě jdoucí blízké časy. Z naměřených hodnot byly vypočteny kinematická viskozita a následně dynamická viskozita.



Obrázek 12 Aparatura pro měření viskozity

*(zdroj: vlastní)*

## 7.4 Ostatní analýzy

Mezi další analýzy, využívané pro testování získaných vzorků, patřily teplota tuhnutí, teplota tání a čírost. Jejich postupy stanovení jsou uvedeny níže

Teplota tuhnutí byla stanovena dle postupu podle Ninan et al. (2011) popsaného níže. Je definována jako teplota, při které ztuhlý želatinový roztok udrží kuličku definované hmotnosti na svém povrchu nebo ve vrstvě, aniž by se propadla na dno.

Rozpuštěný želatinový gel byl nalit do poloviny výšky úzké skleněné zkumavky. Zkumavka se vzorkem byla připevněna do držáku a umístěna nad topnou desku do vysoké kádinky o objemu 150 ml. Do vzorku bylo zavedeno teplotní čidlo. Jakmile teplota roztoku klesla na 30 °C, byla do kádinky kolem zkumavky nalita vychlazená voda tak, aby její hladina přesahovala hladinu vzorku ve zkumavce. Po zahájení chlazení byla do zkumavky s rozpuštěným gelem vhozena kovová kulička stanovené váhy (0,1 g) při každém poklesu teploty o 1 °C. Měření bylo ukončeno ve chvíli, kdy kulička uvízla ve vrstvě gelu (nedopadla na dno) a byla odečtena teplota v dané chvíli.

Teplota tání byla stanovována podle standardního postupu použitého v pracích Moosavi-Nasab et al. (2020) a Muyonga et al. (2004b) popsaného níže.

Vzorky gelů připravených z 6,67% roztoků želatin byly odebrány do skleněných kapilár o průměru 2 – 4 mm do výšky cca 0,5 mm a ponechány v lednici. Na topnou desku byla připravena kádinka s magnetickým míchadélkem. Do držáku byla upevněna široká

zkumavka tak, aby byla zapuštěna do kádinky. Do zkumavky i kádinky byla nalita studená destilovaná voda a předem připravená kapilárka se vzorkem, byla společně s teplotním čidlem umístěna do zkumavky (přípevněny tak, aby se nedotýkaly dna) viz Obrázek 13. Topná deska byla zapnuta na 40 °C a byla měřena teplota ve zkumavce. Ve chvíli, kdy byl vzorek v kapiláře vodou sunut nahoru, byla odečtena teplota – a zaznamenána jako teplota tání.

Teplota tání byla měřena pro všechny vzorky, které tvořily stabilní gely.



Obrázek 13 Aparatura pro měření teploty tání gelů

(zdroj: vlastní)

Čiřost byla stanovována podle standardního postupu dle Gelatin Manufactures Institute of America (GMIA), popsáným níže. Byla měřena transmitance neboli poměr intenzity světla, které prošlo materiálem, k intenzitě světla dopadajícího na tento materiál. Veličina je vyjadřována v procentech nebo jako bezrozměrné číslo (v rozsahu 0 až 1).

Spektrofotometr pro měření transmitance (viz 5.2 Přístroje a pomůcky) byl nastaven na vlnovou délku 640 nm a zkalibrován na destilovanou vodu (pro destilovanou vodu byla transmitance 100 %). Kyveta byla propláchnuta měřeným vzorkem – 6,67% roztokem dané frakce želatiny – následně naplněna tímto vzorkem a byla měřena transmitance.

Stanovení čiřosti bylo provedeno u vzorků, pro které bylo možné změřit pevnost gelu (želatinové roztoky ztuhly).

## 8 VÝSLEDKY A DISKUSE

V této kapitole byly zhodnoceny získané výtěžky želatin a analýzy provedené u vzorků. Mezi provedené analýzy patřily: pevnost gelu, vodu zadržující kapacita (WHC), viskozita, teplota tuhnutí, teplota tání a čírost.

### 8.1 Výtěžek želatin

U každého experimentu byly zjištěny výtěžky ze všech čtyř frakcí extrakce. Do hmotnostní bilance byly kromě získané želatin zahrnuty také výtěžek hydrolyzátu, pigmentu, zbytek tuku, který nebylo možné odstranit při odtučnění suroviny a zbylý nerozložený podíl po extrakci. Hodnoty výtěžků jednotlivých částí získaných při extrakci se lišily v závislosti na experimentu, respektive na použitých faktorech extrakce, jak je možné vidět v Tabulce 8.

Výtěžky hydrolyzátu jsou poměrně stejné, jelikož na zisk hydrolyzátu neměly faktory použité u extrakcí vliv. Mírné rozdíly ve výši jeho zisku mohou být způsobeny rozdílem v surovině, jelikož kůže se šupinami využitá při experimentech nemá dokonale homogenní charakter.

Nejvyšší výtěžek první frakce (dále jen 1.F) želatin – u které byly měněny pouze použité teploty (faktor A), přičemž doba extrakce byla stále stejná – byl u exp. č.3, kdy byla použita vyšší ze dvou použitých teplot (45 °C), a to ve výši 4,4 % (w/w). Nejnižší výtěžek byl u exp. č.1. U experimentů s přidavkem enzymu (exp. č.1 – 4) se vyšší teplota celkově projevila jako účinnější pro vyšší zisk 1.F želatin než teplota nižší (35 °C). Výtěžek 1.F želatin u slepého pokusu (0,6 % (w/w)) byl nižší než výtěžek u exp. č.2 (1,2 % (w/w)), přestože teplota extrakce použitá pro slepý pokus byla vyšší (40 °C) než teplota použitá pro exp. č.2 (35 °C). Zároveň byl však výtěžek 1.F želatin slepého pokusu vyšší než výtěžek u exp. č.1 (0,4 % (w/w)) pro který byla použita stejná teplota extrakce, jako pro exp. č.2. Výtěžky se však liší pouze o pár desetin procenta a rozdíly tak mohou být způsobeny rozdílným poměrovým obsazením kůže a šupin ve vzorcích použitých pro extrakce, stejně jako tomu bylo u výtěžků hydrolyzátu.

U získaných výtěžků druhé frakce (dále jen 2.F) želatin jsou pozorovatelné rozdíly způsobeny použitými faktory. Výtěžky 2.F želatin exp. č.1, exp. č.2, exp. č.3 a exp. č.4 byly 2,5; 12,3; 3,8 a 11,2 % (w/w) v tomto pořadí. Kombinace působení vyšší teploty (60 °C) podle faktoru B, dohromady s delší dobou extrakce (35 min.) podle faktoru C, poskytlo značně větší zisky želatin, než užití teploty nižší (50 °C) a kratšího času extrakce (15 min.).

Výtěžek 2.F želatiny u slepého pokusu se pohyboval mezi hodnotami výtěžků experimentů s využitou nižší teplotou a kratší dobou extrakce, tedy exp. č.1 a exp. č.2.

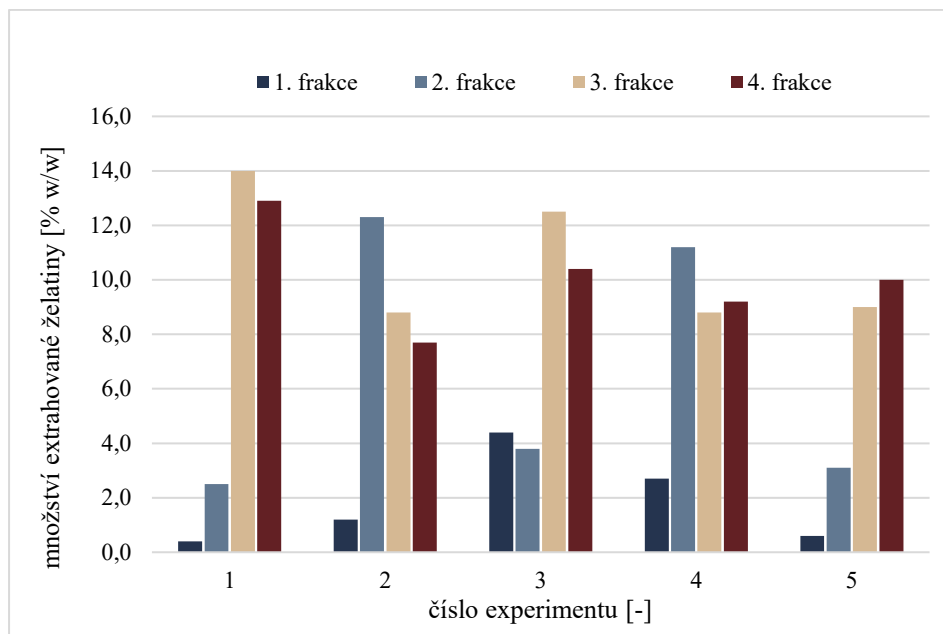
Množství získané želatiny u třetí frakce (dále jen 3.F) byl nepřímo úměrný k výtěžkům druhé frakce, tedy exp. č.2 a exp. č.4 poskytly nejnížší výtěžky 8,8 % (w/w), naopak vyšší výtěžek byl u exp. č.3 a nejvyšší u exp. č.1 (14,0 % (w/w)).

Výtěžky u čtvrté frakce (dále jen 4.F) byly přímo úměrné výtěžkům u 3.F želatiny. Nížší výtěžky opět poskytovaly exp. č.2 a exp. č.4. Nejvyšší výtěžek byl u exp. č.1 a to 12,9 % (w/w). Veškeré výtěžky je možno vidět v Tabulce 8.

Tabulka 8 Výtěžky jednotlivých částí z extrakce

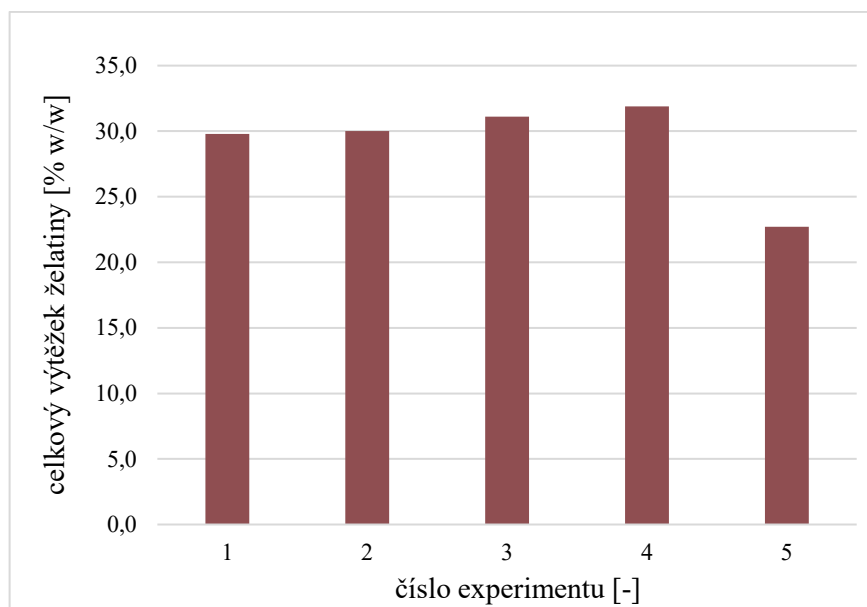
| Exp. č. | výtěžek hydrolyzátu<br>[% (w/w)] | výtěžek 1. frakce<br>[% (w/w)] | výtěžek 2. frakce<br>[% (w/w)] | výtěžek 3. frakce<br>[% (w/w)] | výtěžek 4. frakce<br>[% (w/w)] | výtěžek pigmentu<br>[% (w/w)] | nerozložený podíl<br>[% (w/w)] | tuk [% (w/w)] | bilanční chyba [%] |
|---------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------|--------------------|
| 1       | 1,3                              | 0,4                            | 2,5                            | 14,0                           | 12,9                           | 0,6                           | 62,7                           | 3,1           | 2,5                |
| 2       | 1,3                              | 1,2                            | 12,3                           | 8,8                            | 7,7                            | 1,0                           | 66,5                           | 0,9           | 0,3                |
| 3       | 1,7                              | 4,4                            | 3,8                            | 12,5                           | 10,4                           | 1,9                           | 64,2                           | 0,8           | 0,3                |
| 4       | 1,5                              | 2,7                            | 11,2                           | 8,8                            | 9,2                            | 1,7                           | 61,5                           | 1,0           | 2,4                |
| 5       | 1,4                              | 0,6                            | 3,1                            | 9,0                            | 10,0                           | 0,8                           | 73,3                           | 0,4           | 1,4                |

Přestože celkové výtěžky si byly relativně blízké u všech experimentů (viz Obrázek 15), pro každý experiment se výrazně lišily poměry mezi výtěžky jednotlivých frakcí želatin, jak je možné vidět na Obrázku 14.



Obrázek 14 Výtěžky jednotlivých frakcí želatin

Celkové výtěžky želatin u exp. č.1, exp. č.2, exp. č.3, exp. č.4 a exp. č.5 činily 29,8; 30,0; 31,3; 31,9 a 22,7 % (w/w) v tomto pořadí, jak je možno vidět v grafu viz Obrázek 15. Výťažnost provedené extrakce želatin z kůže a šupin kapra obecného (*Cyprinus carpio*) za pomoci enzymu je téměř 3x nižší než u extrakce kolagenu z kůže *Nibeia japonica* s využitím pepsinu, kde výtěžek za ideálních podmínek činil 84,85 % (w/w) (Yu et al., 2018) a zhruba 1,5x nižší než výtěžek kolagenu, který byl extrahován z kůže amura černého (*Mylopharyngodon piceus*) a činil 45,7 % (w/w) (Wu et al., 2014). Hodnoty množství extrahovaného kolagenu se spíše blížily extrakcím s využitím kyselin. Výťažnost kolagenu z kůže tuňáka modroploutvého (*Thunnus orientalis*) za využití kyseliny octové činila 38,89 % (w/w) (Tanaka et al., 2018) a zisk kolagenu z kůže tilapie nilské (*Oreochromis niloticus*) činil 27,2 % (w/w) (Chen et al., 2016).



Obrázek 15 Celkové výtěžky želatin

## 8.2 Pevnost gelu

Ze všech připravených želatin (jejichž zisk byl dostatečný) byly připraveny 6,67% želatinové roztoky. Pouze 4.F želatinu získaná z exp. č.1 a 2.F, 3.F a 4.F želatinu u exp. č.4 však ztuhly a bylo u nich tedy možné změřit pevnosti gelů (viz Tabulka 9). Z naměřených hodnot byla nejnižší pevnost gelu u 2.F exp. č.4 (15,8 Bloom) a nejvyšší pevnost gelu u 4.F exp. č.4 (202,7 Bloom). Hodnoty pevnosti jsou nižší než u želatin extrahovaných chemickou metodou z kůží tilapie nilské, kde pevnost gelu činila  $386,18 \pm 6,93$  Bloom (Chen et al., 2022), kůží robala nilského s pevností gelu 229 Bloom (Muyonga et al., 2004a) a ze šupin tilapie nilské o pevnosti  $233,5 \pm 14$  Bloom (Martins et al., 2018).

Tabulka 9 Metody použité pro stanovení gelu a pevnosti gelů

| Exp. č. |           | Použitá metoda | Pevnost gelu [Bloom] |
|---------|-----------|----------------|----------------------|
| 1       | 1. frakce | -              | -                    |
|         | 2. frakce | D              | neztuhl              |
|         | 3. frakce | C              | neztuhl              |
|         | 4. frakce | C              | 92,23                |
| 2       | 1. frakce | -              | -                    |
|         | 2. frakce | B              | neztuhl              |
|         | 3. frakce | B              | neztuhl              |
|         | 4. frakce | B              | neztuhl              |
| 3       | 1. frakce | D              | neztuhl              |
|         | 2. frakce | D              | neztuhl              |
|         | 3. frakce | C              | neztuhl              |
|         | 4. frakce | C              | neztuhl              |
| 4       | 1. frakce | D              | neztuhl              |
|         | 2. frakce | B              | 15,8                 |
|         | 3. frakce | B              | 88,7                 |
|         | 4. frakce | B              | 202,7                |
| 5       | 1. frakce | -              | -                    |
|         | 2. frakce | D              | neztuhl              |
|         | 3. frakce | C              | neztuhl              |
|         | 4. frakce | C              | neztuhl              |

### 8.3 Vodu zadržující kapacita

Vodu zadržující kapacita (WHC) byla změřena u experimentů pro všechny frakce získané v dostatečném množství viz Tabulka 10. U 2.F exp. č.2 a 3.F u exp. č.3 a exp. č.5 došlo pouze ke vzniku roztoku a želatina měla nulovou schopnost zadržovat vodu. Naopak nejvyšší hodnotu WHC projevila 4.F želatiny u exp. č.1 (10,8908 %). WHC se u vzorků významně lišila a naměřené hodnoty byly u některých vzorků nižší a u jiných vyšší než WHC u želatin z amura bílého, která činila 7,04 % (Ninan et al., 2014) a tresky obecné s WHC  $6 \pm 11$  % (Wu et al., 2023).

Tabulka 10 Vodu zadržující kapacita (WHC) vzorků

| Exp. č. |           | WHC [%] |
|---------|-----------|---------|
| 1       | 3. frakce | 0,1656  |
|         | 4. frakce | 10,8908 |
| 2       | 2. frakce | -       |
|         | 3. frakce | 0,0712  |
|         | 4. frakce | 2,8568  |
| 3       | 3. frakce | -       |
|         | 4. frakce | 0,326   |
| 4       | 1. frakce | 0,9292  |
|         | 2. frakce | 0,276   |
|         | 3. frakce | 4,7996  |
|         | 4. frakce | 1,744   |
| 5       | 3. frakce | -       |
|         | 4. frakce | 0,0352  |

## 8.4 Viskozita

Viskozita byla změřena pro želatinové roztoky, které projevily schopnost tvořit gely. Zjištěné hodnoty dynamické viskozity (viz Tabulka 11) se pohybovaly od 0,9645 mPa·s (exp. č.4, 2.F) po 1,6976 mPa·s (exp. č.1, 4.F). Viskozita připravených želatinových roztoků byla výrazně nižší než viskozita roztoků želatin z amura bílého (7,07 mPa·s) a želatinových roztoků z robala nilského (4,25 mPa·s) (Muyonga et al., 2004a). Viskozita všech roztoků rybích želatin je nižší než viskozita želatinových roztoků z vepřové kůže (7,89 mPa·s) (Ninan et al., 2014)

Tabulka 11 Viskozita želatinových roztoků

| Exp. č. |           | Kinetická viskozita [mm <sup>2</sup> /s] | Dynamická viskozita [mPa·s] |
|---------|-----------|------------------------------------------|-----------------------------|
| 1       | 4. frakce | 1,6892                                   | 1,6976                      |
| 4       | 2. frakce | 0,9597                                   | 0,9645                      |
|         | 3. frakce | 1,3157                                   | 1,3223                      |
|         | 4. frakce | 1,3381                                   | 1,3448                      |

## 8.5 Ostatní analýzy

Teplota tuhnutí byla stanovována pro želatinové roztoky, které projevily schopnost tvořit gely. Z důvodu delšího skladování želatiny však 2.F exp. č.4 nebyla již schopná gel tvořit, a

tak nebylo možné změřit teplotu tuhnutí. Naměřené teploty tuhnutí nabývaly hodnot od 6,6 °C (exp. č.4, 3.F) do 9,7 °C (exp. č.1, 4.F) viz Tabulka 12. Naměřené hodnoty teploty tuhnutí byly nižší než u želatin z tilapie nilské ( $18,03 \pm 2,05$  °C) (Chen et al., 2022), amura bílého (20,5 °C) (Ninan et al., 2014) a robala nilského (19,5 °C) (Muyonga et al., 2004a) avšak vyšší, než u želatin připravených z kůží studenovodních druhů ryb jako jsou treska obecná, treska jednoskvrnná ad. (4-5 °C) (Haug et al., 2004). Teplota tuhnutí pro rybí želatiny je pozorovatelně nižší než teplota tuhnutí želatin z hovězí kůže (24 °C) (Haug et al., 2004).

Tabulka 12 Teploty tuhnutí želatinových roztoků

| Exp. č. |           | Teplota tuhnutí [°C] |
|---------|-----------|----------------------|
| 1       | 4. frakce | 9,7                  |
| 4       | 3. frakce | 6,6                  |
|         | 4. frakce | 7,1                  |

Teplota tání byla stanovována pro stejné vzorky, jako teplota tuhnutí (tedy ty schopné tvořit gely). Naměřené teploty se pohybovaly v rozmezí od 20,6 °C (exp. č.4, 3.F) do 24,5 °C (exp. č.1, 4.F) viz Tabulka 13. Naměřené teploty tání byly nižší než u želatin extrahovaných z tilapie nilské ( $28,83 \pm 1,72$  °C) (Chen et al., 2022), z kůží studenovodních druhů ryb (13 °C) (Haug et al., 2004), amura bílého (29,1 °C) a *Labeo rohita* (28,1 °C) (Ninan et al., 2014). Teplota tání rybích želatin je ve všech případech nižší než u želatin z hovězí kůže (30 °C) (Haug et al., 2004).

Tabulka 13 Teploty tání želatinových roztoků

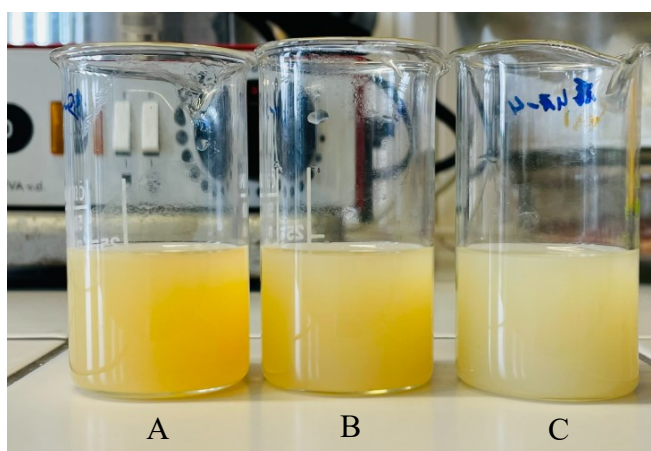
| Exp. č. |           | Teplota tání [°C] |
|---------|-----------|-------------------|
| 1       | 4. frakce | 24,5              |
| 4       | 3. frakce | 20,6              |
|         | 4. frakce | 22,7              |

Čiřost byla stanovena pro želatinové roztoky 4.F exp. č.1 a 2.F, 3.F a 4.F u exp. č.4. viz Tabulka 14. Měření bylo kalibrováno na destilovanou vodu (transmitance 100 %). U všech testovaných vzorků byla naměřená nízká transmitance (nejvyšší transmitance 4,0 % u exp. č.1; 4.F), což poukazuje na vysokou kalnost a možné znečištění roztoků (viz Obrázek 16). Želatiny připravené v této práci byly silně neprůsvitné, ve srovnání

s želatinou připravenou chemickou extrakcí z tilapie nilské (91,6 %) (Chen et al., 2022) a jiných želatin vyrobených z rybích šupin (91,1 %) (Zhang et al., 2020).

Tabulka 14 Transmittance naměřená pro testované vzorky

| Exp. č. |           | Transmittance [%] |
|---------|-----------|-------------------|
| 1       | 4. frakce | 4,0               |
| 4       | 2. frakce | 0,4               |
|         | 3. frakce | 0,5               |
|         | 4. frakce | 0,5               |



Obrázek 16 Roztoky želatiny 2. frakce (A), 3. frakce (B) a 4. frakce (C) u exp. č.4

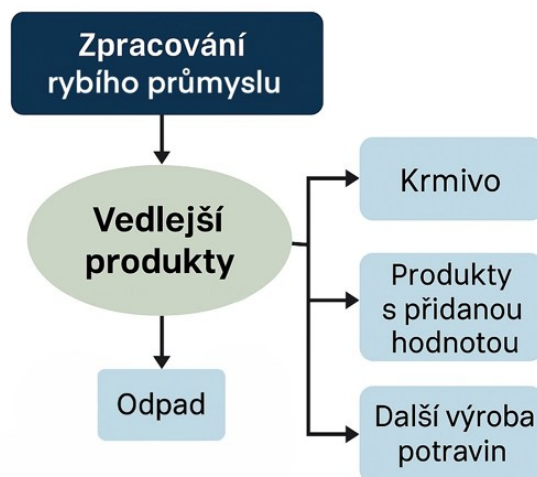
(zdroj: vlastní)

## 9 ZHODNOCENÍ PRÁCE

Kapitola pojednává o důvodech a možnostech zpracování a využití rybích odpadů a produktů z nich vyrobených. Ve SWOT analýze jsou také shrnuty silné a slabé stránky, možnosti a případné hrozby této práce.

### 9.1 Možnosti zpracování a využití

Vedlejší produkty z ryb a mořských plodů tvoří v průměru až 65 % původní váhy. V roce 2017 byla celková spotřeba ryb odhadována na 352,4 milionů tun (Kosseva, 2020) a odpad z ní vzniklý tedy mohl tvořit až 229,1 milionů tun. Z důvodu rozrůstajícího se rybího průmyslu, a tedy i nárustu množství vedlejších produktů, je důležité zajistit alternativní využití vedlejších rybích produktů (viz Obrázek 17). Méně nutričně bohaté vedlejší produkty, které nejsou vhodné k dalšímu použití v lidské výživě, mohou být využívány například pro krmivo jak pro hospodářská zvířata, tak i opět v samotné akvakultuře. Vedlejší produkty obsahující nutričně hodnotné složky mohou být dále využívány například jako přídatné látky pro zlepšení celkové nutriční hodnoty jiných potravin, či pro výrobu želatin a bílkovinných hydrolyzátů, jak tomu bylo i v této práci.



Obrázek 17 Schéma možného zpracování vedlejších rybích produktů

(zdroj: vlastní)

V závislosti na několika faktorech procesu přípravy želatin – způsob extrakce, druh a stáří ryby, část ryby použitá k extrakci ad. – z vedlejších rybích produktů mohou být jak výtěžky (viz Tabulka 15), tak jejich vlastnosti odlišné.

Tabulka 15 Výtěžky želatin z různých druhů ryb

| Použitá část a druh ryby             |               | Způsob extrakce        | Výtěžek [% (w/w)] | Zdroj                   |
|--------------------------------------|---------------|------------------------|-------------------|-------------------------|
| <b>Kapr obecný (Cyprinus carpio)</b> | kůže a šupiny | enzymatická (Protamex) | 29,14±3,7%        | vlastní                 |
| Makrela španělská                    | kůže          | chemická               | 58,62 ± 1,21 %    | (Li et al., 2013)       |
| Tilapie nilská                       | kůže          | chemická               | 27,20 %           | (Chen et al., 2016)     |
| <i>Nibeja japonica</i>               | kůže          | enzymatická (pepsin)   | 84,85 %           | (Yu et al., 2018)       |
| Amur černý                           | kůže          | enzymatická (pepsin)   | 45,70 %           | (Wu et al., 2014)       |
| Tuňák modroploutvý                   | kůže          | chemická (kys. octová) | 38,89 %           | (Tanaka et al., 2018)   |
| Jazyk mořský                         | kůže          | chemická (kys. octová) | 1,92 ± 0,05 %     | (Arumugam et al., 2018) |

Enzymatická extrakce ve většině případů představuje účinnější metodu ve vztahu k množství získaného kolagenu. Zároveň představuje možnost, jak snížit užívání organických rozpouštědel a toxických chemikálií, a tedy ekologičtější cestu extrakce kolagenu (Gaikwad a Kim, 2024).

Želatinu a bílkovinné hydrolyzáty v této práci byly extrahovány enzymaticky za pomoci enzymu Protamex. Jako optimální podmínky pro přípravu želatinu s nejvyšším výtěžkem a největší pevností gelu (202,7 Bloom) se osvědčily faktory použité u exp. č.4., ovšem nejlepší viskozitu (1,6976 mPa·s) a vodu zadržující kapacitu (10,89 %) prokázala želatina z exp. č.1. V případě WHC byly hodnoty u želatin exp. č.1 více než dvojnásobné oproti želatině z exp. č.4.

Vhodné využití připravených želatin a bílkovinných hydrolyzátů se liší v závislosti na jejich vlastnostech, především pak na pevnosti gelu, viskozitě a vodu zadržující kapacitě. V Tabulce 16 je možné vidět možná uplatnění frakcí želatin získaných z různých experimentů, které vykazovaly potenciál z hlediska technologických vlastností podle Gelatine Handbook od společnosti Rousselot (c2025).

Tabulka 16 Možná využití některých frakcí želatin

| Exp. č. |           | Pevnost gelu [Bloom] | Možné využití                                                                              |
|---------|-----------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 4. frakce | 92,23                | šunky a paštiky, číření vína a ovocných šťáv, tablety                                      |
| 2       | 4. frakce | neztuhl              | pěny a pěnové dezerty, šunky a paštiky                                                     |
| 4       | 3. frakce | 88,7                 | šunky a paštiky, číření vína a ovocných šťáv                                               |
|         | 4. frakce | 202,7                | šunky a paštiky, gumové bonbony, cukrářské krémy a pudinky, pusinky, měkké kapsle, tablety |

## 9.2 SWOT analýza

Jak pojednává velká část této práce, mezi nepopiratelné výhody patří opětovné využití surovin, které by v jiném případě byly považovány za odpad. Mnoho z těchto vedlejších produktů má vysokou nutriční hodnotu, a mohou tedy být přínosné nejen pro další lidskou výživu. V případě této práce bylo zaměření směřováno na bílkoviny, přesněji na bílkovinu kolagen, kterou je možno využít napříč průmyslovými odvětvími od potravinářství, přes farmacii a medicínské použití až do technického průmyslu.

Slabou stránkou a nevýhodou je problematika zajišťování suroviny. Pro možnost využití vedlejších produktů na průmyslové úrovni by bylo nutné zajištění dostatečného množství těchto produktů, což by znamenalo jejich svoz z několika různých míst. Tímto svozem by bylo způsobeno nestandardní složení suroviny, a tedy obtížnější zajištění správných podmínek při jejím zpracování. Jelikož je každý vedlejší produkt (kůže, šupiny, hlavy, kostry ad.) bohatý na jinou složku a vhodný pro různá využití, optimální variantou by bylo jejich třídění a oddělení při skladování a svozu. Tato možnost je však v praktickém provozu téměř nereálná z důvodu udržení efektivity produkce. Proto by mohlo docházet ke ztrátám některých hodnotných látek na úkor extrakce látky jiné.

Novými možnostmi, které tato práce nabízí, je unikátnost použité suroviny – kůže se šupinami kapra obecného (*Cyprinus carpio*). Bylo možné zjistit potenciál pro využití vedlejších produktů z kapra, jelikož ve mnoha případech je k experimentům tohoto typu využíváno vedlejších produktů z ryb mořských.

Při extrakci kolagenu je možnou hrozbou nutnost zpracovávání suroviny před samotnou extrakcí. Homogenizace materiálu, odstraňování nekolagenních bílkovin a odtučňování představují dodatečné kroky zpracování, a tedy možné fáze přípravy, ve kterých může dojít ke znehodnocení materiálu či jinému problému.

Přestože metody využití odpadů z ryb mají i slabé stránky a možná rizika, při vztažení na množství vedlejších produktů vyprodukovaných celosvětově je rozvoj možností jejich zpracování nutností, pro udržitelnost životního prostředí a ekonomiku. Přestože tato oblast není v nynější době příliš silně prozkoumána, jde dozajista o odvětví průmyslu, do kterého by bylo žádoucí investovat a zajistit jeho rozvoj.

## ZÁVĚR

Želatinu a bílkovinné hydrolyzáty byly získány ze šupin a kůže kapra obecného. Bylo využito 4 různých kombinací faktorů (teploty a času) u experimentů a jeden slepý pokus (bez použití enzymu). U každého experimentu byly stanoveny výtěžky všech čtyř frakcí želatiny, přičemž do celkové hmotnostní bilance byly zahrnuty nejen získané želatiny, ale také výtěžky hydrolyzátu, pigmentu, zbytkového tuku a nerozloženého podílu po extrakci. Hodnoty výtěžků se lišily v závislosti na použitých extrakčních faktorech. Výtěžky hydrolyzátu byly víceméně neměnné u všech experiment, jelikož použité extrakční podmínky na jeho zisk se neměnily. U první frakce želatiny, kde byla měněna pouze teplota, dosáhl nejvyššího výtěžku (4,4 %) experiment č. 3. Druhá frakce vykazovala výraznější rozdíly, přičemž vyšší teplota (60 °C) a delší extrakce (35 min) vedly k vyšším ziskům želatiny (exp. č. 2 a č. 4). U 3. frakce platila nepřímá úměra k výtěžkům 2. frakce – nejvyšší výtěžek měl exp. č. 1, nejnižší exp. č. 2 a č. 4. Stejný trend se projevil i u čtvrté frakce, kde měl opět nejvyšší výtěžek exp. č. 1. Nejvyšší celkový zisk želatiny byl u exp. č. 4 a to 31,9 % (w/w) na sušinu. Ze všech připravených 6,67% želatinových roztoků z jednotlivých frakcí ztuhly pouze vzorky 4. frakce z exp. č. 1 a 2. frakce (2.F), 3. frakce (3.F) a 4. frakce (4.F) z exp. č. 4, přičemž jejich pevnost gelu se pohybovala od 15,8 Bloom (2.F, exp. č. 4) do 202,7 Bloom (4.F, exp. č. 4). Vodu zadržující kapacita (WHC) byla měřena u všech dostatečně získaných frakcí, přičemž některé (2.F exp. č. 2 a 3.F exp. č. 3 a č. 5) nevykazovaly žádnou schopnost zadržovat vodu, zatímco nejvyšší WHC byla zaznamenána u 4.F želatiny z exp. č. 1 (10,89 %). Viskozita byla měřena pouze u želatinových roztoků schopných tvořit gely, přičemž hodnoty dynamické viskozity se pohybovaly v rozmezí 0,9645–1,6976 mPa·s, s nejnižší u 2.F z exp. č. 4 a nejvyšší u 4.F z exp. č. 1. Ostatní analýzy byly provedeny pouze u želatinových roztoků schopných tvořit gely. Teplota tuhnutí se pohybovala mezi 6,6 °C (exp. č. 4, 3.F) a 9,7 °C (exp. č. 1, 4.F), přičemž u 2.F z exp. č. 4 nebylo možné hodnotu stanovit kvůli ztrátě schopnosti tvořit gel, nejspíše z důvodu delšího skladování želatiny. Teploty tání těchto vzorků kolísaly od 20,6 °C (exp. č. 4, 3.F) do 24,5 °C (exp. č. 1, 4.F). Čiřost byla nízká u všech měřených roztoků (max. transmitance 4,0 %), což poukazuje na jejich vysokou zakalenost a možné znečištění.

Za nejlepší získané produkty se dají považovat frakce želatin získané aplikováním faktorů experimentu č. 1 (4.F) a experimentu č. 4 (4.F), které vynikaly v několika klíčových parametrech. Experiment č. 1 dosáhl nejvyšší vodu zadržující kapacity (10,89 %), nejvyšší viskozity (1,6976 mPa·s), a také nejvyšších hodnot teploty tuhnutí (9,7 °C) a tání (24,5 °C).

Experiment č. 4 dosáhl nejvyšší pevnosti gelu (202,7 Bloom), přičemž dosahoval dobrých hodnot ve všech měřených parametrech, i když některé hodnoty nebyly tak vysoké jako u experimentu č. 1. Obě frakce se tedy vyznačovaly velmi dobrými mechanickými vlastnostmi a kvalitou želatiny.



## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ALI, Eaqub; SULTANA, Sharmin; HAMID, Sharifah Bee Abd; HOSSAIN, Motalib; YEHYA, Wageeh A. et al., 2018. Gelatin controversies in food, pharmaceuticals, and personal care products: Authentication methods, current status, and future challenges. Online. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2018-06-13, roč. 58, č. 9, s. 1495-1511. ISSN 1040-8398. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1264361>. [cit. 2025-04-12].

ARUMUGAM, Gokula Krishnan Sivasundari; SHARMA, Diksha; BALAKRISHNAN, Raj Mohan a ETTIYAPPAN, Jagadeesh Babu Ponna, 2018. Extraction, optimization and characterization of collagen from sole fish skin. Online. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*. Roč. 9, s. 19-26. ISSN 23525541. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scp.2018.04.003>. [cit. 2025-05-01].

BECHTEL, Peter J., 2003. *Advances in Seafood Byproducts 2002 Conference Proceedings*. Online. Alaska Sea Grant College Program, University of Alaska Fairbanks. ISBN 978-1-56612-082-1. Dostupné z: <https://doi.org/10.4027/asbcp.2003>. [cit. 2025-04-03].

BHUIMBAR, Madhuri V.; BHAGWAT, Prashant K. a DANDGE, Padma B., 2019. Extraction and characterization of acid soluble collagen from fish waste: Development of collagen-chitosan blend as food packaging film. Online. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. Roč. 7, č. 2. ISSN 22133437. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.102983>. [cit. 2025-02-24].

BOGARD, Jessica R.; THILSTED, Shakuntala H.; MARKS, Geoffrey C.; WAHAB, Md. Abdul; HOSSAIN, Mostafa A.R. et al., 2015. Nutrient composition of important fish species in Bangladesh and potential contribution to recommended nutrient intakes. Online. *Journal of Food Composition and Analysis*. Roč. 42, s. 120-133. ISSN 08891575. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.03.002>. [cit. 2025-03-16].

BUREŠ, Daniel, c2025. *Ryby produkce, spotřeba, zpracování a hodnocení kvality*. Online. In: Česká zemědělská univerzita v Praze. Dostupné z: <https://katedry.czu.cz/storage/197/306ada2b-hodnoceni-kvality-ryb.pdf>. [cit. 2025-03-13].

CAN, Mehmet Ferit; GÜNLÜ, Aytekin a CAN, Hayriye Yeşim, 2015. Fish consumption preferences and factors influencing it. Online. *Food Science and Technology (Campinas)*. Roč. 35, č. 2, s. 339-346. ISSN 1678-457X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6624>. [cit. 2025-03-10].

CARUSO, Gabriella, 2016. Fishery wastes and by-products: a resource to be valorised. Online. *Journal of Fisheries Sciences.com*. Roč. 10, č. 1, s. 80-83. ISSN 1307-234X. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/profile/Gabriella-Caruso-2/publication/284625083\\_Fishery\\_Wastes\\_and\\_By-products\\_A\\_Resource\\_to\\_Be\\_Valorised/links/565584c908ae1ef9297723b1/Fishery-Wastes-and-By-products-A-Resource-to-Be-Valorised.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Gabriella-Caruso-2/publication/284625083_Fishery_Wastes_and_By-products_A_Resource_to_Be_Valorised/links/565584c908ae1ef9297723b1/Fishery-Wastes-and-By-products-A-Resource-to-Be-Valorised.pdf). [cit. 2025-04-08].

CASSOL, Geodriane Zatta; REZENDE-DE-SOUZA, Jonatã Henrique a SAVAY-DASILVA, Luciana Kimie, 2025. Fish Byproducts as a Protein Source: A Critical Review of Fish Protein Concentrate. Online. *Food Reviews International*. 2025-01-02, roč. 41, č. 1, s. 201-217. ISSN 8755-9129. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/87559129.2024.2392154>. [cit. 2025-03-24].

CHEN, Junde; LI, Long; YI, Ruizao; XU, Nuohua; GAO, Ran et al., 2016. Extraction and characterization of acid-soluble collagen from scales and skin of tilapia (*Oreochromis niloticus*). Online. *LWT - Food Science and Technology*. Roč. 66, s. 453-459. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.070>. [cit. 2025-02-24].

CHEN, Tingju; SONG, Zengliu; LIU, Huanming; ZHOU, Chunxia; HONG, Pengzhi et al., 2022. Physicochemical properties of gelatin produced from Nile tilapia skin using chemical and fermentation pretreatments. Online. *Food Bioscience*. Roč. 47. ISSN 22124292. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101650>. [cit. 2025-04-03].

COONEY, Ronan; DE SOUSA, David Baptista; FERNÁNDEZ-RÍOS, Ana; MELLETT, Sinead; ROWAN, Neil et al., 2023. A circular economy framework for seafood waste valorisation to meet challenges and opportunities for intensive production and sustainability. Online. *Journal of Cleaner Production*. Roč. 392. ISSN 09596526. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136283>. [cit. 2025-04-08].

DA TRINDADE ALFARO, Alexandre; FONSECA, Gustavo Graciano a PRENTICE-HERNÁNDEZ, Carlos, 2013. Enhancement of Functional Properties of Wami Tilapia (*Oreochromis urolepis hornorum*) Skin Gelatin at Different pH Values. Online. *Food and Bioprocess Technology*. Roč. 6, č. 8, s. 2118-2127. ISSN 1935-5130. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0859-9>. [cit. 2025-05-01].

DELGADO, Christopher L.; WADA, Nikolas; ROSEGRANT, Mark W.; MEIJER, Siet a AHMED, Mahfuzuddin, 2003. *Outlook for Fish to 2020 Meeting Global Demand*. Sv. 15. INTERNATIONAL FOOD POLICY RESEARCH INSTITUTE. ISBN 0-89629-647-4.

ESPINALES, Cindy; ROMERO-PEÑA, María; CALDERÓN, Génesis; VERGARA, Katiуска; CÁCERES, Patricio J. et al., 2023. Collagen, protein hydrolysates and chitin from by-products of fish and shellfish: An overview. Online. *Heliyon*. Roč. 9, č. 4. ISSN 24058440. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14937>. [cit. 2025-03-17].

GAIKWAD, Sunita a KIM, Mi Jeong, 2024. Fish By-Product Collagen Extraction Using Different Methods and Their Application. Online. *Marine Drugs*. Roč. 22, č. 2. ISSN 1660-3397. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/md22020060>. [cit. 2025-02-24].

GANJEH, Alireza M.; SARAIVA, Jorge A.; PINTO, Carlos A.; CASAL, Susana a SILVA, Artur M.S., 2023. Emergent technologies to improve protein extraction from fish and seafood by-products: An overview. Online. *Applied Food Research*. Roč. 3, č. 2. ISSN 27725022. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100339>. [cit. 2025-03-28].

GAUZA-WŁODARCZYK, Marlena; KUBISZ, Leszek a WŁODARCZYK, Dariusz, 2017. Amino acid composition in determination of collagen origin and assessment of physical factors effects. Online. *International Journal of Biological Macromolecules*. Roč. 104, s. 987-991. ISSN 01418130. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.07.013>. [cit. 2025-04-04].

HAUG, Ingvild J.; DRAGET, Kurt I. a SMIDSRØD, Olav, 2004. Physical and rheological properties of fish gelatin compared to mammalian gelatin. Online. *Food Hydrocolloids*. Roč. 18, č. 2, s. 203-213. ISSN 0268005X. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(03\)00065-1](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(03)00065-1). [cit. 2025-04-07].

IRWANDI, J.; FARIDAYANTI, S.; MOHAMED, E. S. M.; HAMZAH, M.S.; TORLA, H. H. et al., 2009. Extraction and characterization of gelatin from different marine fish species in Malaysia. Online. *International Food Research Journal*. Roč. 16, č. 3, s. 381-389. Dostupné z: <https://core.ac.uk/download/pdf/300361424.pdf>. [cit. 2025-04-04].

JAYATHILAKAN, K.; SULTANA, Khudsia; RADHAKRISHNA, K. a BAWA, A. S., 2012. Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: a review. Online. *Journal of Food Science and Technology*. Roč. 49, č. 3, s. 278-293. ISSN 0022-1155. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0290-7>. [cit. 2025-03-15].

JELLOULI, Kemel; BALTI, Rafik; BOUGATEF, Ali; HMIDET, Noomen; BARKIA, Ahmed et al., 2011. Chemical composition and characteristics of skin gelatin from grey triggerfish (*Balistes capriscus*). Online. *LWT - Food Science and Technology*. Roč. 44, č. 9, s. 1965-1970. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.05.005>. [cit. 2025-04-12].

JUNG, Jooyeoun a ZHAO, Yanyun, 2014. Alkali- or acid-induced changes in structure, moisture absorption ability and deacetylating reaction of  $\beta$ -chitin extracted from jumbo squid (*Dosidicus gigas*) pens. Online. *Food Chemistry*. Roč. 152, s. 355-362. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.165>. [cit. 2025-03-23].

KANDYLIARI, Aikaterini; MALLOUCHOS, Athanasios; PAPANDROULAKIS, Nikos; GOLLA, Jaya Prakash; LAM, TuKiet T. et al., 2020. Nutrient Composition and Fatty Acid and Protein Profiles of Selected Fish By-Products. Online. *Foods*. Roč. 9, č. 2. ISSN 2304-8158. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods9020190>. [cit. 2025-03-28].

KARAYANNAKIDIS, Panayotis D. a ZOTOS, Anastasios, 2014. Fish Processing By-Products as a Potential Source of Gelatin: A Review. Online. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. 2014-06-27, roč. 25, č. 1, s. 65-92. ISSN 1049-8850. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10498850.2013.827767>. [cit. 2025-04-12].

KOSSEVA, Maria R., 2020. Sources, characteristics, treatment, and analyses of animal-based food wastes. Online. *Food Industry Wastes*. S. 67-85. ISBN 9780128171219. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817121-9.00004-8>. [cit. 2025-03-15].

LIU, Dasong; LIANG, Li; REGENSTEIN, Joe M. a ZHOU, Peng, 2012. Extraction and characterisation of pepsin-solubilised collagen from fins, scales, skins, bones and swim bladders of bighead carp (*Hypophthalmichthys nobilis*). Online. *Food Chemistry*. Roč. 133, č. 4, s. 1441-1448. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.032>. [cit. 2025-02-24].

LI, Zhong-Rui; WANG, Bin; CHI, Chang-feng; ZHANG, Qi-Hong; GONG, Yan-dan et al., 2013. Isolation and characterization of acid soluble collagens and pepsin soluble collagens from the skin and bone of Spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius*). Online. *Food Hydrocolloids*. Roč. 31, č. 1, s. 103-113. ISSN 0268005X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.10.001>. [cit. 2025-02-24].

LJUBOJEVIĆ, Dragana; ĆIRKOVIĆ, Miroslav; ĐORĐEVIĆ, Vesna; NOVAKOV, Nikolina; PETRONIJEVIĆ, Radivoj et al., 2012. The Breed Effect on Productivity and Meat Nutrient Composition of Fish. Online. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*. ISSN 1300-6045. Dostupné z: <https://doi.org/10.9775/kvfd.2012.6383>. [cit. 2025-03-12].

LJUBOJEVIĆ, Dragana; ĆIRKOVIĆ, Miroslav; NOVAKOV, Nikolina; JOVANOVIĆ, Rade; JANKOVIĆ, Snežana et al., 2013. Productivity and Meat Nutrient in Fish The Diet Effect. Online. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*. ISSN 1300-6045. Dostupné z: <https://doi.org/10.9775/kvfd.2012.7088>. [cit. 2025-03-15].

MANJUDEVI, M.; KAMARAJ, M.; ARAVIND, J. a WONG, Ling Shing, 2024. Application of the circular economy to fish scale waste. Online. *Sustainable Chemistry for the Environment*. Roč. 8. ISSN 29498392. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scenv.2024.100170>. [cit. 2025-04-08].

MARTINS, Maria Emanuella O.; SOUSA, Juliana R.; CLAUDINO, Rayanne L.; LINO, Sarah Cristina O.; VALE, Diego Alves do et al., 2018. Thermal and Chemical Properties of Gelatin from Tilapia ( *Oreochromis niloticus* ) Scale. Online. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. 2018-10-17, roč. 27, č. 10, s. 1120-1133. ISSN 1049-8850. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10498850.2018.1535530>. [cit. 2025-04-07].

MATMAROH, Kanokwan; BENJAKUL, Soottawat; PRODPRAN, Thummanoon; ENCARNACION, Angel B. a KISHIMURA, Hideki, 2011. Characteristics of acid soluble collagen and pepsin soluble collagen from scale of spotted golden goatfish (*Parupeneus heptacanthus*). Online. *Food Chemistry*. Roč. 129, č. 3, s. 1179-1186. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.099>. [cit. 2025-02-24].

MIELCAREK, Konrad a SOCHA, Katarzyna, 2022. Freshwater fish consumption in the prevention of diseases. Online. *Acta Poloniae Pharmaceutica - Drug Research*. Roč. 79, č. 3, s. 325-331. ISSN 0001-6837. Dostupné z: <https://doi.org/10.32383/appdr/150863>. [cit. 2025-03-09].

MOHANTY, Bimal; MAHANTY, Arabinda; GANGULY, Satabdi; SANKAR, T. V.; CHAKRABORTY, Kajal et al., 2014. Amino Acid Compositions of 27 Food Fishes and Their Importance in Clinical Nutrition. Online. *Journal of Amino Acids*. 2014-10-14, roč. 2014, s. 1-7. ISSN 2090-0104. Dostupné z: <https://doi.org/10.1155/2014/269797>. [cit. 2025-04-05].

MOOSAVI-NASAB, Marzieh; YAZDANI-DEHNAVI, Marzieh a MIRZAPOUR-KOUHDASHT, Armin, 2020. The effects of enzymatically aided acid-swelling process on gelatin extracted from fish by-products. Online. Roč. 8, č. 9, s. 5017-5025. ISSN 2048-7177. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/fsn3.1799>. [cit. 2025-04-03].

MUYONGA, J.H; COLE, C.G.B a DUODU, K.G, 2004a. Extraction and physico-chemical characterisation of Nile perch (*Lates niloticus*) skin and bone gelatin. Online. *Food Hydrocolloids*. Roč. 18, č. 4, s. 581-592. ISSN 0268005X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2003.08.009>. [cit. 2025-04-07].

MUYONGA, J.H; COLE, C.G.B a DUODU, K.G, 2004b. Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopic study of acid soluble collagen and gelatin from skins and bones of young and adult Nile perch (*Lates niloticus*). Online. *Food Chemistry*. Roč. 86, č. 3, s. 325-332. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.09.038>. [cit. 2025-03-26].

NAGAI, Takeshi a SUZUKI, Nobutaka, 2000. Isolation of collagen from fish waste material — skin, bone and fins. Online. *Food Chemistry*. Roč. 68, č. 3, s. 277-281. ISSN 03088146. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00188-0](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00188-0). [cit. 2025-02-24].

NASRIN, Taslima Ayesha Aktar; NOOMHORM, Athapol a ANAL, Anil Kumar, 2014. Physico-Chemical Characterization of Culled Plantain Pulp Starch, Peel Starch, and Flour. Online. *International Journal of Food Properties*. 2014-07-18, roč. 18, č. 1, s. 165-177. ISSN 1094-2912. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10942912.2013.828747>. [cit. 2025-04-01].

NINAN, George; JOSE, Joseph a ABUBACKER, Zynudheen, 2011. Preparation and characterization of gelatin extracted from the skins of rohu (*Labeo rohita*) and common carp (*Cyprinus carpio*). Online. *Journal of Food Processing and Preservation*. Roč. 35, č. 2, s. 143-162. ISSN 01458892. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2009.00467.x>. [cit. 2025-04-03].

NINAN, George; JOSEPH, Jose a ALIYAMVEETTIL, Zynudheen Abubacker, 2014. A comparative study on the physical, chemical and functional properties of carp skin and mammalian gelatins. Online. *Journal of Food Science and Technology*. Roč. 51, č. 9, s. 2085-2091. ISSN 0022-1155. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0681-4>. [cit. 2025-04-07].

NIU, Lihong; ZHOU, Xin; YUAN, Chuqiao; BAI, Yun; LAI, Keqiang et al., 2013. Characterization of tilapia (*Oreochromis niloticus*) skin gelatin extracted with alkaline and different acid pretreatments. Online. *Food Hydrocolloids*. Roč. 33, č. 2, s. 336-341. ISSN 0268005X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.04.014>. [cit. 2025-04-12].

PETCHARAT, Tanyamon; BENJAKUL, Soottawat; KARNJANAPRATUM, Supatra a NALINANON, Sitthipong, 2021. Ultrasound-assisted extraction of collagen from clown featherback ( *Chitala ornata* ) skin: yield and molecular characteristics. Online. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2021-01-30, roč. 101, č. 2, s. 648-658. ISSN 0022-5142. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/jsfa.10677>. [cit. 2025-02-24].

RAMAKRISHNAN, Sudha Rani; JEONG, Chae-Rim; PARK, Jin-Woo; CHO, Seung-Sik a KIM, Soo-Jung, 2023. A review on the processing of functional proteins or peptides derived from fish by-products and their industrial applications. Online. *Heliyon*. Roč. 9, č. 3. ISSN 24058440. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14188>. [cit. 2025-03-17].

RAMAN, Maya a GOPAKUMAR, K, 2018. Fish Collagen and its Applications in Food and Pharmaceutical Industry: A Review. Online. *EC Nutrition*. Roč. 13, č. 12, s. 752-767. Dostupné z: <https://eicon.net/assets/ecnu/pdf/ECNU-13-00529.pdf>. [cit. 2025-04-03].

ROUSSELOT, c2025. *Gelatine Handbook*. Online. ROUSSELOT. Rousselot. Dostupné z: [http://www.parmentier.de/gpfneu/gelatine/rousselot\\_en.pdf](http://www.parmentier.de/gpfneu/gelatine/rousselot_en.pdf). [cit. 2025-05-01].

SALIM, Shyam S.; RAJU, S. S.; ATHIRA, N. R.; ROUL, Subal Kumar; PATNAIK, Phalguni et al., 2024. Geospatial fish consumption patterns and paradigms in Odisha State, India. Online. *Indian Journal of Fisheries*. 2024-09-30, roč. 71, č. 3. ISSN 0970-6011. Dostupné z: <https://doi.org/10.21077/ijf.2024.71.3.125543-17>. [cit. 2025-03-12].

SHAHIDI, Fereidoon; ARACHCHI, Janak Kamil Vidana a JEON, You-Jin, 1999. Food applications of chitin and chitosans. Online. Roč. 10, č. 2, s. 37-51. ISSN 09242244. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(99\)00017-5](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(99)00017-5). [cit. 2025-03-24].

STILLINGS, B. R. a KNOBL, G. M., 1971. Fish protein concentrate: A new source of dietary protein. Online. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. Roč. 48, č. 8, s. 412-414. ISSN 0003-021X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/BF02637364>. [cit. 2025-03-24].

SUBHAN, Fazli; HUSSAIN, Zohaib; TAUSEEF, Isfahan; SHEHZAD, Adeeb a WAHID, Fazli, 2021. A review on recent advances and applications of fish collagen. Online. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2021-03-26, roč. 61, č. 6, s. 1027-1037. ISSN 1040-8398. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1751585>. [cit. 2025-04-03].

SUI, Zhixian; RAUBENHEIMER, David; CUNNINGHAM, Judy a RANGAN, Anna, 2016. Changes in Meat/Poultry/Fish Consumption in Australia: From 1995 to 2011–2012. Online. *Nutrients*. Roč. 8, č. 12. ISSN 2072-6643. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/nu8120753>. [cit. 2025-03-09].

TANAKA, Teruyoshi; TAKAHASHI, Kenji; TSUBAKI, Kazufumi; HIRATA, Maika; YAMAMOTO, Keiko et al., 2018. Isolation and characterization of acid-soluble bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) skin collagen. Online. *Fisheries and Aquatic Sciences*. Roč. 21, č. 1. ISSN 2234-1757. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s41240-018-0084-1>. [cit. 2025-04-05].

TKACZEWSKA, Joanna; MORAWSKA, Małgorzata; KULAWIK, Piotr a ZAJĄC, Marzena, 2018. Characterization of carp (*Cyprinus carpio*) skin gelatin extracted using different pretreatments method. Online. *Food Hydrocolloids*. Roč. 81, s. 169-179. ISSN 0268005X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.02.048>. [cit. 2025-04-12].

TOKUR, Bahar; OZKÜTÜK, Serhat; ATICI, Esin; OZYURT, Gülsün a OZYURT, Caner Enver, 2006. Chemical and sensory quality changes of fish fingers, made from mirror carp (*Cyprinus carpio* L., 1758), during frozen storage (−18°C). Online. *Food Chemistry*. Roč. 99, č. 2, s. 335-341. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.044>. [cit. 2025-04-12].

USMAN, Muhammad; SAHAR, Amna; INAM-UR-RAHEEM, Muhammad; RAHMAN, Ubaid ur; SAMEEN, Aysha et al., 2022. Gelatin extraction from fish waste and potential applications in food sector. Online. Roč. 57, č. 1, s. 154-163. ISSN 0950-5423. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/ijfs.15286>. [cit. 2025-04-12].

WASSWA, Joseph; TANG, Jian a GU, Xiaohong, 2007. Utilization of Fish Processing By-Products in the Gelatin Industry. Online. *Food Reviews International*. 2007-03-16, roč. 23, č. 2, s. 159-174. ISSN 8755-9129. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/87559120701225029>. [cit. 2025-04-12].

WORLD POPULATION REVIEW, 2025. *Fish Consumption by Country 2025*. Online, obrázek. In: World Population Review. Dostupné z: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/fish-consumption-by-country>. [cit. 2025-03-12].

WU, Guo Ping; WANG, Xiao Ming; LIN, Li Ping; CHEN, Su Hua a WU, Qing Qing, 2014. Isolation and Characterization of Pepsin-Solubilized Collagen from the Skin of Black Carp (*Mylopharyngodon piceus*). Online. *Advances in Bioscience and Biotechnology*. Roč. 05, č. 07, s. 642-650. ISSN 2156-8456. Dostupné z: <https://doi.org/10.4236/abb.2014.57076>. [cit. 2025-04-05].

WU, Jintao; XIAO, Jing; ZHU, Mingyao; YANG, Haichuan; LIU, Jingjing et al., 2023. Study of Physicochemical and Gelation Properties of Fish Gelatin from Different Sources. Online. *Applied Sciences*. Roč. 13, č. 9. ISSN 2076-3417. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app13095337>. [cit. 2025-04-07].

YU, Fangmiao; ZONG, Chuhong; JIN, Shujie; ZHENG, Jiawen; CHEN, Nan et al., 2018. Optimization of Extraction Conditions and Characterization of Pepsin-Solubilised Collagen from Skin of Giant Croaker (*Nibea japonica*). Online. *Marine Drugs*. Roč. 16, č. 1. ISSN 1660-3397. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/md16010029>. [cit. 2025-02-24].

ZHANG, Xiaopan; YE, Tengyang; MENG, Xianghao; TIAN, Zhihui; PANG, Lihua et al., 2020. Sustainable and Transparent Fish Gelatin Films for Flexible Electroluminescent Devices. Online. *ACS Nano*. 2020-04-28, roč. 14, č. 4, s. 3876-3884. ISSN 1936-0851. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/acsnano.9b09880>. [cit. 2025-04-08].

ZHOU, Peng; MULVANEY, Steven J. a REGENSTEIN, Joe M., 2006. Properties of Alaska Pollock Skin Gelatin: A Comparison with Tilapia and Pork Skin Gelatins. Online. *Journal of Food Science*. Roč. 71, č. 6. ISSN 0022-1147. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00065.x>. [cit. 2025-04-12].

ŽLÁBEK, Vladimír; ČERVENÝ, Daniel; GRABIC, Roman; TUREK, Jan a RANDÁK, Tomáš, 2014. *Metodika hodnocení hygienické kvality masa ryb z hlediska obsahu cizorodých látek*. Edice metodik. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod. ISBN 978-80-7514-021-0.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Obrázek 1 Světová spotřeba ryb a mořských plodů v roce 2022.....                                           | 15 |
| Obrázek 2 Efekt kyselin a doby extrakce na výtěžek kolagenu.....                                           | 27 |
| Obrázek 3 Kůže se šupinami <i>Cyprinus carpio</i> jako vstupní surovina .....                              | 34 |
| Obrázek 4 Mlýnek použitý pro homogenizaci materiálu.....                                                   | 36 |
| Obrázek 5 Surovina v roztoku NaCl v průběhu opracování .....                                               | 37 |
| Obrázek 6 Vysušené kůže a šupiny <i>Cyprinus carpio</i> po odstranění nekolagemních proteinů .....         | 38 |
| Obrázek 7 Proces odtučňování suroviny na třepačce.....                                                     | 39 |
| Obrázek 8 Proces extrakce želatiny .....                                                                   | 41 |
| Obrázek 9 Vysušený nerozložitelný podíl zbylý po extrakci .....                                            | 42 |
| Obrázek 10 Želatina u exp. č.4 získaná z 1. frakce (A), 2. frakce (B), 3. frakce (C) a 4. frakce (D) ..... | 42 |
| Obrázek 11 Přístroj pro měření pevnosti gelu STEVENS-LFRA TEXTURE ANALYSER .....                           | 44 |
| Obrázek 12 Aparatura pro měření viskozity .....                                                            | 46 |
| Obrázek 13 Aparatura pro měření teploty tání gelů.....                                                     | 47 |
| Obrázek 14 Výtěžky jednotlivých frakcí želatin.....                                                        | 50 |
| Obrázek 15 Celkové výtěžky želatin .....                                                                   | 51 |
| Obrázek 16 Roztoky želatiny 2. frakce (A), 3. frakce (B) a 4. frakce (C) u exp. č.4 .....                  | 55 |
| Obrázek 17 Schéma možného zpracování vedlejších rybích produktů .....                                      | 56 |

**SEZNAM TABULEK**

|                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabulka 1 Celková spotřeba ryb a mořských plodů a spotřeba na osobu pro vybrané státy                                    | 16 |
| Tabulka 2 Chemické složení ryb z polykultury .....                                                                       | 17 |
| Tabulka 3 Obsah vybraných aminokyselin v kolagenu extrahovaného z rybích kůží (FS) a hovězí Achillovy šlachy (BAT) ..... | 19 |
| Tabulka 4 Obsah vybraných aminokyselin v FPC získaném z různých částí a různých druhů ryb .....                          | 20 |
| Tabulka 5 Faktory extrakce použité pro jednotlivé experimenty .....                                                      | 39 |
| Tabulka 6 Potřebné množství želatiny a vody a velikost nádoby pro různé metody.....                                      | 44 |
| Tabulka 7 Rozměry nádob potřebných pro jednotlivé metody.....                                                            | 44 |
| Tabulka 8 Výťažky jednotlivých částí z extrakce .....                                                                    | 49 |
| Tabulka 9 Metody použité pro stanovení gelu a pevnosti gelů .....                                                        | 52 |
| Tabulka 10 Vodu zadržující kapacita (WHC) vzorků .....                                                                   | 53 |
| Tabulka 11 Viskozita želatinových roztoků .....                                                                          | 53 |
| Tabulka 12 Teploty tuhnutí želatinových roztoků .....                                                                    | 54 |
| Tabulka 13 Teploty tání želatinových roztoků .....                                                                       | 54 |
| Tabulka 14 Transmittance naměřená pro testované vzorky .....                                                             | 55 |
| Tabulka 15 Výťažky želatin z různých druhů ryb.....                                                                      | 57 |
| Tabulka 16 Možná využití některých frakcí želatin .....                                                                  | 58 |

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

|      |                                   |
|------|-----------------------------------|
| EPA  | kyselina eikosapentaenová         |
| DHA  | kyselina dokosahexaenová          |
| AMK  | aminokyselina                     |
| JUT  | jatečně upravené tělo             |
| FPC  | rybí proteinový koncentrát        |
| SFA  | nasycené mastné kyseliny          |
| MUFA | mononenasycené mastné kyseliny    |
| PUFA | polynenasycené mastné kyseliny    |
| ASC  | kolagen rozpustný v kyselinách    |
| ESC  | kolagen rozpustný v enzymech      |
| PSC  | kolagen rozpustný pepsinem        |
| TPC  | kolagen získaný typickým procesem |
| UAP  | ultrazvukem asistovaný proces     |
| NaCl | chlorid sodný                     |
| NaOH | hydroxid sodný                    |
| HCl  | kyselina chlorovodíková           |
| exp. | experiment                        |
| 1.F  | první frakce                      |
| 2.F  | druhá frakce                      |
| 3.F  | třetí frakce                      |
| 4.F  | čtvrtá frakce                     |