

# **Optimalizace technologických podmínek získávání želatiny z vedlejších bílkovinných produktů z drůbežáren**

Bc. Petr Mrázek

---

Diplomová práce  
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav inženýrství polymerů

akademický rok: 2016/2017

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr Mrázek**  
Osobní číslo: **T15390**  
Studijní program: **N2808 Chemie a technologie materiálů**  
Studijní obor: **Inženýrství polymerů**  
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Optimalizace technologických podmínek získávání želatiny z vedlejších bílkovinných produktů z drůbežáren.**

Zásady pro vypracování:

1. V teoretické části se zaměřte na vedlejší produkty maso-zpracujících závodů a na možnosti jejich zpracování; popište výrobu a využití želatin.
2. V praktické části posudte možnosti zpracování vybraných vedlejších kolagenních produktů z drůbežáren biotechnologickým procesem na želatiny, studujte vliv vybraných technologických podmínek na účinnost procesu; charakterisujte připravené želatiny.
3. Výsledky zpracujte tabelárně, graficky, provedte diskusi.
4. Navrhněte optimální podmínky zpracování vedlejších kolagenních produktů a zhodnoťte význam výsledků pro praxi.



Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**R. Schrieber, H. Gareis: Gelatine Handbook: Theory and Industrial Practice. Weinheim: Wiley-VCH Verlag, 2007.**

**H.W. Ockerman, C.L. Hansen: Animal By-Product Processing & Utilization. CRC Press: Boca Raton, 2000.**

**Vědecké články a monografie z elektronických databází (např. Web of Science, ScienceDirect a další; databáze elektronických knih (např. Knovel).**

Vedoucí diplomové práce:

**doc. Ing. Pavel Mokrejš, Ph.D.**

Ústav inženýrství polymerů

Datum zadání diplomové práce:

**2. ledna 2017**

Termín odevzdání diplomové práce:

**10. května 2017**

Ve Zlíně dne 1. března 2017



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.  
*děkan*



doc. Ing. Tomáš Sedláček, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: Mrázek Petr

Obor: IP

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/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 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/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);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/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.

Ve Zlíně 28.4.2017

  
.....

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> 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, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> 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, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídá k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

V teoretické části se zaměřte na vedlejší produkty maso-zpracujících závodů a na možnosti jejich zpracování; popište výrobu a využití želatin. V praktické části posuďte možnosti zpracování vybraných vedlejších kolagenních produktů z drůbežáren biotechnologickým procesem na želatiny, studujte vliv vybraných technologických podmínek na účinnost procesu; charakterizujte připravené želatiny. Výsledky zpracujte tabelárně, graficky, proveďte diskusi. Navrhněte optimální podmínky zpracování vedlejších kolagenních produktů a zhodnoťte význam výsledků pro praxi.

Klíčová slova: želatina, vedlejší produkty masného průmyslu, kolagen, drůbež, běháky, kuře

## **ABSTRACT**

The theoretical part will focus on the by-products of the meat-handlers factories and processing functions; describe the production and use of gelatin. In the practical part of the judge handling capabilities of selected secondary collagen products from poultry biotechnology process on gelatins, study the effect of selected technological conditions on process efficiency; Characterize the prepared gelatin. Process results in tabular, graphical, complete the discussion. Design the optimum conditions for processing the by-products of collagen and assess the significance of the results in practice.

Keywords: gelatin, by-products of meat industry, collagen, poultry, poews, chick

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Pavlu Mokrejšovi, PhD. za veškerý čas, který mně věnoval při konzultacích, za odborné vedení, cenné rady a velmi ochotný a vlídný přístup. Poděkování patří také paní laborantce Miroslavě Žaludkové za vstřícnou pomoc a asistenci při experimentech v laboratoři a blízkým za podporu po celou dobu studií.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Mamince

# OBSAH

<b>ÚVOD .....</b>	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>11</b>
<b>1 VEDLEJŠÍ PRODUKTY MASO-ZPRACUJÍCÍHO PRŮMYSLU.....</b>	<b>12</b>
1.1 ODPADY POTRAVINÁŘSKÉHO PRŮMYSLU .....	13
1.1.1 Kosti.....	14
1.1.2 Krev .....	15
1.1.3 Kůže.....	16
1.1.4 Vnitřnosti.....	16
1.1.5 Tuk.....	16
1.2 VEDLEJŠÍ PRODUKTY ZE ZPRACOVÁNÍ DRŮBEŽE A NĚKTERÉ APLIKACE.....	17
1.2.1 Výroba krmiv.....	18
1.2.2 Výroba klišu .....	18
1.2.3 Energetické využití.....	19
<b>2 ŽELATINA.....</b>	<b>21</b>
2.1 TRADIČNÍ A ALTERNATIVNÍ ZDROJE ŽELATINY .....	21
2.1.1 Produkční proces želatiny.....	21
2.2 ŽELATINA Z VEDLEJŠÍCH DRŮBEŽÍCH PRODUKTŮ .....	22
2.2.1 Kuřecí nožky.....	22
2.2.2 Rezidua z kuřecího odkost'ovače.....	24
2.2.3 Kuřecí kůže.....	25
2.2.4 Drůbeží hlavy.....	26
2.2.5 Kachní nožky .....	28
2.3 ŽELATINA Z VEDLEJŠÍCH RYBÍCH PRODUKTŮ .....	29
2.4 VLASTNOSTI A APLIKACE ŽELATINY .....	31
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>	<b>33</b>
<b>3 CÍLE PRÁCE .....</b>	<b>34</b>
<b>4 MATERIÁLY A METODY.....</b>	<b>35</b>
4.1 KUŘECÍ BĚHÁKY .....	35
4.2 PŘÍSTROJE, POMŮCKY, CHEMIKÁLIE .....	35
4.3 METODIKA PRÁCE .....	35
4.4 ANALYTICKÉ METODY .....	36
4.4.1 Stanovení sušiny .....	36
4.4.2 Stanovení zbytkového tuku .....	37
4.4.3 Stanovení pevnosti gelu.....	37
4.4.4 Stanovení obsahu popelovin.....	38
4.4.5 Stanovení hodnoty pH.....	38
4.4.6 Stanovení kinematické viskozity.....	38
4.4.7 Výpočet bilanční chyby .....	38



4.5	POSTUP PRÁCE .....	39
4.5.1	Odstranění nekolagenních bílkovin .....	40
4.5.2	Odtučnění .....	40
4.5.3	Opracování enzymem.....	40
4.5.4	Extrakce želatiny.....	41
<b>5</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE .....</b>	<b>42</b>
5.1	ZÁKLADNÍ ČÁST .....	42
5.1.1	Množství vyextrahované želatiny .....	44
5.1.2	Pevnost želatinových gelů .....	47
5.2	OPTIMALIZAČNÍ ČÁST .....	50
5.2.1	Množství vyextrahované želatiny.....	52
5.2.2	Pevnost želatinových gelů .....	55
5.3	ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PRÁCE .....	58
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>60</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>62</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>68</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>69</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>71</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>72</b>

## ÚVOD

Želatina má v dnešní době široké uplatnění v mnoha průmyslových odvětvích, ať už je to potravinářství, kosmetika, farmacie nebo fotografický průmysl. Používá se např. také při výrobě papíru nebo plastů. Nejčastěji se s želatinou můžeme setkat jako součástí cukrárenských produktů nebo masných výrobků, ale můžeme ji také nalézt v potazích léčivých přípravků či v krémech na ošetření pokožky.

Tradičními zdroji želatiny jsou hovězí či vepřová kůže. Želatinu je ale možné rovněž získávat i z alternativních zdrojů, jako např. rybí šupiny a dobytčí šlachy nebo kosti.

V moderním průmyslu vyspělých zemí se stále více uplatňuje proces minimalizace a recyklace odpadů. Motivací je maximální zisk i ekologické aspekty, neboť recyklace je součástí přirozeného světa.

Mezi průmyslová odvětví, která generují stále ohromné množství nevyužitých odpadů, patří určitě maso-zpracující průmysl. To ale tak úplně neplatí u zpracování dobytka, protože kůže se dále zpracovávají na výrobu usní a také želatiny. V případě vedlejších produktů při zpracování drůbeže, jako jsou kosti nebo nožky se tento odpad bez užitku vyhazuje. Tomuto zbytečnému plýtvání se lze vyhnout, jelikož je možné tento odpad využít jako surovinu pro výrobu želatiny a právě procesem získávání želatiny z takových vedlejších produktů se zabývá tato diplomová práce.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 VEDLEJŠÍ PRODUKTY MASO-ZPRACUJÍCÍHO PRŮMYSLU

Zvířata jsou chována a porážena, aby poskytla výživné masité jídlo lidem a bez tohoto zužitkování by něco málo z toho, co považujeme za "masová" zvířata nechal Homo sapiens existovat s výjimkou příkladů druhů jen v zoologických zahradách. Když ekonomika státu roste, dochází obvykle ke změně diety a výživy směrem k lepší chuti a dobrému vyvážení proteinů z živočišných zdrojů. Se všemi přirozenými výhodami stravy z živočišných zdrojů stále zůstává velký objem tzv. vedlejších produktů, často přes 40 %, které mohou mít poněkud neobvyklé fyzikálně-chemické vlastnosti. Je důležité, aby živočišné vedlejší produkty byly zužitkovány, a mohl tak tento průmysl zůstat konkurenceschopný s rostlinnými zdroji bílkovin. [1]

Všechny materiály, které produkuje maso-zpracující průmysl, a nejsou vhodné pro lidskou spotřebu, se nazývají živočišné vedlejší produkty. Tyto produkty jsou významné zdroje infekcí a hrají důležitou roli při přenosu infekčních patogenů. Tyto materiály by tedy měly být využity nebo dekontaminovány, aniž by ohrozily životní prostředí a zdraví lidí i zvířat. Také musí být zajištěno, aby tyto vedlejší produkty neskončily v potravním řetězci. Za účelem dosažení těchto cílů je rozlišení a upotřebení živočišných vedlejších produktů v Evropě řízeno předpisy 1069/2009 a 142/2011 EU. Předmětem těchto nařízení jsou hygienické podmínky a epidemické opatření pro sběr, transport, skladování, manipulaci, použití a eliminaci živočišných vedlejších produktů. Živočišné produkty jsou rozděleny do tří skupin s ohledem na původ a epidemiologické riziko pro člověka a zvířata. Striktní opatření odpadového managementu jsou nezbytná pro ochranu prostředí a klimatu, stejně tak jako lidského zdraví a přírodních zdrojů. [2]

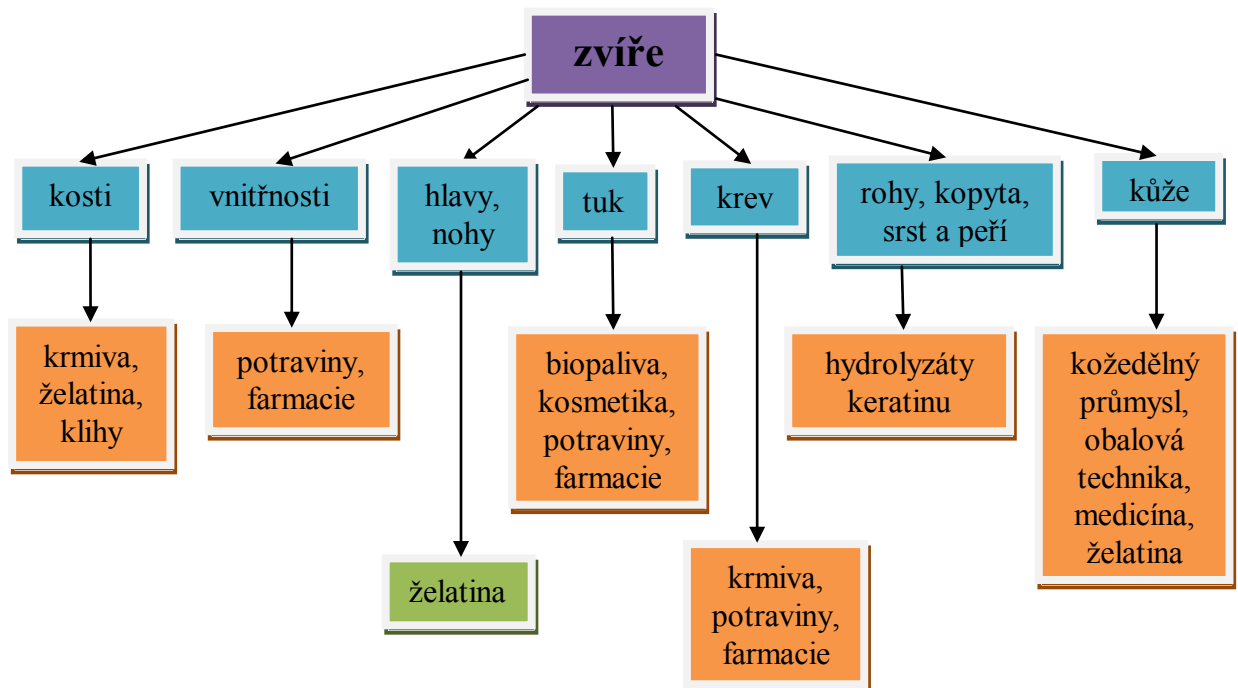
Organický odpad z lidského potravního řetězce obsahuje produkty cíleně odvozené z potravinářského průmyslu a lze je upravit pro lidskou spotřebu podle legislativy Evropské společnosti. Navzdory vysoké kvalitě surovin používaných v produkci potravin, vedlejší produkty budou mikrobiologicky ovlivněny během zpracování i poté a v současnosti existuje několik ekonomických způsobů jejich využití. Více než polovina živočišných vedlejších produktů není vhodných pro běžnou spotřebu, díky jejich nevyhovujícím fyzikálním, chemickým a mikrobiologickým vlastnostem. [3]

## 1.1 Odpady potravinářského průmyslu

Odhaduje se, že je ročně produkováno 20 až 100 milionů tun odpadů na celém světě. V EU produkuje rybí 5,2 milionů tun a maso-zpracující průmysl 16,5 milionů tun odpadů. V současnosti průmysl v EU ztrácí značné množství potenciální sekundární suroviny a skládkování, produkce krmiv, nebo spalování se zdají být přijatelnějším řešením. Aktuální použití vedlejších produktů jako hnojivo nebo surovina pro výrobu krmiv nemusí být úplně efektivní vzhledem k vysokým cenám produkce. [4]

Maso-zpracující průmysl generuje velký objem vedlejších produktů, jako jsou krev, kosti, odřezky z masa, kůže, tuková tkáň, rohy, kopyta, nohy, vnitřnosti a další produkty, jak je znázorněno na obr. č. 1 na další straně. Ekologická likvidace těchto odpadů je velmi nákladná. Tyto náklady lze vyvážit přidáním hodnoty těmto produktům, čímž vzroste jejich rentabilita. Určité vedlejší produkty mohou být považovány za potraviny v závislosti na zemi a místních tradicích, zatímco jinde jsou pokládány za nepoživatelné. Některé vedlejší produkty s vysokou nutriční hodnotou jako krev, játra, plíce, srdce, ledviny, mozek, slezina a střeva jsou základem diet a kulinářských receptů v mnoha zemích. Existuje velké množství vedlejších produktů obsahujících množství živin, jako jsou esenciální aminokyseliny, minerály a vitamíny, které představují příležitost pro ekonomické zhodnocení těchto surovin. Z masových vedlejších produktů se získávají např. potravinové ingredience, krmivo pro hospodářská zvířata a domácí mazlíčky, hnojiva, energie, léčiva, nebo chemikálie. Vedlejší produkty mohou být také surovinou pro výrobu biomolekul, jako jsou proteinové hydrolyzáty nebo enzymy, extrakty s funkčními vlastnostmi nebo bioaktivní peptidy. [5]

V USA má průmysl zpracovávající vedlejší produkty velký potenciál. Kůže a vlna pro výrobu oděvů a průmyslové využití, výroba mýdla a svíček, rozvoj klihu a želatiny, a to je jen zmínka některých aplikací. [1]



Obr. č. 1 – živočišné vedlejší produkty a některé možnosti jejich aplikací [5]

Využití a likvidace specifických odpadních produktů jsou komplikované z důvodu neadekvátní biologické stability, potenciální patogenní podstaty, vysokému obsahu vody, náchylností k rychlé autooxidaci a vysoké úrovni enzymatické aktivity. [6]

Hodnota vedlejších produktů musí vyrovnat náklady za porážku a generovat profit za porážecí operace. V roce 1984 Bengtsson a Holmquist navrhli, že asi 10 % příjmů z jatek by mohlo pocházet z vedlejších produktů. Později Bowater a Gustafson (1988) zvýšili podíl na 15 % a oznámili, že některé podniky měly příjem až 32,5 %. Kromě ekonomických zájmů má maso-zpracující průmysl i ekologické důvody k eliminaci odpadu jeho maximálním zužitkováním. [1]

### 1.1.1 Kostí

Více než milion tun odpadních kostí ročně vzniká z porážek savců v zemích EU, a více než 7 milionů tun ročně je generováno celosvětově. Kostí tvoří 11 % hmotnosti u vepřových, 15 % u hovězích a 16 % u jehněčích poražených zvířat. Tyto hodnoty se zvýší, pokud zahrnují maso, které přiléhá ke kostem. Morek uvnitř některých kostí tvoří 4 až 6 % mrtvé váhy a lze jej použít jako potravinu. Kostí se po staletí používají do polévek a na výrobu želatiny. V současnosti je velké úsilí věnováno získání většího podílu masa pomocí nových technik.

V mnoha zemích je schváleno pro použití v masných produktech mechanicky separované maso, ale množství tohoto masa bývá regulováno. [3] [6]

Masokostní moučka se již nepoužívá kvůli problémům s mikrobiologickou bezpečností. Může obsahovat nebezpečné patogeny, takže ji nelze použít jako umělé hnojivo, protože běžné tepelné ošetření pod tlakem (300 kPa, 133 °C, 20 min) nemusí být dostačující ke garanci mikrobiologické sterility produktu. I když je vedlejší produkt řádně inaktivován, stále bude optimálním nutričním substrátem pro patogenní mikroby. Ohrožení veřejného zdraví představuje *salmonella*, *shigellysp.*, *campylobacter*, *escherichia coli*, *mycobacteriumbovisa* a řada dalších mikroorganismů. Pro bezpečnou inaktivaci je nutná teplota 850 °C (EC 1774/2000). [3]

### 1.1.2 Krev

Krev má vysoký obsah proteinů a železa, dobrý poměr aminokyselin a je významným jedlým vedlejším produktem. Krev ze zdravých zvířat je obvykle sterilní a tvoří 2,4 až 8 % živé váhy zvířete. Průměrně lze získat 3,5 % vepřové, hovězí nebo jehněčí krve, ale finální produkt je tmavé barvy a méně akceptovatelný. Existují ale různé způsoby odbarvení krve. Typická hovězí krev obsahuje 81 % vody, 17 % proteinů, 0,2 % tuků, 0,07 % sacharidů a 0,6 % minerálů. Sražené sloučeniny krevní plazmy se používají jako pojivo, nebo jako modifikátor tvrdosti a pružnosti při výrobě masových produktů. Krev se používá v potravinách např. jako emulzifikátor, stabilizátor, čiřidlo, barvicí přísada, gelační a pěnotvorné činidlo či jako nutriční složka. Většina krve je použita na krmiva pro dobytek při produkci krevní moučky. Další aplikací mohou být medicínské a farmaceutické produkty. [6] [7] [8]

Světový maso-zpracovatelský průmysl generuje potenciální znečištění  $1,7 \times 10^6$  tun/rok BSK (biochemická spotřeba kyslíku) způsobným jenom krví, což je ekvivalent znečištění organickou odpadní vodou způsobeného 11 000 000 lidmi. Např. v Mexiku jen 15 % odpadní krve se využívá jako krmivo. Zbývající krev je zlikvidována městskou stokou nebo skládkována, a to způsobuje nepříjemné environmentální problémy. V Mexiku bylo v roce 1995 poraženo 6 118 000 dobytka, které generovalo 91 770 000 litrů krve. Tato krev představuje BSK  $7,74 \times 10^4$  tun. Využití odpadní krve je možným řešením tohoto problému. [7]

### 1.1.3 Kůže

Zvířecí kůže se v prehistorickém období používaly pro přístřeší, oblečení a jako nádoby pro lidskou potřebu. Kůže představují 4 – 11 % živé váhy zvířete, např. u dobytka 5 – 8 %, u ovcí 11 % a u vepřů 3 – 8 %. Obecně se jedná o jeden z nejcennějších vedlejších produktů. Kvalita kůží je obvykle dána obsahem solí a také vlhkosti, která by měla být v rozmezí od 40 do 48 %. Z vepřových, hovězích a ovčích kůží se vyrábí např. obuv, kabelky, biče, atletické vybavení, obaly uzenin, kosmetické produkty, nebo želatina či klih. Produkty z kolagenu extrahovaného z kůže mohou stimulovat srážení krve během operace. Vepřová kůže se podobá lidské a lze ji použít na krytí popálenin nebo vředů a také na transplantace kůže. [6]

### 1.1.4 Vnitřnosti

Zvířecí orgány a žlázy nabízí širokou rozmanitost chutí a struktur, a často poskytují vysokou nutriční hodnotu. Jsou vysoce ceněné jako potraviny v mnoha částech světa, zejména v jihovýchodní Asii. Využívají se např. mozek, srdce, ledviny, játra, plíce či slezina. Patří sem také jazyk, hovězí slinivka a vemen, vepřový žaludek a děloha, bachor, reticulum, omasum a absomasum ovcí a dobytka, varle a brzlík ovcí a prasat. Vnitřnosti se tradičně využívají v medicíně v mnoha zemích, např. v Číně, Japonsku a Indii. [6]

### 1.1.5 Tuk

Zvířecí tuk je také významným vedlejším produktem. Hlavním jedlým tukem je lůj a sádlo. Sádlo je tuk získaný z tkání zdravých vepřů. Lůj je tvrdý tuk získaný z tučných tkání dobytka nebo ovcí. Sádlo a jedlý lůj se získávají suchým nebo mokřým způsobem, který poskytuje lepší kvalitu, vzhledem k nízké teplotě procesu. Tradičně se sádlo a lůj používá při přípravě pokrmů, avšak význam tuků klesá, vzhledem ke zdravotním obavám konzumentů. Také se používají pro výrobu margarínů a ztužených tuků. Sádlo se rovněž používá jako přísada v uzeninách nebo emulzifikovaných produktech. [6]



## 1.2 Vedlejší produkty ze zpracování drůbeže a některé aplikace

Vedlejší produkty průmyslu zpracujícího drůbež jsou neodmyslitelně jedlá tkáň a kosti, krev, tuk, vnitřnosti, skořápky a další, jak je znázorněno v tabulce č. 1. Drůbeží podestýlka je považována za vedlejší produkt z produkční fáze průmyslu. Při mechanické separaci masa a kostí vzniká velké množství drůbežích zbytků, které průměrně obsahují 17 % proteinů, zejména kolagenu a 13 % tuku. Podle potravinářské a zemědělské organizace roste celková spotřeba drůbežího masa ročně o 3,6 % (FAO 2012). Mezi roky 2000 až 2009 vzrostla spotřeba kuřecího masa na osobu z 30 kg na 38 kg. V roce 2010 bylo celosvětově spotřebováno asi 78 milionů tun drůbežího masa. Odhadem asi 22 až 30 % z celkové drůbeží produkce tvoří odpadní produkty. Ve vyspělých zemích jsou tyto produkty použity na krmiva pro zvířata nebo kompostována pro různé zemědělské účely, zatímco v rozvojových zemích jsou bohužel běžně skládkována. Odpadní produkty ze zpracování drůbeže a produkce vajec musí být konkurenceschopné, jelikož růst tohoto průmyslu závisí do značné míry i na odpadovém hospodářství. Renderovací procesy jsou procesy použité ke konverzi vedlejších produktů na tržní produkty, včetně jedlých a nejedlých tuků a proteinů pro zemědělské a průmyslové využití. Potravinářský tuk je příklad jedlých renderovacích produktů. Nejedlé produkty jsou krmivářský tuk, moučka z masa, peří a krve. Příkladem využití odpadních drůbežích produktů je jejich začlenění jako náhrada tuku ve skopových nugetách bez ztráty požadovaných sensorických vlastností. [1] [6] [9] [10]

Tabulka č. 1 – vedlejší produkty drůbežího průmyslu a jejich potenciální použití [6]

Typ produktu	≈ % živé váhy	Použití
podestýlka a hnůj	*	recyklované krmivo, hnojivo
vedlejší produkty líhně: vaječné skořápky, nevylihnutá vejce a mrtvá a vyřazená kuřata	*	moučka z vedlejších produktů líhně přidaná v množství 3 – 5 % do krmiva, moučka ze skořápek pro krmivo s vysokým obsahem vápníku
peří	7,5	lůžkoviny, dekorace, sportovní vybavení, hnojivo, moučka z peří
hlavy	2,5	drůbeží moučka
krev	3,5	krevní moučka
druhý žaludek a předžaludek	3,5	potravina, zdroj chitinolytického enzymu
nožky	3,5	polévka, technický tuk, drůbeží mazivo
střeva a žlázy	8,5	masová moučka, drůbeží mazivo, hormony, enzymy

\*nelze přesně specifikovat

Moderní chov drůbeže je popsán v příloze č. I.

Podle ročenky ministerstva zemědělství USA bylo v roce 2016 poraženo celkem 8,909,014,000 kusů kuřat, 232,389,000 kusů krocanů a 27,749,000 kusů kachen. Celková živá hmotnost kuřat byla 24,5 milionů tun, krocanů 3,2 milionů tun, kachen 86200 tun a 1700 tun ostatní drůbeže, což je celkem 27,8 milionů tun. [11]

Drůbeží maso představuje 5,5 % z celkové zemědělské produkce a 12,7 % z produkce maso-zpracujícího průmyslu v EU. EU v roce 2014 produkovala 13 milionů tun drůbežího masa, o 9 % více než v roce 2007. Největšími producenty jsou Polsko (13,9 %) a Francie (12,9 %), následované Velkou Británií (12,6 %) a Německem (11,8 %). Nejvíce je zastoupeno kuřecí maso (79,8 %), dále krůtí (14,8 %) a kachní představuje jen 3,6 % z celkové produkce drůbežího masa. [12]

### 1.2.1 Výroba krmiv

Jedno z tradičních využití vedlejších maso-zpracujících produktů je jejich začlenění jako přísada do krmiv hospodářských zvířat a domácích mazlíčků. Tyto materiály poskytují stravu s adekvátní nutriční hodnotou a dobrou stravitelností. Masová, kostní a krevní moučka, mletá plazma, moučka z hydrolyzátu peří, lůj nebo sádlo obsahují proteiny, tuky, minerály a stopové prvky, stejně jako vitamíny B a některé vitamíny rozpustné v tucích, které jsou důležité pro výživu zvířat. [8]

Krmivářský průmysl je silně závislý na zdrojích proteinů z vedlejších produktů maso-zpracujícího a drůbežího průmyslu a např. v USA má tržní hodnotu 25 miliard dolarů s ročním růstem 5 %. V USA více než 30 % domácností chová psy nebo kočky jako domácí mazlíčky.

Ačkoli krmivářský průmysl má široký výběr proteinových zdrojů živočišného původu, současné problémy hovězího průmyslu vzhledem k nemoci šílených krav (BSE) přiměla tento průmysl využívat jiných zdrojů z masných vedlejších produktů jako vepřové nebo kuřecí maso. [13]

### 1.2.2 Výroba klišu

Téměř dvě třetiny lepidel produkovaných ročně v USA je vyrobeno z neobnovitelných zdrojů ropného původu. Adheziva z přírodních zdrojů přináší zisk 500 milionů dolarů ročně a

tvoří 5 % trhu s adhezivy. Klih produkovaný z utracené drůbeže je testován jako alternativa adheziv založených na sóji. Téměř 144 milionů slepic musí být každý rok vyřazeno z hejna a bylo by tedy výhodné zabývat se jejich využitím.

V roce 2012 Ph.D. Wu Jianping a Chan Chan Wang vyvinuli techniku přeměny tkáně utracených slepic na klih. Během procesu byla tkáň ošetřena kyselou nebo bazickou úpravou, poté odstředěna a míchána. Wu porovnal dvě metody, jednu s použitím močoviny a druhou s použitím 3% dodecylsulfátu sodného. Hlavním problémem adheziv založených na proteinech je pokles pevnosti za vlhka, ovšem adheziva lze použít na interní nábytkové aplikace. Dalším řešením je kombinace adheziv založených na ropě a na utracených slepicích k dosažení produktu, který je více voděodolný než klih vyrobený ze slepic a ekologičtější, než adheziva ropného původu. [14]

### 1.2.3 Energetické využití

Jedna z reálných voleb ustanovených jako priorita EU je nahrazení fosilních paliv biomasou. Mezi dostupnou biomasou jsou speciálním typem odpadů vedlejší produkty z potravinářského průmyslu. Tento materiál může obsahovat patogenní mikroorganismy. Z tohoto důvodu většina farem chovajících drůbež má zařízení, kde probíhá rozdělení těchto materiálů za účelem vyhnout se rozšiřování nebezpečné infekce. Bohužel přetvářecí proces (i když s tlakovou a tepelnou úpravou nařízený rozhodnutím EU 90/667) nepřináší produkty zcela bez patogenů. V prosinci 2000 ministerstvo zemědělství EU zakázalo úplně MBM (masokostní moučka) včetně vepřových a drůbežích krmiv z ledna 2001. Podle provedené studie spálení MBM znamená zanedbatelné riziko pro člověka. Je to jediné přijatelné řešení, protože biologické metody, stejně jako skládkování, nemusí zlikvidovat všechny potenciální BSE patogeny.

Podle výsledků studie Bianchiho a kol. je obnova energie z vedlejších odpadů drůbežního průmyslu výhodná, pokud zneškodňování těchto odpadů zahrnuje náklady na udržení. Především v produkci elektrické energie může být výnosnou investicí zvláště v deregulovaném trhu z energií. IFGT (nepřímo zapalovaná parní turbína) představuje nejlepší využití a i když potřebuje k efektivnímu provozu fosilní paliva, může být velmi konkurenceschopná. Důležité je, že volba účinné IFGT velikosti je extrémně citlivá k aktuální ceně elektrické energie a zemního plynu. V závislosti na těchto parametrech nejlepší velikost může být ta nejmenší (kolem 10 MW, bez použití paliva) pokud je cena energie 0,06 dolarů za kWh, nebo větší

(až 50 MW i více, s využitím moučky a paliva) pokud cena energie roste, nebo cena zemního plynu klesá. [15]

Shih (1993) vyvinul efektivní termofilní anaerobní digestivní systém, který konvertuje hnůj na metan jako zdroj energie. Bakterie rozkládající peří, *Bacilluslicheniformis*, fermentuje a konvertuje peří na hydrolyzát peří, který je použitelný jako zdroj proteinů při přípravě krmiv. Bakterie produkuje enzym keratinázu, což je proteináza hydrolyzující proteiny kolagen, elastin a keratin, které se nacházejí např. v kůži nebo v peří. [6]

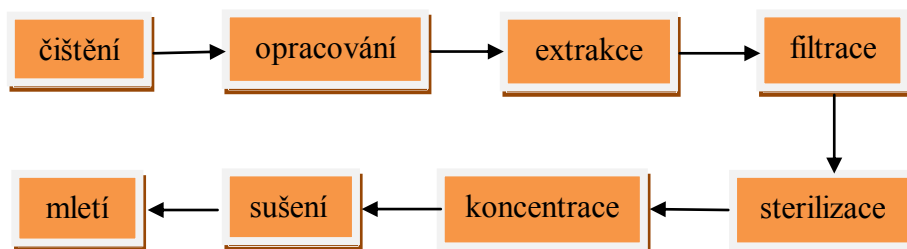
## 2 ŽELATINA

Želatina je jeden z nejvíce univerzálních biopolymerů. Tato skutečnost se rovněž odráží v obrovské celosvětové roční produkci želatiny (326 000 tun v roce 2009). Desetiletí výzkumu a vývoje leží za použitím želatiny v potravinářství, cukrářství, technice, farmacii/zdravotnictví či kosmetice. Želatina je odvozena z proteinu zvaného kolagen procesem, při kterém dojde ke štěpení polypeptidového řetězce. Název želatina pochází z latinského slova "gelata", které popisuje její nejcharakterističtější vlastnost, tj. schopnost tvořit gel ve vodě. Kolagen je hlavní složka všech vláknitých pojivových tkání vyskytujících se v tělech zvířat jako jsou chrupavky, šlachy, pochvy obklopující svaly a svalová vlákna, kůže a ossein (proteinová matrice kostí). Kolagen je nerozpustný ve vodě, ale želatina je ve vodě snadno rozpustná při teplotě denaturace nativního kolagenu. [16]

### 2.1 Tradiční a alternativní zdroje želatiny

Nejhojnějšími zdroji želatiny jsou vepřové kůže (46 %), hovězí kůže (29 %) a vepřové a dobytčí kosti (23 %). Rybí želatina čítala méně než 1,5 % z celkové produkce želatiny v roce 2007, ale toto procento bylo dvojnásobné oproti roku 2002, naznačující, že želatina z jiných než savčích zdrojů nabývá na významu. Vedlejší produkty zpracování drůbeže jsou také rostoucím zdrojem hodnotných produktů založených na kolagenu. Vědecká literatura zabývající se alternativními zdroji želatiny zažívá rozmach v posledních 15 letech, zejména kvůli rostoucímu zájmu ekonomického zhodnocení vedlejších produktů z masného a rybího průmyslu, ekologickému managementu průmyslových odpadů a hledání inovativních procesních podmínek, stejně tak jako potenciálně nových aplikací. [17]

#### 2.1.1 Produkční proces želatiny



Obr. č. 2 – blokové schéma produkčního procesu želatiny

Příprava želatiny je znázorněna na obr. č. 2 na předcházející straně a zahrnuje čištění zdrojových tkání s následným opracováním, extrakcí, filtrací, čištěním, sterilizací, koncentrací, sušením a mletím. Kostí jsou zpracovávány poněkud odlišně: po praní, drcení a opětovném praní následuje odtučnění, po kterém jsou pomleté šupinky z kostí vystaveny kyselému prostředí (obvykle 4 – 7% HCl) minimálně po dobu 2 dnů.

Kyselým opracováním se získává želatina typu A. Surovina je ponořena do studené zředěné minerální kyseliny (pH 1,5 až 3) po dobu 8 až 30 h. Poté je opláchnuta a neutralizována. Želatina typu B se získává alkalickým opracováním. Nejpoužívanější alkalické činidlo je  $\text{Ca}_2\text{OH}$ . Teplota je pod 24 °C a směsí je intervalově mícháno. Proces trvá 20 dnů až 6 měsíců. Nakonec je materiál opláchnut a neutralizován. Extrakčního pH je dosaženo pomocí HCl. Provádí se série extrakcí při zvyšující se teplotě od 55 do 100 °C. Želatina vysoké kvality se získá při nízké teplotě. Následuje separace nerozpustných částic a tuků filtrací. Během kondicionování a neutralizace dojde ke zvýšení obsahu minerálních látek v želatinovém roztoku a proto je nutná deionizace. Koncentrování běžně probíhá ve vícestupňovém vakuovém systému. Dalším krokem je sterilizace, která zajistí vysoký stupeň mikrobiologické nezávadnosti. Následuje ochlazení, extruze, vysušení na 10 až 12% obsah vody a mletí. [16] [18]

Za poslední dekádu vznikl velký počet studií zabývajících se enzymatickou hydrolyzou kolagenu nebo želatiny pro produkci bioaktivních peptidů. Pepsin nebo etylendiamin byly použity pro extrakci kolagenu z kuřecích kůží s výtěžkem 39 % pro pepsin a 25 % pro etylendiamin. Pepsin byl navrhnut pro extrakci kolagenu z kuřecích hrudních chrupavek, které jsou také významným vedlejším produktem drůbežního průmyslu. [17]

## 2.2 Želatina z vedlejších drůbežích produktů

### 2.2.1 Kuřecí nožky

Pro studii Almeida a kol. byly použity kuřecí nožky, které byly opláchnuty, zbaveny drápků a opracovány ve vodě při teplotě 120 °C po dobu 20 min. Následovalo tepelné opracování, filtrace, chlazení, odstranění tuku, chlazení, přidavek aditiv, chlazení a skladování. Výsledný tekutý podíl obsahující kolagen, tuk a vodu byl separován, odfiltrován, a ochlazen na pokojovou teplotu. Po ochlazení byla odstraněna horní vrstva tuku. Směs 500 ml kolagenu a vody byla zahřívána společně s 200 g cukru a přísad. Výtěžek kolagenu byl 36 %. Závěreč-

né úvahy: cena suroviny je bezvýznamná, 1 tuna stojí jen 1 US dolar (MFRURAL 2010). Rostou zisky drůbežního průmyslu. Tento produkt je na rozdíl od želatiny vepřové nebo hovězí akceptován u muslimských a židovských komunit. Z tržního hlediska zmínka, že produkt má kuřecí původ, znamená lepší přijatelnost u spotřebitelů. Kuřecí želatina také nemá významné rozdíly oproti komerční želatině, co se týká chuti nebo struktury. [19]

V další studii Almeidy a Lannese měla surovina následující obsah popelovin: celek: 6 %, nárt: 12,3 %, tlapky: 6,4 %, kůže a šlachy: 1,9 %. Nejvyšší obsah byl u nártu díky velkému množství vápníku a jiným solím přítomným v kostech a nejnižší v kůži a šlachách vzhledem k absenci kostí. Podle normy určené Národní agenturou hygienické kontroly (1995) maximální obsah popelovin v želatině nesmí překročit 2 %, takže jenom v případě kůži a šlach jsou splněny tyto podmínky. 200g kuřecích běháků bylo nařezáno na kousky a máčeno po dobu 16 h v 4% kyselině octové, která je nejpoužívanějším rozpouštědlem při extrakci kolagenu. Potom byly nožky opláchnuty a proběhla extrakce v destilované vodě v poměru 1:2 po dobu 6 h při 55 °C. Tekutá část byla separována a extrahovaný roztok přefiltrován. Filtrát byl vysušen při 50 °C po dobu 13 h. Výsledným produktem byly plátky želatiny. [27]

Výtěžek želatiny z různých částí testu s kuřecími nožkami: celek: 6,3 %, nárt: 6 %, tlapky: 7,4 %, kůže a šlachy: 7,8 %. Cheng a kol. (2009) použil různé kyseliny při opracování kuřecích nožek a zjistil tyto výtěžky: HCl (5,6 %), kyselina octová (7,3 %) a kyselina mléčná (8,3 %). [20] Podle Jamilaha a Harvintera (2002) nižší výtěžek může být zaviněn nekompletní hydrolyzou kolagenu. [21] Podle Tavakolipoura (2011) optimální teplota extrakce je od 50 do 70 °C. [22] Přibližné složení želatiny získané z kůže a šlach kuřecích nožek: vlhkost: 10,4 %, popel: 1,9 %, tuk: 2,7 % a protein: 85 %. Podle Buena a kol. (2011) obsahuje vepřová želatina 0,3 % popelovin [23], a podle Sarbona a kol. (2013) obsahuje hovězí želatina 1,1 % popelovin. [24] Obsah proteinů v želatině původem z kuřecí kůže a šlach z kuřecích běháků byl mezi hodnotami hovězí a vepřové želatiny. pH želatinového roztoku mělo hodnotu 5,5. Velmi podobné výsledky zjistil Norziah a kol. (2009) u komerční hovězí želatiny (5,9). [25] Pevnost gelu byla stanovena na 295 Bloom. Podle Sarbona a kol. (2013) měla hovězí želatina pevnost gelu 229 Bloom a kuřecí kožní želatina 335 Bloom. [24] Vysoké hodnoty byly zjištěny pro želatinu extrahovanou z kuřecích kostí, v rozmezí od 320 do 550 Bloom (Rafieian a kol. 2013). [26] Nejvyšší výtěžek kolagenního materiálu (7,8 %) a nejnižší obsah popelovin (1,9 %) byl zjištěn v kůži a šlachách z kuřecích běháků. Výsledky ukázaly, že želatina extrahovaná z kůže a šlach z kuřecích běháků vykazuje dobré fyzikálně-

chemické vlastnosti a může být možným alternativním zdrojem pro široký rozsah aplikací. [27]

### 2.2.2 Rezidua z kuřecího odkostovače

V další studii provedené Rafieianem a kol., byly použity zbytky z kuřecího odkostovače (ZKO), které jsou hlavním vedlejším produktem maso-zpracujícího průmyslu a mohou být rovněž cenným zdrojem želatiny. Vysušené a odtučněné vzorky byly opláchnuty běžnou vodou. Rozpustné proteiny byly extrahovány 1% roztokem NaCl v poměru 1:4. pH bylo upraveno pomocí 1 N NaOH na 10,5 – 10,7. Směs byla míchána po dobu 30 min při pokojové teplotě s úpravou pH každých 8 – 10 min a poté přefiltrována. Reziduum bylo máčeno v různých koncentracích HCl (3,5 a 7 %) v poměru reziduum/roztok 1:2 (w/v) po dobu 24 h při 25 °C. Zbytek byl odseparován a opláchnut vodou, dokud pH nebylo neutrální, nebo mírně kyselé. Zbotnalý materiál byl máčen v destilované vodě v poměru 1:3 (w/v) a finální extrakce byla provedena ve vodní lázni při teplotách 60, 70 a 80 °C a době 4, 7 a 10 h za neustálého míchání. Výsledná směs byla přefiltrována, extrakt demineralizován iontovou výměnou a znovu přefiltrován. Vzorek byl vysušen při teplotě 40 – 42 °C do 15% obsahu vlhkosti. [28]

Obsah popela v připravené želatině byl 2,6 %. Hodnota pH želatiny (4,8) byla značně nižší než běžné želatiny (5,9). Izoelektrický bod (pI) byl u připravené želatiny 7,6 v porovnání s běžnou želatinou (5,1). Podle Aewsiriho a kol. (2008) želatina typu A má pI v rozsahu 6 až 9, zatímco alkalicky produkovaná želatina typu B má pI v rozsahu 4,8 až 5,4. [29] Pevnost gelu byla u připravené želatiny 520 Bloom, což je vyšší než u komerční želatiny (290 Bloom). Viskozita ZKO želatiny byla 55,5 mPa.s. Schopnost vázat vodu, která je důležitá v potravinových aplikacích ( $859 \pm 60 \text{ g}/100 \text{ g}$ ) byla vyšší, ale ne statisticky významná oproti komerční želatině ( $816,7 \pm 16,5 \text{ g}/100 \text{ g}$ ). Schopnost vázat tuk je funkční vlastnost, která je úzce spjata s texturou a jinými vlastnostmi přes interakci mezi olejem a dalšími složkami. Připravená želatina měla nižší tuk vázací kapacitu ( $67,3 \pm 8 \text{ g oleje}/100 \text{ g}$ ) než komerční želatina ( $123 \text{ g} \pm 7,5 \text{ g oleje}/100 \text{ g}$ ). Pěnotvorné vlastnosti vyžadují velký mezifázový prostor, který umožňuje začlenění vzduchu do tekuté fáze, byly lepší než u běžné želatiny. Stabilita pěny byla značně nižší u komerční želatiny v porovnání s připravenou želatinou. Celkové množství iminokyselin bylo u ZKO želatiny 218 mg/g a bylo vyšší, než u běžné komerční želatiny (190 mg/g). Obsah prolinu v kuřecí želatině (120,7 mg/g) byl vyšší, než u komerční



želatiny (115,1 mg/g). Obsah hydroxyprolinu byl rovněž vyšší u připravené želatiny (97,1 mg/g) oproti komerční želatině (74,7 mg/g). Želatina získaná ze zbytků z kuřecího odkosťovače v porovnání s komerční želatinou poskytuje vynikající vlastnosti a má potenciál jako alternativa savčí želatiny v rozmanitých aplikacích. [30]

### 2.2.3 Kuřecí kůže

Cílem studie vedené Sarbonem a kol., bylo připravit želatinu z kuřecí kůže a porovnat fyzikálně-chemické, tepelné a reologické vlastnosti želatiny s běžně dostupnou hovězí želatinou. Viditelný tuk z kuřecích kůží byl mechanicky odstraněn a kůže byla opláchnuta před skladováním při  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Zmrazené kuřecí kůže byly rozmrazeny, opláchnuty a nařezány na 2 až 3 cm kousky a lyofilizovány 4 až 5 dnů. Suché kousky kůže byly podrceny a odtučněny pomocí Soxhletovy metody (AOAC 2006). K odstranění nekolagenních bílkovin a pigmentů bylo 14 g kuřecí kůže smícháno s 200 ml roztokem 0,15% NaOH. Tato směs byla důkladně protřepána a pomalu míchána při pokojové teplotě po dobu 40 min a pak 10 min odstředována. Tento krok byl opakován třikrát. Materiál byl propláchnut destilovanou vodou a smíchán s 200 ml 0,15%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a s 200 ml 0,7% kyselinou citronovou. Směs byla znovu důkladně protřepána a pomalu míchána při pokojové teplotě po dobu 40 min a odstředěna po dobu 10 min. Kyselý roztok byl měněn každých 40 min ve třech cyklech. Materiál byl propláchnut v destilované vodě k odstranění zbytkové soli a následně odstředěn po dobu 15 min. Konečná extrakce byla provedena v destilované vodě při teplotě  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  přes noc bez míchání. Výsledná směs byla přefiltrována a deionizována iontoměniči. Hodnota pH byla upravena na hodnotu 6 pomocí 0,1 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Objem byl zredukován na 1/10 odpařením za vakua při  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  a vymrazen. [24]

Výtěžek želatiny extrahované z kuřecí kůže byl jen 16 %. Tento výsledek naznačil, že extrakční metoda využívající kyselé a alkalické postupy nemusí být optimální pro kuřecí kůži, pokud jde o výtěžek a zlepšení je možné v dalších studiích. Nižší výnos může být důsledkem ztráty extrahovaného kolagenu vyluhováním během série promývacích kroků, anebo v důsledku neúplné hydrolyzy kolagenu. Obsah bílkovin byl 80,8 %, vlhkosti 9,8 % a popela 0,4 %. Pevnost gelu byla značně vyšší (355 Bloom) v porovnání s želatinou hovězí (229 Bloom). Ve srovnání s dalšími alternativními zdroji, jako je rybí želatina vykazuje kuřecí želatina vyšší pevnost gelu, než želatina z tilapie (181 a 263 Bloom) Grossman a Bergman (1992) a z makrely (280 Bloom), (Jamilah a Harvinder, 2002). [31] [21] Jak se dalo očekávat, ob-

sah glycinu byl vysoký (33,7 %) u kuřecí, ale nižší než u hovězí želatiny (37,1 %). Obsah prolinu (13,4 %) a hydroxyprolinu (12,1 %) byl vyšší u kuřecí želatiny oproti hovězí želatině (12,7 % prolinu a 10,7 % hydroxyprolinu). Ačkoli teplota tání ( $T_m$ ) kuřecí želatiny (33,6 °C) byla vyšší, než želatiny hovězí (31,6 °C), nebyl rozdíl v teplotě gelace (24 °C) pro kuřecí i hovězí želatinu. [24]

Teploty gelace kuřecí a hovězí želatiny byly stanoveny při koncentraci 3, 5, 7 a 10 % (w/v). Kuřecí želatina vykazuje vyšší teploty gelace při všech koncentracích. Podobně, kuřecí želatina taje při vyšší teplotě, než hovězí želatina. Nižší  $T_m$  hovězí želatiny (26,1 °C) v porovnání s kuřecí želatinou (31,2 °C) indikuje, že stabilita struktury hovězí želatiny je slabší než kuřecí. Byl sledován vliv koncentrace na denaturační teplotu ( $T_d$ ) a změnu entalpie ( $\Delta H$ ) kuřecích a hovězích želatinových roztoků v koncentracích 3, 5, 7 a 10 % (w/v) v destilované vodě. Denaturační teploty želatiny mírně rostou s rostoucí koncentrací. Kuřecí želatina vykazuje značně vyšší hodnoty  $T_d$  oproti hovězí želatině. Nicméně, při koncentraci 10 % nebyl významný rozdíl v teplotě denaturace. Podobně  $\Delta H$  kuřecí želatiny byla vyšší, než hovězí želatiny při všech koncentracích. Výsledky ukazují, že hodnoty  $\Delta H$  želatiny rostou se zvyšující se koncentrací. Nebyl významný rozdíl v hodnotách  $\Delta H$  při koncentraci 3 a 5 % u hovězí želatiny. Výsledkem studie je zjištění, že želatina z kuřecí kůže z vedlejších produktů může být také alternativním zdrojem želatiny, jak ukazuje její podobné chemické složení vzhledem k hovězí želatině a lepší fyzikálně-chemické vlastnosti oproti želatině rybí. [24]

#### 2.2.4 Drůbeží hlavy

Drůbeží hlavy představují vhodnou surovinu pro výrobu želatiny pro vysoký obsah kolagenu. Během experimentu provedeného Duem a kol., byla želatina extrahována z kuřecích a krocaních hlav podle metody GME (Gelatin Manufacturers of Europe) s některými modifikacemi. Pomleté krocaní a kuřecí hlavy byly odděleně mixovány v destilované vodě v poměru 1:4 (w/v) po dobu 15 min při teplotě 4 °C a pak přefiltrovány. K odtučnění byl použit 0,015 M roztok  $\text{NaHCO}_3$  v poměru 1:4 (w/v). Materiál byl míchán po dobu 1 h a poté odstředěn po dobu 10 min při 4 °C. Tento krok byl opakován třikrát, dokud v kalu nezůstal žádný tuk. Nekolagenní proteiny a pigmenty byly odstraněny 0,1 M  $\text{NaOH}$  v poměru 1:10 (w/v) po dobu 6 h při 4 °C a alkalický roztok byl každé 2 h měněn. Vzorky byly opláchnuty v destilované vodě a smíchány s 0,05 M roztokem kyseliny octové v poměru 1:10 (w/v). Po míchání po dobu 18 h při 4 °C byly vzorky opláchnuty v destilované vodě. Želatina byla

extrahována při dvou různých teplotách. Vzorčky byly smíchány s destilovanou vodou v poměru 1:10 (w/v) a pH bylo nastaveno na hodnotu 7 pomocí 1 M NaOH. V prvním kroku byla želatina extrahována při 50 °C po dobu 18 h za stálého míchání. Rozpustná želatina byla oddělena filtrací. V druhém kroku byla želatina extrahována při 60 °C po dobu 6 h, odfiltrována a deionizována. Poté proběhla koncentrace želatiny za použití vakua při 50 °C a sprejové sušení. Výsledkem byly 4 typy vzorků želatiny. Vlastnosti jsou shrnuty níže v tabulce č. 2. [9]

Tabulka č. 2 – vlastnosti želatiny extrahované z drůbežích hlav [9]

Typ želatiny	Vlhkost [%]	Popel [%]	Protein [%]	Tuk [%]	Výtěžek [%]	Pevnost gelu [Bloom]
* A	9,7	0,05	88,7	0,5	31,2	247,9
* B	9	0,03	90,1	0,6	21,1	200,4
* C	8,6	0,06	90,3	0,2	38	368,4
* D	9,1	0,03	91	0,3	24,8	332,7

\*A (želatina z kuřecích hlav extrahovaná při 50 °C), B (želatina z kuřecích hlav extrahovaná při 60 °C), C (želatina z krocaních hlav extrahovaná při 50 °C) a D (želatina z krocaních hlav extrahovaná při 60 °C)

Výtěžek byl vyšší při teplotě 50 °C než při teplotě 60 °C. Obsah popelovin byl v rozsahu od 0,03 až 0,06 % a tuku bylo méně než 1 %. Obsah proteinu v krocaních hlavách byl vyšší, než v kuřecích a podobně byl obsah proteinu vyšší při extrakci při 60 °C než při 50 °C. Krocaní želatina měla vyšší hodnoty parametrů popisujících viskoelastické vlastnosti (zejména elastický modul) než kuřecí, přičemž želatina extrahovaná při 50 °C vykazovala lepší gelační vlastnosti, než želatina extrahovaná při 60 °C. Hodnoty pevnosti gelu byly srovnatelné s běžnou želatinou. Krocaní želatina má vyšší počet sesíťovaných molekul a hustější síť oproti kuřecí. Tato skutečnost může odhalit lepší gelotvorné vlastnosti krocaní želatiny. Struktura želatiny připravené při 50 °C vykazuje lepší uniformitu a menší velikost pórů, stejně jako těsnější zesíťování, než želatina připravená při 60 °C a výsledkem je lepší pevnost gelu. Nejvyšší rozpustnost pro typy připravených želatin A a B byla sledována při pH 4 a 10, zatímco typy C a D vykazovaly nejvyšší rozpustnost při pH 2 a 12. Nejnižší rozpustnost byla získána při pH 8, korespondující s izoelektrickým bodem. Krocaní želatina vykazovala lepší emulzifikační vlastnosti než kuřecí. Negativní efekt vzrůstající želatinové koncentrace na emulzifikační kapacitu byl mnohem více evidentní u kuřecí, než u krocaní želatiny. Podle této studie je emulzifikační stabilita lepší při vyšší koncentraci želatiny. Kro-

caní želatina měla značně vyšší expanzi pěny, než kuřecí želatina. Stabilita pěny vykazuje podobné trendy jako expanze pěny. Porovnání obou drůbežích zdrojů ukázalo, že želatina získaná z krocaních hlav má lepší reologické, texturální a funkční vlastnosti, než kuřecí želatina. Tuto želatinu lze považovat za alternativu savčí želatiny díky excelentním funkčním vlastnostem, avšak nízký výtěžek limituje její průmyslovou proveditelnost. [9]

### 2.2.5 Kachní nožky

Pro studii Hudy a kol. byly kachní nožky rozmrazeny při 6 °C po dobu 24 h, nakrájeny na malé kousky, drápky odstraněny a pomlety. Vzorek byl smíchán s 5% roztokem kyseliny mléčné v poměru 1:8 (w/v) a máčen při 4 – 7 °C po dobu 24 h. Horní vrstva tuku byla odstraněna. Roztok byl homogenizován po dobu 5 min a přefiltrován. Filtrát byl neutralizován 1 N NaOH a odstředěn po dobu 15 min při teplotě 10 °C. Kal byl odstraněn a sraženina byla lyofilizována vymrazením.

Želatina z kachních nožek měla nižší obsah proteinů (29,1 %) než běžná rybí (89,2 %) či hovězí (91,7 %). Obsah tuku (35,8 %) byl výrazně vyšší, než u ryb (0,13 %), či dobytka (0,07 %), což je způsobeno absencí odtučňovacího procesu. Obsah popelovin (28,6 %) byl také mnohem vyšší než u ryb (7,3 %) nebo krav (0,4 %), což souvisí s dobou máčení v kyselině mléčné. Obsah glycinu (20,5 %) byl nižší než u kuřat (27,8 %), (Liu a kol., 2001). [32] Obsah cystinu a methioninu byl nízký (1,8 %). Celkový obsah aminokyselin byl 42,5 mg/g. Výtěžek kachní želatiny byl 28,4 %, což je nižší hodnota než u kuřecí (30,7 %), (Liu a kol., 2001). [32] Kachní želatina měla nižší botnací schopnost (240,5 %) v porovnání s kuřecí (245,9 %) a byla mnohem světlejší než kuřecí želatina (Liu a kol. 2001). [32] Tato studie opět ukázala, že extrakce želatiny z kachních nožek je další cestou k upotřebení drůbežního odpadu. [33]

Ve studii Hyun-Wookema a kol., byl sledován vliv koncentrace želatiny získané z kachních nožek na vlastnosti masného výrobku z kachního masa. Kachní nožky byly máčeny v 0,1 N HCl při pokojové teplotě a poté neutralizovány vodou po dobu 48 h, dokud pH nebylo zvýšeno na hodnotu 5,5. Vzorek byl vakuově zabalen a ohříván ve vodní lázni při 75 °C po dobu 6 h. Extrakt byl přefiltrován a ochlazen na pokojovou teplotu. Vrchní vrstva tuku byla odstraněna a materiál byl vymrazen při teplotě -70 °C. Vlhkost připraveného želatinového prášku byla nižší než 10 %. Obsah vlhkosti masného výrobku klesal při přidávání kachní želatiny. Podle očekávání se zvyšoval obsah proteinu při zvyšování koncentrace želatiny a

obsah tuku a minerálů se významně neměnil. Zvýšení obsahu želatiny přispěje ke snížení světlosti. Pevnost masového gelu se významně zvyšuje při přidávání kachní želatiny. Bylo sledováno vysoké skóre celkové přijatelnosti masného výrobku z kachního masa s 5 % kachní želatiny a tato koncentrace byla stanovena jako optimální. Sensorická přijatelnost nebyla významně ovlivněna množstvím želatiny v masném výrobku. Kachní želatinu lze tedy použít jako vhodné pojivo masného výrobku z kachního masa pro zlepšení strukturní integrity bez negativního vlivu na sensorickou přijatelnost. [34]

Cílem studie Yeoa a kol., bylo zjistit vliv kachní želatiny jako náhrady tuku na fyzikálně-chemické vlastnosti, strukturu a sensorické vlastnosti nízkotučných párků. Kachní nožky byly máčeny v 0,1 N HCl 5 krát po dobu 24 h a neutralizovány běžnou vodou po dobu 24 h (pH 5,5, teplota 15 °C). Při extrakci byl poměr kachních nožek a vody 1:1 a směs byla zahřívána na 75 °C ve vodní lázni po dobu 2 h. Následovala filtrace a ochlazení na 4 °C. Náhrada tuku želatinou v párcích způsobí změnu barvy (zežloutnutí). Podle Hsu a a Suna (2006) redukce tuku má negativní vliv na strukturu a celkovou přijatelnost. [35] Dále byla u nízkotučných párků (20% obsah tuku) zjištěna vyšší tvrdost oproti běžným párkům. Podle Pereiry a kol. (2011) může být snížení koheze párků ovlivněno snížením obsahu proteinu a zvýšením úrovně vlhkosti. [36] Náhrada tuku želatinou zlepšuje strukturu a kohezi masové emulze zbotnáním vody a zvýší pevnost párků bez významného negativního vlivu na šťavnatost a aroma. Želatina z kachních nožek může být tedy vhodnou náhradou živočišného tuku v nízkotučných párcích. [37]

### 2.3 Želatina z vedlejších rybích produktů

V minulé dekádě vzrostl zájem o rybí i drůbeží želatinu. Rybí želatina je extrahována z kůží a kostí různých studenovodních (např. treska a losos) a teplovodních ryb (tuňák, sumec, tilápie, okoun a žralok). Gómez-Guillén a Montero (2001) provedli extrakci želatiny s vysokou gelační kapacitou z rybí kůže, která byla založena na mírně kyselé předúpravě pro nabotnění kolagenu, následovanou extrakcí ve vodě při 45 °C. Celý proces trval 24 h následovaný tepelným opracováním při teplotě nad 40 °C. [38] Haug a kol. (2004) vedl srovnávací studii reologických vlastností rybí a savčí želatiny a zjistil rozdíl v obsahu iminokyselin prolinu a hydroxyprolinu, které stabilizují gelovou síť. Výsledkem jsou nižší moduly a nižší teploty gelace a tání. [39] Funkční vlastnosti jsou také ovlivněny distribucí molekulární hmotnosti, strukturou a složením. Hodnoty pevnosti gelu rybí želatiny mohou být v širokém

rozsahu od 0 do 270 Bloom, kdežto hovězí nebo vepřová želatina má hodnotu kolem 220 Bloom, avšak želatina z kůže tuňáka může mít hodnotu až 420 Bloom. Některé druhy mořských ryb vykazovaly pevnost gelu srovnatelnou s vepřovou želatínou, např. tilapie, u které byla hlášena pevnost gelu v rozsahu 130 až 270 Bloom (Zhou a kol. 2006). [40] Extrakční podmínky také významně ovlivňují bod gelace a pevnost gelu. Hlavní rozdíl ve vlastnostech savčí a rybí želatiny je v nižších teplotách gelace a tání, a také v relativně vyšší viskozitě. Typický bod gelace vepřové nebo hovězí želatiny je 20 až 25 °C a bod tání 28 až 31 °C, zatímco rybí želatina tvoří gel při 8 až 25 °C a taje při 11 až 28 °C. Gilsenan a Ross-Murphy (2000) porovnávali reologické vlastnosti a teploty tání savčí želatiny a želatiny z různých druhů ryb a zjistili, že želatina získaná ze studenovodních ryb má mnohem nižší bod tání, avšak želatina z teplovodních ryb má podobné vlastnosti jako savčí želatina. [41] Želatina ze studenovodních ryb se chová jako viskózní kapalina při pokojové teplotě, což limituje její použití v mnoha aplikacích. [44]

Během skladování roste pevnost želatinových gelů. Arnesen a Gildberg (2007) zjistili, že pevnost gelu tresčí želatiny extrahované při 65 °C vzrostla o 250 % během 6 ti denního skladování, zatímco pevnost běžné vepřové želatiny vzrostla pouze o 23 %. [42]

Želatinu získanou ze studenovodních ryb lze použít v chlazených nebo mrazených produktech, které jsou konzumovány ihned po vyjmutí z lednice. Jedna z hlavních aplikací rybí želatiny je mikroenkapsulace vitamínů a dalších farmaceutických aditiv. Rybí želatinu lze využít také k mikroenkapsulaci barviv nebo ochucovadel. Želatiny z teplovodních ryb mají podobné vlastnosti jako vepřová či hovězí želatina a lze je použít pro produkty skladované při pokojové teplotě. Výsledkem studií zabývajících se sensorickými vlastnostmi dezertů s rybí želatínou je zjištění, že želatina s nižší teplotou tání lépe uvolňovala aroma a poskytovala silnější vůni (Choi a Regenstein, 2000). [43] [44]

Želatina z teplovodních ryb může tedy konkurovat tradičním trhům. Existují ale limitující faktory, jako horší reologické vlastnosti, nedostatečná dostupnost suroviny, proměnlivá kvalita, vyšší cena a další jako např. vůně, barva, pevnost gelu či viskozita. [44]

## 2.4 Vlastnosti a aplikace želatiny

Kvalita želatiny pro konkrétní aplikace závisí zejména na reologických vlastnostech. Na rozdíl od základních fyzikálně-chemických vlastností, jako je složení, rozpustnost, transparentnost, barva, vůně nebo chuť, hlavní atributy nejlépe definující celkovou komerční kvalitu želatiny jsou pevnost gelu a tepelná stabilita (teplota gelace a tání). Pro standardní účely je stanoveno měření pevnosti gelu tzv. Bloom testem, který sestává z provedení definovaného postupu. Jak pevnost gelu, tak i tepelná stabilita závisí na aminokyselinovém složení a distribuci molární hmotnosti, které jsou výsledkem podmínek zpracování. Obsah aminokyselin prolin a hydroxyprolin je obzvláště důležitý pro gelaci. Bylo také zjištěno, že celkový obsah sekvencí glycin-prolin-hydroxyprolin je jeden z hlavních faktorů ovlivňujících tepelnou stabilitu. Podle hodnoty pevnosti gelu lze želatinu klasifikovat jako želatinu s vysokou (200 až 300 Bloom), střední (100 až 200 Bloom) a nízkou pevností gelu (50 až 100 Bloom). Želatiny s vysokou pevností gelu mají vyšší bod tání a gelace a kratší čas gelace výsledného produktu. Vysoká pevnost gelu znamená, že je třeba menší množství želatiny k dosažení požadované pevnosti výsledného produktu. Želatina v koncentraci 6,67 % se chová jako pevná látka a může být použita k přípravě žvýkaček, marshmallows, dezertů a jiných produktů vyžadujících vysokou pevnost gelu. Důležitý je také obsah popelovin v želatině, který podle normy určené Národní agenturou hygienické kontroly (1995) nesmí překročit 2 %. [17] [27]

Potravinářský průmysl je hlavní aplikační segment želatiny z důvodu její schopnosti tvořit gel při ochlazení vodného rozpouštědla. K tání želatinového roztoku dochází při koncentraci vyšší než 0,5 % při teplotě 30 až 40 °C. Při vzrůstu teploty se želatinový gel rozpouští, tudíž v ústech dochází k tání želatiny. Tato unikátní vlastnost činí želatinu vhodnou součástí potravin, jako jsou např. želé nebo šlehané pěny. Želatina je široce využívána při přípravě cukrovinek a dezertů, mléčných výrobků a zákusků (zmrzlina a šlehané produkty), masných produktů a lahůdek, nápojů, ve fotografickém průmyslu, tisku, farmacii či medicíně. Klasické aplikace želatiny v potravinářském, kosmetickém a farmaceutickém průmyslu jsou založeny především na tvorbě gelu a viskoelastických vlastnostech. V současnosti zejména v potravinářském průmyslu roste počet nových aplikací, ve kterých je želatina uplatněna jako pěnicí či čistící činidlo, biodegradabilní obalový materiál a mikroenkapsulační prostředek, v linii s rostoucím trendem nahradit syntetické prostředky přírodními. Kolagen má také význam jako emulzifikátor v masových produktech, jelikož dokáže navázat velké množství

tuku, což jej činí užitečným aditivem a plnivem pro masové produkty. Želatina se také používá jako stabilizátor zmrzliny a jiných mražených dezertů. Želatina s vysokou pevností gelu má význam jako ochranný koloid ve zmrzlině, jogurtech a smetanových koláčcích. Želatina zabrání formování ledových krystalů a rekrytalizaci laktózy během skladování. Přibližně 6,5 % z celkové produkce želatiny je použito ve farmaceutickém průmyslu, především na výrobu kapslí. Želatinu rovněž lze využít jako pojivo při výrobě tablet a pastilek. Je také používána jako důležitá ingredience v ochranných krémech, jako je zinková želatina pro ošetření křečových žil. Želatinové houby se používají v chirurgii, a také k implementování léků a antibiotik do konkrétní oblasti. Želatina je také používána jako expander plazmy pro krev v případech vážných zranění. [6] [17] [30] [45]

Pravidelná konzumace želatiny je prospěšná pro lidskou tkáň, protože kolagen je odpovědný za hojení jizev a regeneraci tkáně. Kolagen tvoří matici pro minerály dodávající pevnost, odolnost a lesk nehtům a vlasům. Kůži dodává kolagen elasticitu a navíc se jedná o vhodný doplněk pro osoby držící nízkokalorické diety, vzhledem k vysokému obsahu bílkovin a nulovému obsahu tuků a sacharidů. Kolagen váže velké množství vody a tak dodá pocit sytosti po jídle. Z těchto důvodů bývá želatina přítomna v nemocničních dietách. [19]



## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

### 3 CÍLE PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo navázat na předchozí výzkum zpracování kuřecích běháků biotechnologickým (enzymovým) postupem na kolagenní produkty (želatinu či hydrolyzáty). V teoretické části bylo cílem popsat vedlejší produkty maso-zpracujícího průmyslu se zaměřením na drůbež a uvést některé příklady jejich využití. Dalším bodem bylo blíže určit způsob získávání želatiny, tradiční i alternativní zdroje, charakterizovat vlastnosti a zmínit konkrétní ukázky aplikací želatiny. Cílem praktické části bylo navrhnout proces přípravy želatiny z odpadu s vysokým podílem kolagenu, který vzniká při zpracování drůbežního masa, studovat vliv vybraných technologických podmínek na účinnost procesu a provést optimalizaci procesních parametrů tak, aby se maximalizovala kvalita připravené želatiny. Následující fází byla charakterizace výsledného produktu a nakonec zhodnocení významu výsledků pro praxi.

## 4 MATERIÁLY A METODY

### 4.1 Kuřecí běháky

Jako vedlejší bílkovinný produkt drůbežního průmyslu byly zvoleny kuřecí běháky, vzhledem k vysokému obsahu kolagenu. Surovina byla dodána podnikem RACIOLA Uherský Brod, s.r.o., zhomogenizována a uschována v mrazničce.

Složení: obsah sušiny:  $35,0 \pm 3,0$  %; v sušině: celkový obsah bílkovin:  $48,3 \pm 0,4$  % (podíl kolagenu:  $82,8 \pm 0,7$  %), obsah tuku:  $34,8,8 \pm 0,8$ %, obsah popelovin:  $16,1 \pm 0,2$  %.

### 4.2 Přístroje, pomůcky, chemikálie

Sušárna Memmert ULP 400, vařič s magnetickým míchadlem Schott Gerate GMBH, magnetické míchadélko, třepačka LT 3, elektronické předvážky Kern 440 – 47, elektronické analytické váhy Kern 770, exsikátor, pH metr WTW pH 526, lednička s mrazničkou Samsung, Calex, kovový kuchyňský cedník (velikost pórů 1 mm), analytický mlýnek IkaWerke, muflová pec Nabertherm, Parnas – Wagner destilační přístroj, kahan, měřič pevnosti gelu Stevens LFRA Texture Analyser, měřič viskozity Ubbelohde.

25 ml, 100 ml, 250 ml, 500 ml odměrné válce, Buchnerova nálevka, 1000 ml, 2000 ml Erle-nmayerovy baňky, plastové uzavírací nádoby, nálevky, nůžky, navažovací lodička, celofánová fólie, PA textilie, Petriho misky, pipety a balonky, kádinky, mineralizační baňky, žihací kelímky, sušící misky, nádoby na stanovení pevnosti gelu, plechy na sušení, lepicí páska, lžička.

0,1% roztok NaOH, enzym POLARZYME 6.0 T (proteáza ve formě prášku), 20% HCl, petrolether, ethanol, chloroform.

### 4.3 Metodika práce

Při klasických experimentálních postupech se používá vždy jen jedna veličina jako proměnný faktor a ostatní veličiny se během měření nemění. Pokud je vstupních veličin více, je tento postup velmi pomalý a nákladný. Faktorové plány minimalizují náklady, protože využívají ortogonalitu, která umožní snížení počtu pokusů do takové míry, aby bylo možné popsat daný jev, aniž bychom museli hledat všechny varianty řešení. K tomu nám postačí pouze

okrajové podmínky. Struktura faktorových plánů je založena na matici, ve které se vzájemně kombinují vstupní hodnoty daného pokusu. Počet pokusů závisí vždy na počtu vstupních proměnných a jejich hodnotách. Nejčastěji se používají plány pokusů typu  $N^P$ , kde  $N$  je počet úrovní faktorů a  $P$  je počet faktorů. Tento nejjednodušší model je vhodný pro zjišťování významnosti faktorů, kdy závislost mezi nimi je lineární. [46]

Při základní části byla provedena série 9 experimentů, při kterých byly kombinovány 3 faktory, a to doba opracování enzymem, množství enzymu a doba extrakce, vždy minimální a maximální navržené hodnoty. Následoval centrální experiment se středními hodnotami. Po provedení základní části experimentů bylo provedeno vyhodnocení výsledků, kdy byly sledovány dva základní ukazatele a to pevnost gelu a stupeň konverze. Další fází byla optimalizace, ve které byly procesní podmínky upraveny za účelem připravení želatiny nejlepší kvality. Bylo provedeno ještě dalších 5 optimalizačních experimentů.

Modelace a vyhodnocování experimentů bylo provedeno faktorovými schémata (experimenty typu  $2^3$ ). 3 faktory na 2 úrovních + centrální experiment (1 opakování).

Pro základní část byly navrženy následující parametry:

*Faktor A:* přídavek enzymu v množství: 0,2 – 0,5 – 0,8 % (vztaženo na sušinu materiálu)

*Faktor B:* doba enzymového opracování suroviny: 24 – 72 – 120 h

*Faktor C:* doba extrakce želatiny: 1 – 2,5 – 4 h

## 4.4 Analytické metody

Níže uvedená stanovení byla provedena podle GMIA (Gelatin Manufacturers Institute of America) a principiální stanovení jsou popsána níže. [47]

### 4.4.1 Stanovení sušiny

Stanovení sušiny probíhalo nepřímou metodou a to tak, že byl přibližně 1 g suroviny zvážen na analytických vahách (přesnost na 4 desetinná místa), umístěn do koželužských misek a nechal se sušit při teplotě 103 °C do konstantní hmotnosti. Stanovení bylo provedeno najednou u 3 vzorků a byla vypočítána průměrná hodnota sušiny v %. Z hodnoty sušiny byla vypočítána hodnota vlhkosti.

#### 4.4.2 Stanovení zbytkového tuku

Stanovení bylo provedeno u přečištěných a odtučněných běháků. Do patrony bylo naváženo 10 g vzorku, patrona byla umístěna do destilačního přístroje a extrakce probíhala ve dvou cyklech. V prvním cyklu byl tuk extrahován chloroformem a ve druhém cyklu etanolem. Množství vyextrahovaného tuku bylo zjištěno gravimetricky a byl vypočten procentuální obsah zbytkového tuku ve vzorku.

#### 4.4.3 Stanovení pevnosti gelu

Bylo připraveno 112 g vzorku gelu v předepsané nádobě o koncentraci 6,67 % (w/w). Vzorek byl umístěn do vodní lázně s teplotou  $\pm 45$  °C, dokud nedošlo k vytvoření želatinového roztoku. Následovalo vychlazení v lednici při teplotě 10 °C. Měření bylo provedeno po 16 – 18 h na přístroji Stevens LFRA (obr. viz příloha č. 2). Byla měřena síla nutná k penetraci povrchu vzorku sondou do hloubky 4 mm rychlostí 1 mm/s.

Vzhledem k omezenému množství želatiny získané při některých experimentech bylo nutné postupovat podle metody ústavu inženýrství polymerů. Připraví se menší množství vzorku – do menší nádoby s následným přepočtem (viz tabulka č. 3).

*Tabulka č. 3 – množství želatiny, vody a velikost nádoby pro různé metody stanovení pevnosti gelu*

Meto-	Navážka želatiny [g]	Navážka vody [g]	Nádoba
<b>A</b>	7,5	104,5	předepsaná nádoba na stanovení *
<b>B</b>	3	42	nádoba o ½ objemu
<b>C</b>	1,5	21	nádoba o ¼ objemu

\*rozměry nádoby: objem 150 ml, výška 85 mm, vnitřní průměr 59 mm, vnější průměr 66 mm.

Výsledný přepočet pro měření pevnosti želatinových gelů v jiných, než stanovených nádobách:

Metoda B:

Měření ve váženice o průměru 50 mm (vnější), 44 mm (vnitřní), výška 50 mm.

Hodnoty pevnosti gelu jsou vyšší o faktor 1,2627.

Metoda C:

Měření ve váženice o průměru 40 mm (vnější), 35 mm (vnitřní), výška 50 mm.

Hodnoty pevnosti gelu jsou vyšší o faktor 1,6372.

#### 4.4.4 Stanovení obsahu popelovin

Popel byl stanoven tak, že navážka vysušeného vzorku (cca 1 g) byla umístěna do porcelánového kelímku a nad kahanem spalována do zuhelnatění (cca 30 min), poté byl vzorek žihán v muflové peci při 650 °C po dobu minimálně 1 h. Množství popela bylo zjištěno opět gravimetrickou metodou a byl vypočten procentuální obsah popelovin ve vzorku.

#### 4.4.5 Stanovení hodnoty pH

Hodnota pH byla stanovena pro 1,5% želatinový roztok při teplotě 35 °C pH metrem.

#### 4.4.6 Stanovení kinematické viskozity

Viskozita 6,67% želatinového roztoku byla stanovena měřením doby průtoku 100 ml roztoku standardizovanou pipetou při teplotě 60 °C. Měření bylo provedeno na Ubbelohdeho viskozimetru a naměřená doba průtoku byla přepočítána na viskozitu dosazením do níže uvedeného vzorce.

$$v = k \cdot t - B/t$$

kde

v...kinematická viskozita [mm<sup>2</sup>/s]

B...konstanta ke korekci na kinetickou energii určená z rozměrů viskozimetru (2,8)

k...konstanta viskozimetru zjištěná ověřenou kalibrační kapalinou (0,5)

t...aritmetický průměr změřených průtokových dob [s]

#### 4.4.7 Výpočet bilanční chyby

Výpočet bilanční chyby hmoty byl proveden podle následujícího vzorce:

$$B. CH. = |100 - (\xi_H + \xi_Z + TP)|$$

kde

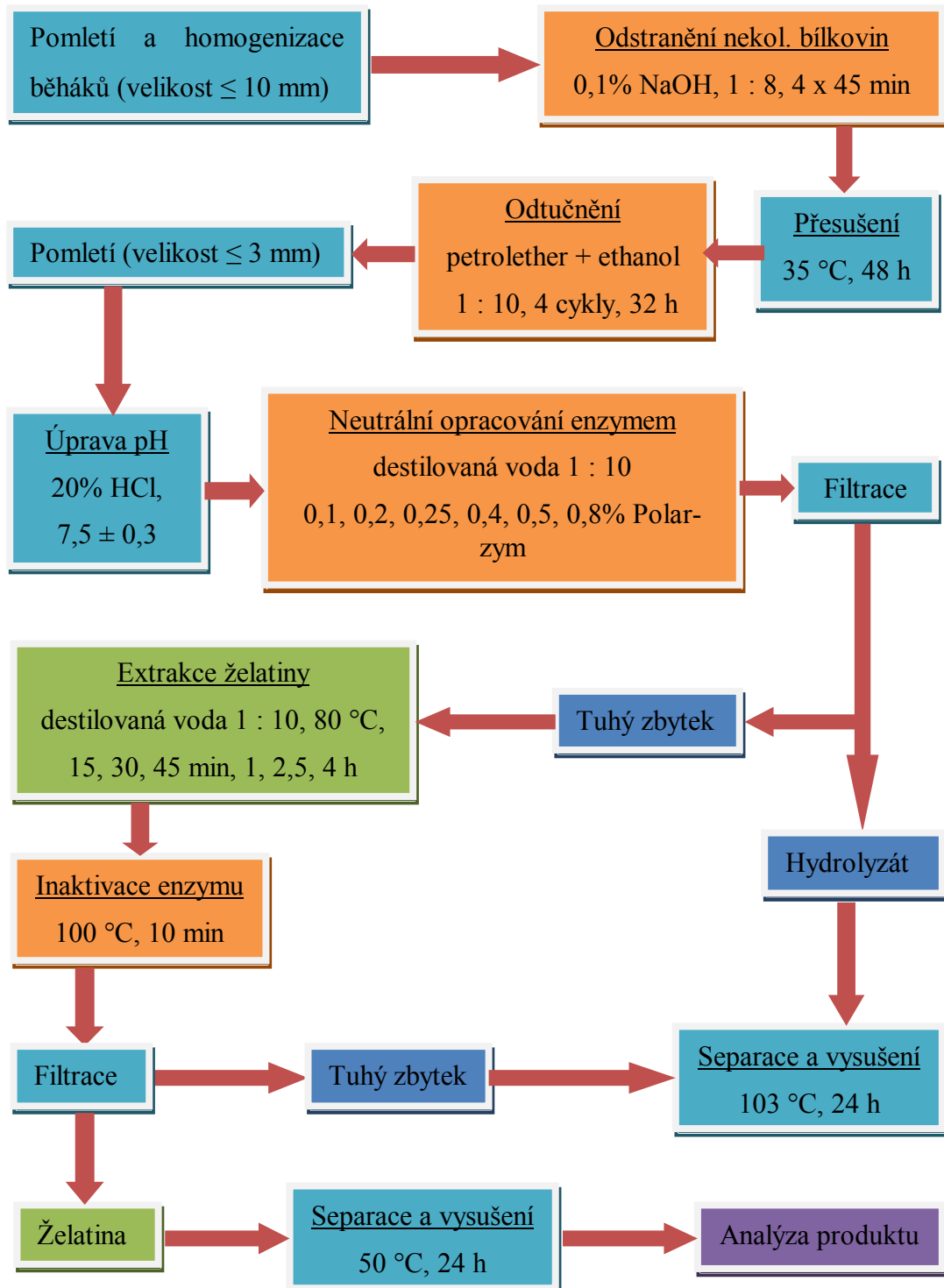
$\xi_H$  ... množství vyextrahovaného hydrolyzátu

$\xi_Z$  ... množství vyextrahované želatiny

TP ... tuhý podíl

## 4.5 Postup práce

Blokové schéma přípravy želatiny z kuřecích běháků je znázorněno níže na obr. č. 3.



Obr. č. 3 – blokové schéma přípravy želatiny z kuřecích běháků

Příprava želatiny se skládá ze 4 hlavních technologických úseků, které jsou popsány v následujících 4 kapitolách.

#### 4.5.1 Odstranění nekolagenních bílkovin

Surové kuřecí běháky obsahují kromě kolagenu i jiné bílkoviny, které bylo nutné odstranit. Surovina byla přes noc rozmrazena v chladničce a byla smísena v plastové nádobě s 0,1% roztokem NaOH v poměru 1 : 8. Nádoba byla umístěna na třepačku a probíhalo třepání při pokojové teplotě po dobu 45 min. Surovina byla přefiltrována přes kuchyňské síto a propláchnuta běžnou vodou. Celý proces byl opakován 4x po sobě. Nakonec byla surovina rozprostřena na plech a přesušena při teplotě 35 °C po dobu cca 48 h. Během této fáze došlo k částečnému odtučnění suroviny.

#### 4.5.2 Odtučnění

Přesušené kuřecí běháky byly smíseny se směsí rozpouštědel petrolether + ethanol v poměru 1 : 10 v Erlenmayerově baňce. Směs byla připravena smícháním rozpouštědel v objemovém poměru 1 : 1. Baňka byla uzavřena a umístěna na třepačku. Třepání probíhalo celkem 32 h při pokojové teplotě ve čtyřech třepacích cyklech. Po každém cyklu následovala výměna rozpouštědla filtrací na kuchyňském sítku. První výměna proběhla po 3 h třepání, druhá po 6 h, třetí po 15 h a po dalších 8 h byl proces ukončen. Surovina byla ponechána v digestoři rozprostřená na Petriho misku, dokud nedošlo k odpaření zbylého rozpouštědla (cca 30 min). Po úplném vysušení následovalo pomletí suroviny a stanovení sušiny.

#### 4.5.3 Opracování enzymem

Surovina byla smísena s destilovanou vodou v poměru 1 : 10. Množství suroviny bylo 30 g. Zásadité pH bylo nutno upravit na téměř neutrální hodnotu  $7,5 \pm 0,3$  pomocí 20% HCl. Bylo přidáno asi 0,1 ml kyseliny. K surovině byl přidán enzym Polarzym 6.0 T v množství podle faktoru A (tj. 0,2 nebo 0,5 nebo 0,8 %) viz rozpis experimentů. Množství enzymu bylo vztaženo na sušinu suroviny. Surovina v Erlenmayerově baňce byla umístěna na třepačku a probíhalo třepání při pokojové teplotě podle faktoru B (tj. 24 nebo 72 nebo 120 h). Po uplynutí této doby byla surovina přefiltrována přes kuchyňské sítko opatřené vrstvou PA textilie do připravené kádinky. Filtrát s hydrolyzátem kolagenu byl poté vysušen při teplotě 103 °C na plechu v sušárně, zvážen a započten do hmotové bilance jako množství vyextra-



hovaného hydrolyzátu. Surovina na sítku byla důkladně propláchnuta běžnou a nakonec destilovanou vodou za účelem odstranění enzymu.

#### 4.5.4 Extrakce želatiny

Surovina byla umístěna do kádinky a smísená s destilovanou vodou v poměru 1 : 10. Systém byl umístěn na vařič s magnetickým míchadlem a za neustálého míchání při 200 otáčkách/min byl zahříván na teplotu 80 °C. Po dosažení této teploty (cca 10 min) probíhala extrakce podle faktoru C (tj. 1 nebo 2,5 nebo 4 h) viz rozpisu experimentů. Poté byla surovina přefiltrována přes kuchyňské sítko opatřené 3 vrstvami PA tkaniny a vyextrahovaný želatinový roztok byl zahříván při teplotě 100 °C po dobu 10 min. Tento krok byl důležitý za účelem inaktivace zbytkového enzymu. Vyextrahovaná želatina byla vysušena při teplotě 50 °C na plechu s nepřilnavou fólií, zvážena a zahrnuta do hmotové bilance. Nerozložený tuhý podíl byl vysušen při teplotě 103 °C, zvážen a rovněž zahrnut do hmotové bilance.

## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

Detailní rozbor výsledků a diskuze množství vyextrahované želatiny a pevnosti želatinových gelů jsou uvedeny v kapitolách 5.1.1 a 5.1.2 (základní část) a 5.2.1 a 5.2.2 (optimalizační část).

### 5.1 Základní část

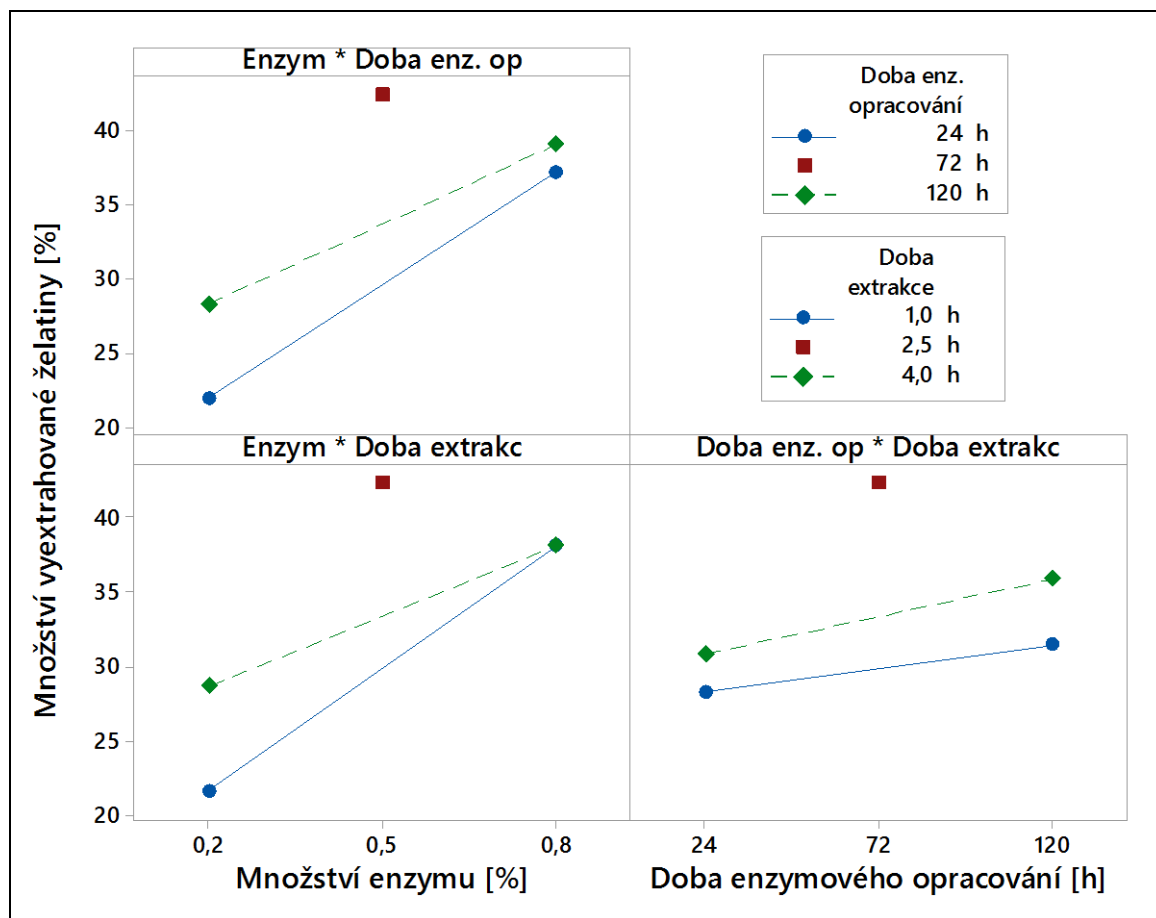
Během základní fáze experimentů bylo připraveno 9 želatin při různých technologických podmínkách (viz tabulka č. 4). S výsledků vyplývá, že podíl hydrolyzátu se významně neměnil a měl hodnotu kolem 10 %. Množství tuhého nerozloženého podílu bylo v rozmezí od 44 do 68 %. Výtěžek připravené želatiny měl hodnoty mezi 20 až 42 %. Doba opracování enzymem neměla téměř žádný vliv na účinnost extrakce želatiny. Podle očekávání byl při nižším množství enzymu výtěžek želatiny nižší. Doba extrakce měla většinou pozitivní vliv na výtěžek želatiny. Nejnižší naměřená pevnost gelu měla hodnotu 216 a nejvyšší 307 Bloom. Všechny připravené želatiny lze tedy klasifikovat jako želatiny s vysokou pevností gelu. Vyšší hodnoty pevnosti gelů byly získány při kratší době extrakce. Doba opracování enzymem měla nejmenší vliv na pevnost želatinových gelů. Byla zaznamenána mírně vyšší průměrná hodnota pevnosti želatinových gelů u experimentů s nižším množstvím enzymu. Hodnoty množství popelovin byly v rozmezí od 0,61 do 1,83 %. U žádného experimentu nebyl překročen potravinářský limit na maximální obsah popelovin. U odtučněné suroviny byla stanovena hodnota zbytkového tuku na 7,32 % a stanoven obsah sušiny na 89,6 %. Hodnoty viskozity u připravené želatiny byly v poměrně širokém rozmezí od 2,5 po 12,9 mm<sup>2</sup>/s. Želatiny měly průměrnou hodnotu vlhkosti 7,6 % a průměrnou hodnotu pH 6,3. Bilanční chyba u dvou experimentů přesáhla 4 %, ale nebyla více než 9 %. Výsledky experimentů byly zpracovány statistickým softwarem *Minitab 17*.

Tabulka č. 4 – rozpis experimentů s naměřenými a vypočítanými výsledky v základní části

Exp. č.	Technologické podmínky			Charakterizace procesu					Charakterizace želatiny				
	Fak. A *	Fak. B *	Fak. C *	Výtěžek hydrolyzátu [%]	Výtěžek želatiny [%]	Celková účinnost extrakce [%]	Množství tuhého podílu [%]	Bilanční chyba [%]	Pevnost gelu [Bloom]	Popel [%]	Viskozita [mm <sup>2</sup> /s]	Vlhkost [%]	pH
1	0,2	24	1	8,2	20,1	28,3	68,1	3,6	269	1,35	12,9	7,2	6,2
2	0,2	24	4	10,0	23,8	33,8	57,7	8,5	216	0,61	10,4	7,4	6,6
3	0,2	120	1	10,0	23,1	33,1	61,0	5,9	307	1,66	5,9	7,2	6,4
4	0,2	120	4	11,2	33,5	44,7	51,7	3,6	269	0,88	5,2	7,0	6,0
5	0,8	24	1	11,5	36,5	48,0	49,8	2,2	283	0,93	3,1	8,7	6,5
6	0,8	24	4	11,2	37,9	49,1	48,4	2,5	276	0,77	4,2	8,6	6,5
7	0,8	120	1	10,4	39,8	50,2	48,7	1,1	245	1,61	5,2	7,3	6,3
8	0,8	120	4	11,2	38,3	49,5	48,7	1,8	238	1,32	4,7	7,4	6,1
9	0,5	72	2,5	10,4	42,4	52,8	44,6	2,6	245	1,83	2,5	7,7	6,1

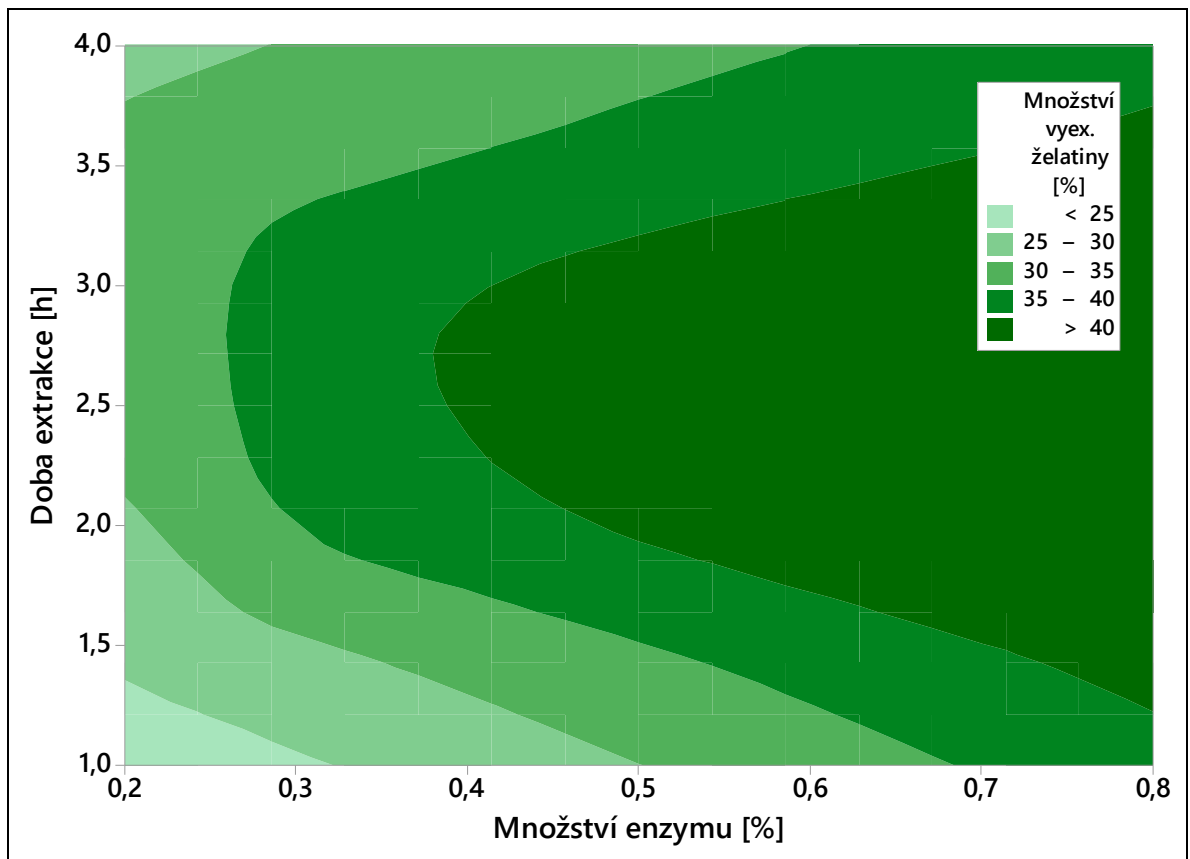
\**Faktor A*: množství enzymu [%], *Faktor B*: doba enzymového opracování [h], *Faktor C*: doba extrakce želatiny [h]

## 5.1.1 Množství vyextrahované želatiny



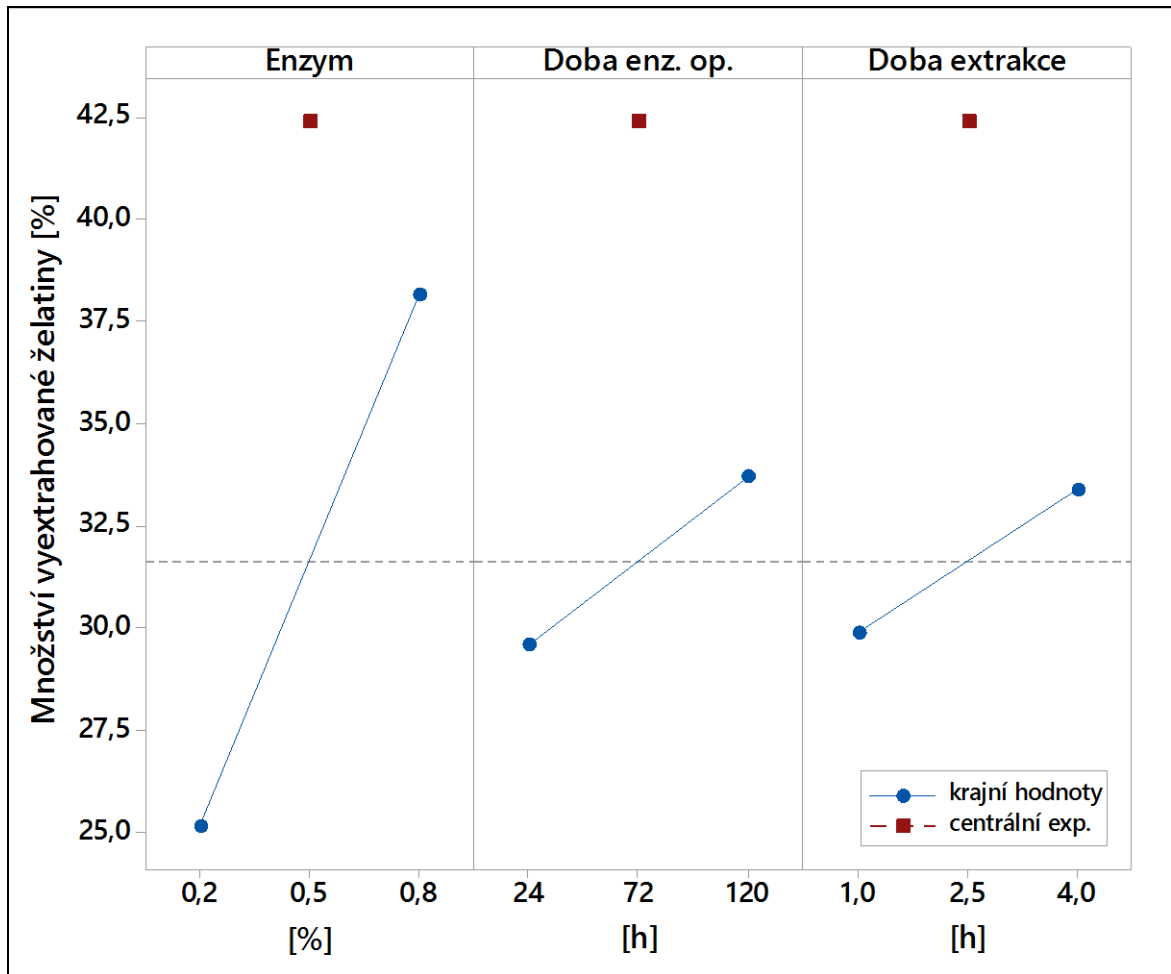
Obr. č. 4 – vliv kombinace faktorů A (množství enzymu), B (doba enzym. opracování) a C (doba extrakce) na množství vyextrahované želatiny v základní části

Z grafu č. 4 je patrné, že množství vyextrahované želatiny se významně zvyšuje při kombinaci faktorů množství enzymu a doby enzymového opracování, jak je vidět v horním grafu. Při vyšším množství enzymu bylo dosaženo lepšího výtěžku želatiny při delší době enzymového opracování, avšak při vyšším množství enzymu byl zaznamenán jen mírně vyšší výtěžek při delší době enzymového opracování. Stejný trend je patrný při kombinaci faktorů množství enzymu a doba extrakce želatiny, přičemž při vyšším množství enzymu je výtěžek želatiny stejný bez ohledu na dobu extrakce, jak vyplývá ze spodního grafu nalevo. Při kombinaci faktorů doba enzymového opracování a doba extrakce můžeme vidět mírné zvýšení extrakčního výtěžku při delší době enzymového opracování. Mírně lepší hodnoty jsou patrné při delší době extrakce, jak ukazuje spodní graf napravo.



*Obr. č. 5 – vliv množství enzymu a doby extrakce na množství vyextrahované želatiny v základní části*

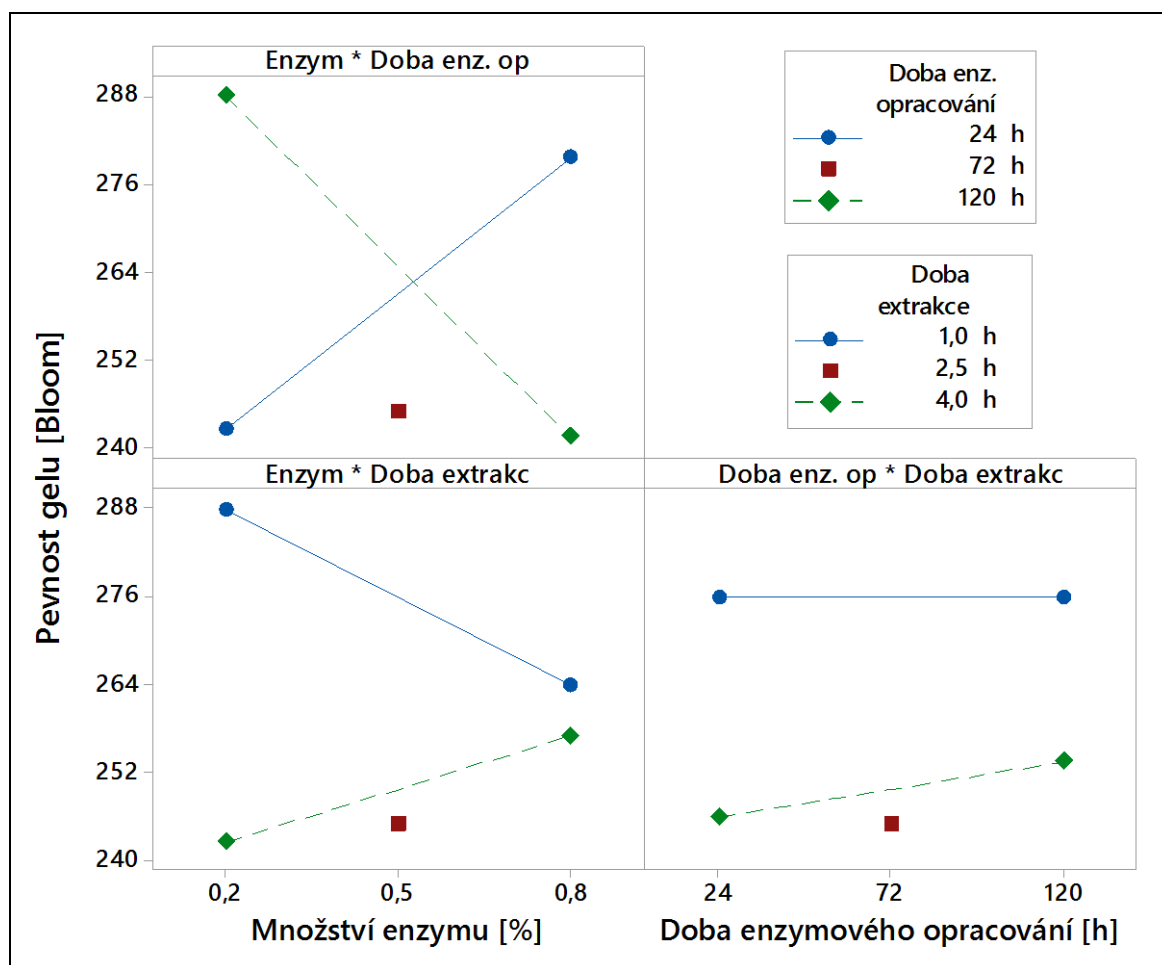
Z grafu č. 5 je zřejmé, že vyššího výtěžku želatiny bylo dosaženo při vyšším množství enzymu a současně při delších dobách extrakce.



Obr. č. 6 – vliv jednotlivých faktorů A (množství enzymu), B (doba enzym. zpracování) a C (doba extrakce) na množství vyextrahované želatiny v základní části

Z grafu č. 6 lze vyčíst, že množství vyextrahované želatiny je významně vyšší při použití vyššího množství enzymu, zatímco delší doba enzymového zpracování a delší doba extrakce má za následek pouze mírné zlepšení extrakčního výtěžku. Množství enzymu je tedy rozhodujícím faktorem pro výtěžek želatiny.

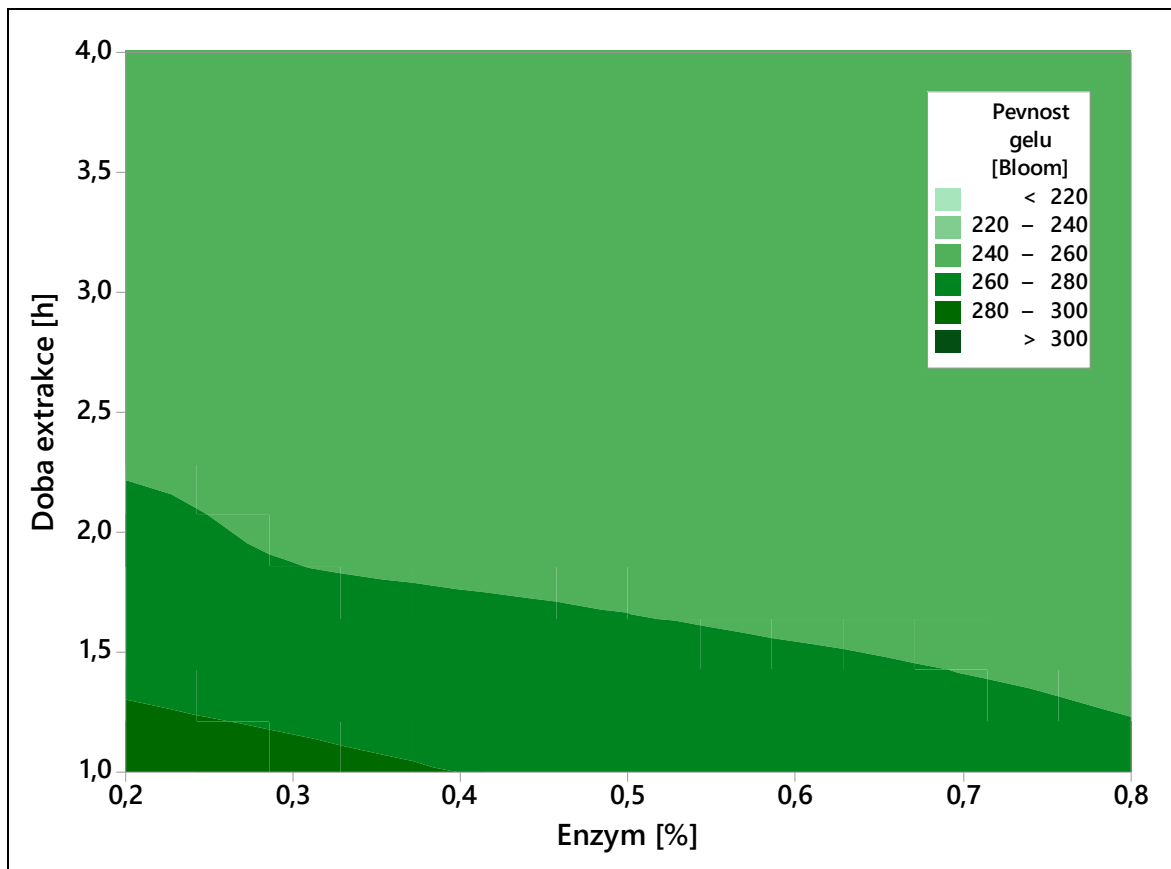
## 5.1.2 Pevnost želatinových gelů



Obr. č. 7 – vliv kombinace faktorů A (množství enzymu), B (doba enzym. opracování) a C (doba extrakce) na pevnost gelu v základní části

Z grafu č. 7 vyplývá, že kombinace faktorů koncentrace enzymu a doba enzymového opracování má významný vliv, protože při kratší době enzymového opracování pevnost gelu významně roste se zvyšujícím se množstvím enzymu. Zcela opačný trend můžeme sledovat při delší době enzymového opracování, kdy pevnost gelu naopak výrazně klesá při zvyšujícím se množstvím enzymu, jak ukazuje horní graf. Při kombinaci faktorů množství enzymu a doba extrakce pevnost gelu při delší době extrakce mírně roste se zvyšujícím se množstvím enzymu a naopak při kratší době extrakce pevnost gelu klesá se zvyšujícím se množstvím enzymu, jak je vidět v dolním grafu nalevo. Při kombinaci faktorů doba enzymového opracování a doba extrakce byla naměřena mírně lepší pevnost gelu u delší doby enzymového opracování, ale jen u delší doby extrakce. Při kratší době extrakce nemá doba enzymového opra-

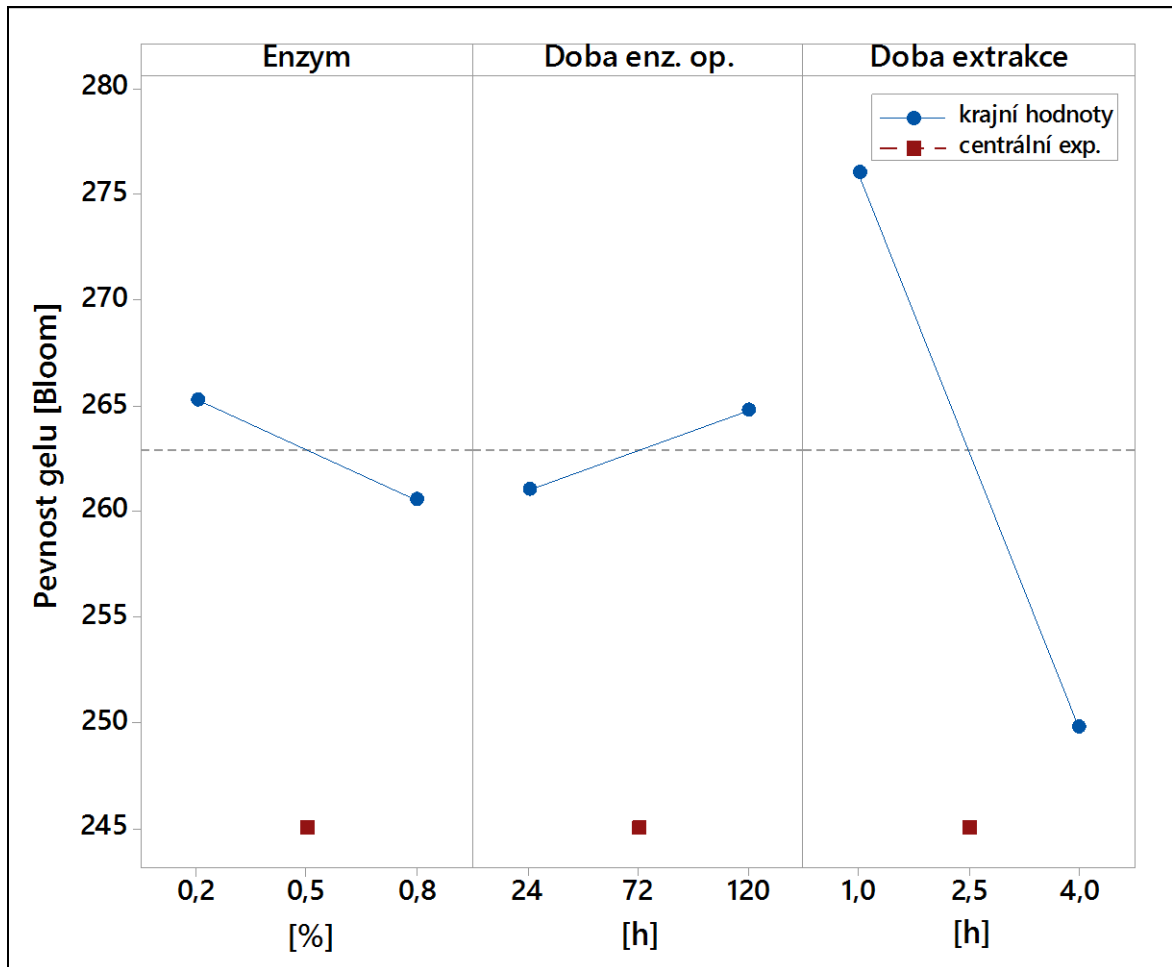
cování žádný vliv, jak je patrné z dolního grafu napravo. Také je vidět, že pevnost gelu je významně nižší při delší, než při kratší době extrakce.



Obr. č. 8 – vliv množství enzymu a doby extrakce na pevnost gelu v základní části

Podle grafu č. 8 je zřejmé, že nejvyšší pevnosti gelu bylo dosaženo při nižších množství enzymu a současně při kratších dobách extrakce, přičemž doba extrakce měla zásadní vliv na pevnost želatinových gelů.





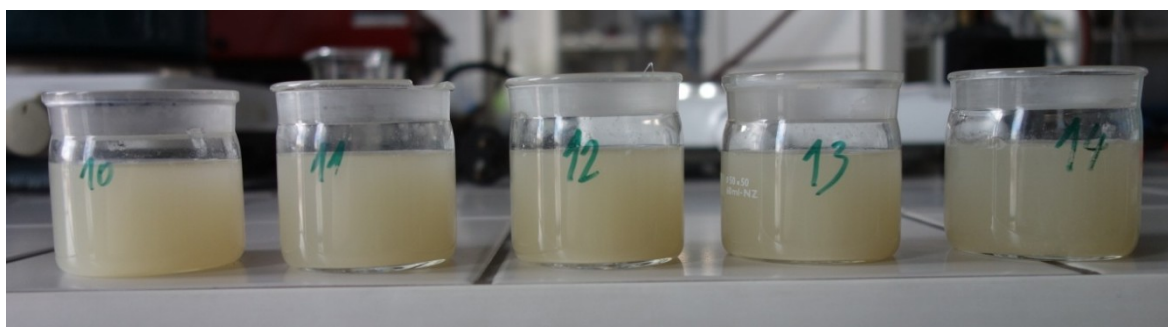
Obr. č. 9 – vliv jednotlivých faktorů A (množství enzymu), B (doba enzym. opracování) a C (doba extrakce) na pevnost gelu v základní části

Z grafu č. 9 lze získat informace, že pevnost gelu je mírně nižší při vyšším množství enzymu, naopak delší doba enzymového opracování způsobí mírné zvýšení pevnosti gelu. Doba extrakce je zásadním faktorem pro pevnost gelu, protože při kratší době je pevnost gelu významně vyšší, než při delší době extrakce.

## 5.2 Optimalizační část

Optimalizace byla zaměřena na dosažení vysoké pevnosti gelu, protože u kvalitní želatiny se vysoká pevnost gelu předpokládá. Byly provedeny další 4 experimenty a 1 centrální (viz tabulka č. 5). Připravené želatinové gely viz obr. č. 10. Je vidět, že procesní parametry neměly téměř žádný vliv na rozdíl v barevnosti výsledných produktů. Technologické podmínky byly upraveny na základě analýzy základní části experimentů pomocí statistického softwaru. Doba opracování enzymem byla stanovena u všech experimentů na 20 h. Množství enzymu bylo navrženo na 0,1, 0,25 a 0,4 % a doba extrakce byla 15, 30 a 45 min.

Výtěžek hydrolyzátu měl rozmezí od 7,4 po 14,5 % a byl podle očekávání vyšší při vyšším množství enzymu. Množství tuhého podílu bylo od 47,2 po 61,7 %. Výtěžek želatiny byl v rozmezí od 25,3 po 36,1 % a byl nejvyšší při použití vyššího množství enzymu a zároveň delší doby extrakce. Pevnost gelu byla hlavním ze sledovaných parametrů a měla hodnoty od 305 po 345 Bloom, což představuje želatiny s excelentní pevností gelu. Nejvyšší pevnosti gelu bylo dosaženo při nižším množství enzymu a kratší době extrakce. Nejmírnější podmínky tedy znamenají nejvyšší pevnost gelu a nejnáročnější naopak nejvyšší výtěžnost želatiny. Obsah popelovin byl od 1,23 do 2,04 %. Hodnoty viskozity měly široké rozmezí od 4,8 po 11,4 mm<sup>2</sup>/s. Průměrná hodnota vlhkosti připravených želatin byla 9,2 % a průměrná hodnota pH 7,3. Bilanční chyba byla s výjimkou jednoho experimentu  $\leq 3$  %, ale nepřesáhla 9 %. Výsledky experimentů byly opět zpracovány statistickým softwarem *Minitab 17*.



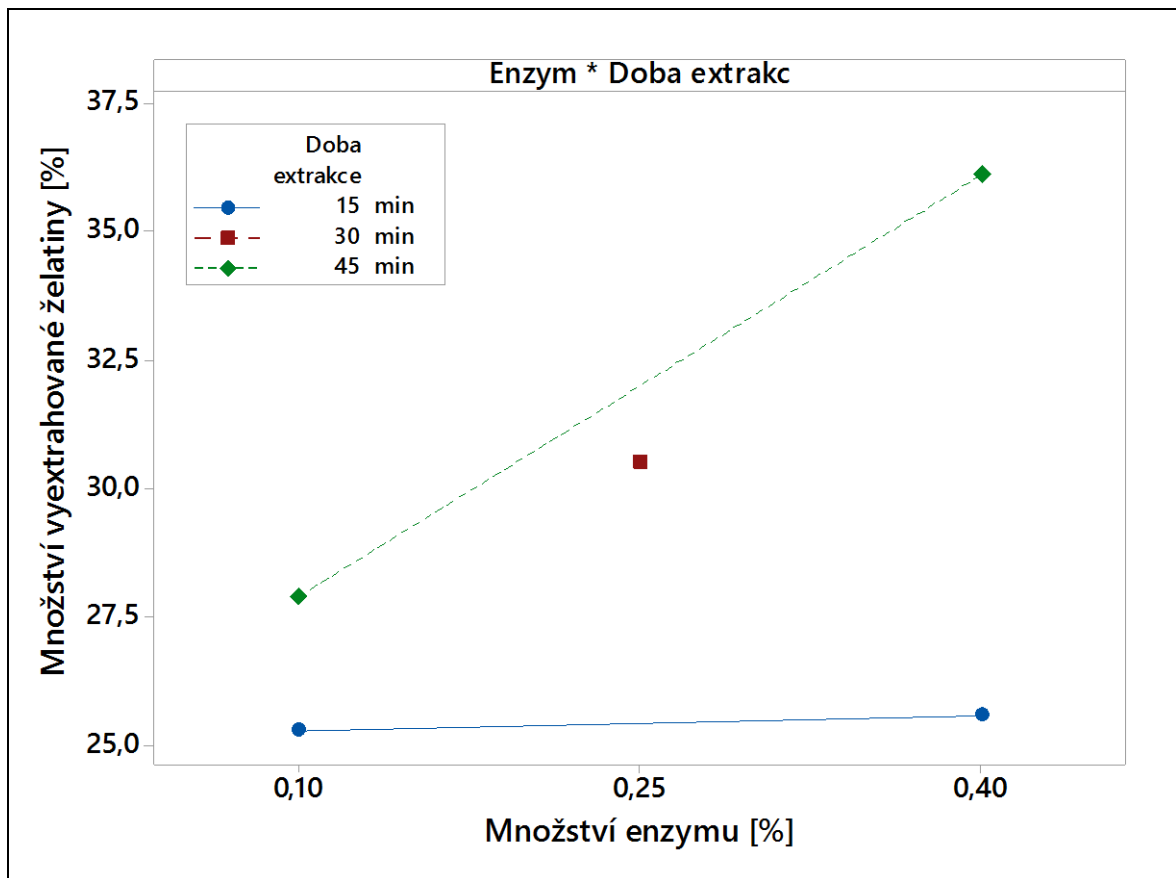
Obr. č. 10 – nádoby s připravenými želatinovými gely ze všech 5 experimentů

Tabulka č. 5 – rozpis experimentů s naměřenými a vypočítanými výsledky při optimalizaci

Exp. č.	Technologické podmínky			Charakterizace procesu					Charakterizace želatiny				
	Fak. A *	Fak. B *	Fak. C *	Výtěžek hydrolyzátu [%]	Výtěžek želatiny [%]	Celková účinnost extrakce [%]	Množství tuhého podílu [%]	Bilanční chyba [%]	Pevnost gelu [Bloom]	Popel [%]	Viskozita [mm <sup>2</sup> /s]	Vlhkost [%]	pH
10	0,1	20	15	7,4	25,3	32,7	59,1	8,2	345	1,31	6,3	9,2	7,5
11	0,1	20	45	7,8	27,9	35,7	61,7	2,6	327	1,23	4,8	9,5	7,5
12	0,4	20	15	10,8	25,6	36,4	61,4	2,2	321	2,04	7,3	8,3	7,5
13	0,4	20	45	14,5	36,1	50,6	47,2	2,2	305	1,58	6,8	8,6	6,8
14	0,25	20	30	10	30,5	40,5	58,4	1,1	313	1,45	11,4	9,1	7,4

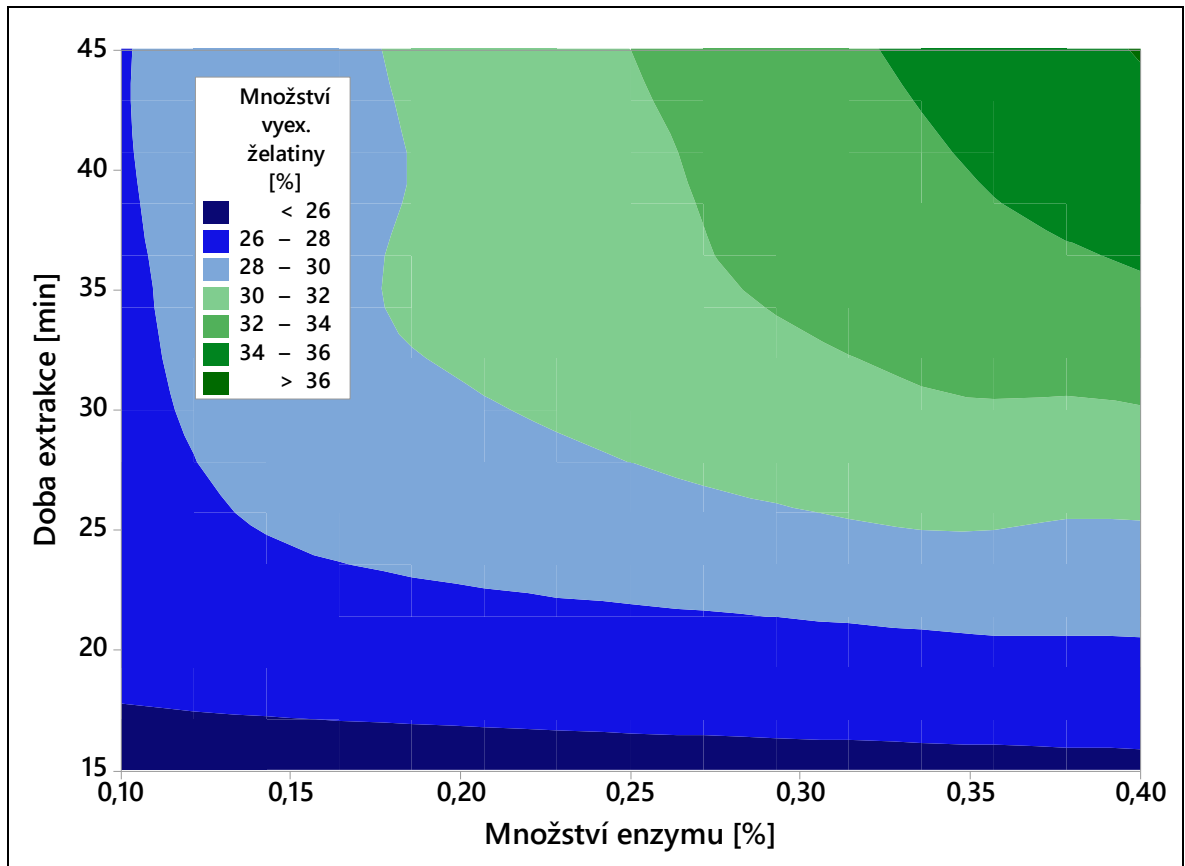
\**Faktor A*: množství enzymu [%], *Faktor B*: doba enzymového opracování [h], *Faktor C*: doba extrakce želatiny [min]

### 5.2.1 Množství vyextrahované želatiny



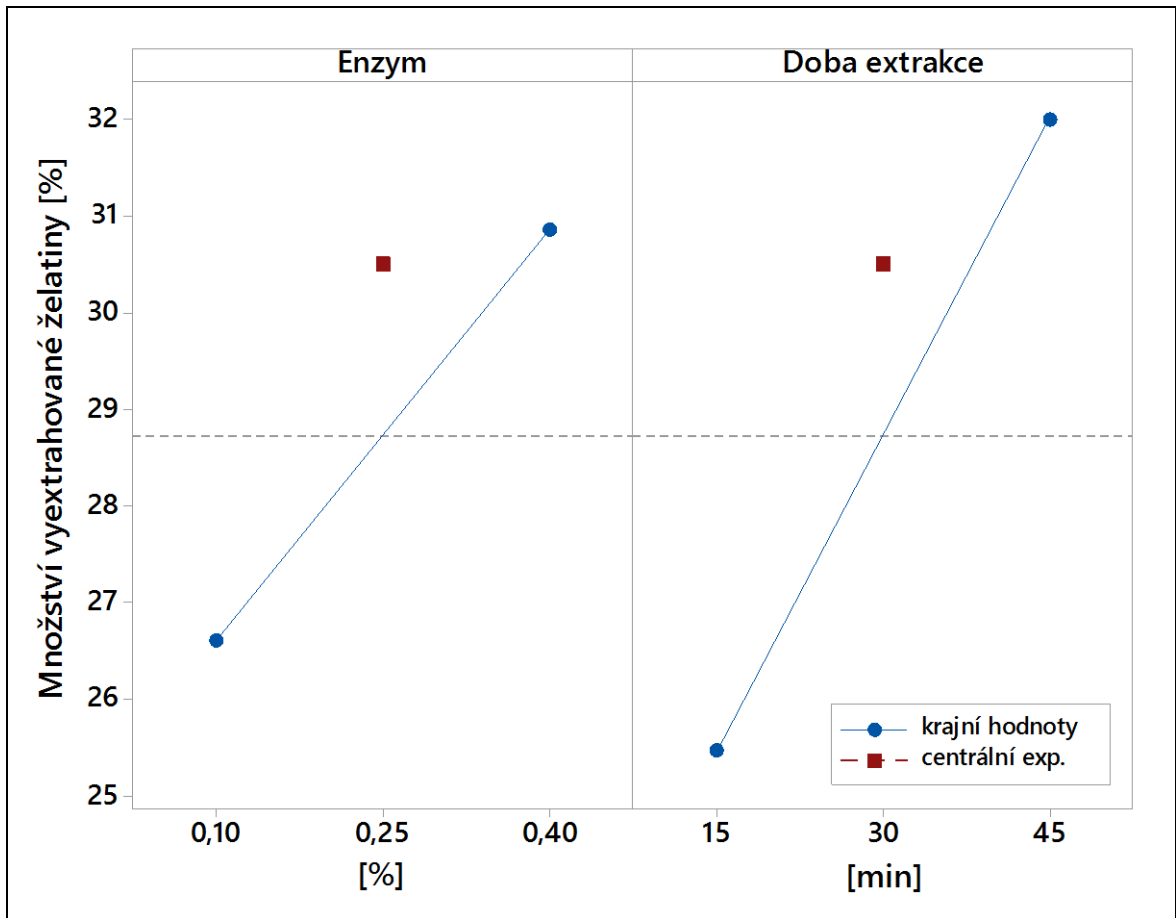
Obr. č. 11 – vliv kombinace faktorů A (množství enzymu) a C (doba extrakce) na množství vyextrahované želatiny při optimalizaci

V grafu č. 11 je vidět, že při kratší době extrakce se výtěžek želatiny s měnícím se množstvím enzymu téměř nelišil. Situace byla odlišná při delší době extrakce, kdy byl výtěžek želatiny vyšší, přičemž při vyšším množství enzymu byl rozdíl ve výtěžku mnohem výraznější.



Obr. č. 12 – vliv kombinace faktorů A (množství enzymu) a C (doba extrakce) na množství vyextrahované želatiny při optimalizaci

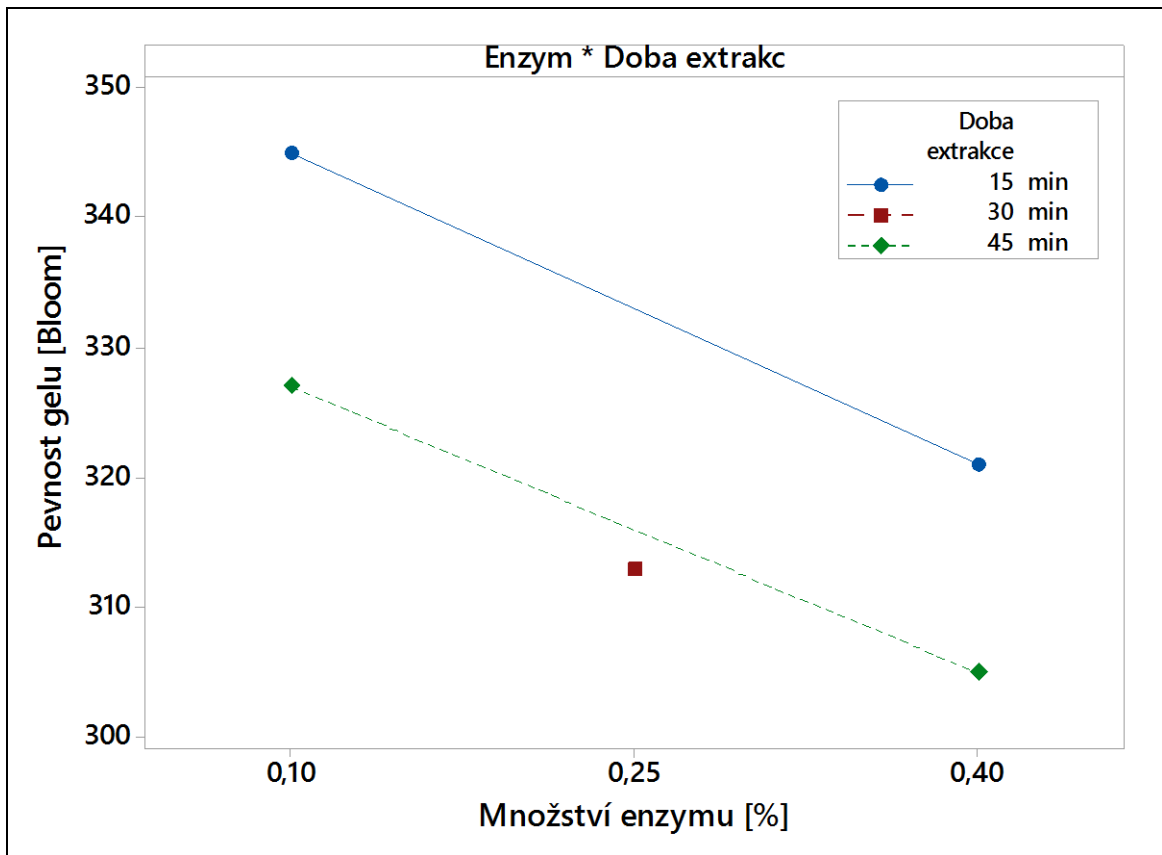
Z grafu č. 12 je zřejmé, že při kombinaci vyššího množství enzymu a delší doby extrakce bylo dosaženo nejvyššího výtěžku želatiny. Také je vidět, že doba extrakce měla zásadní vliv na množství vyextrahované želatiny.



Obr. č. 13 – vliv faktorů A (množství enzymu) a C (doba extrakce) na množství vyextrahované želatiny při optimalizaci

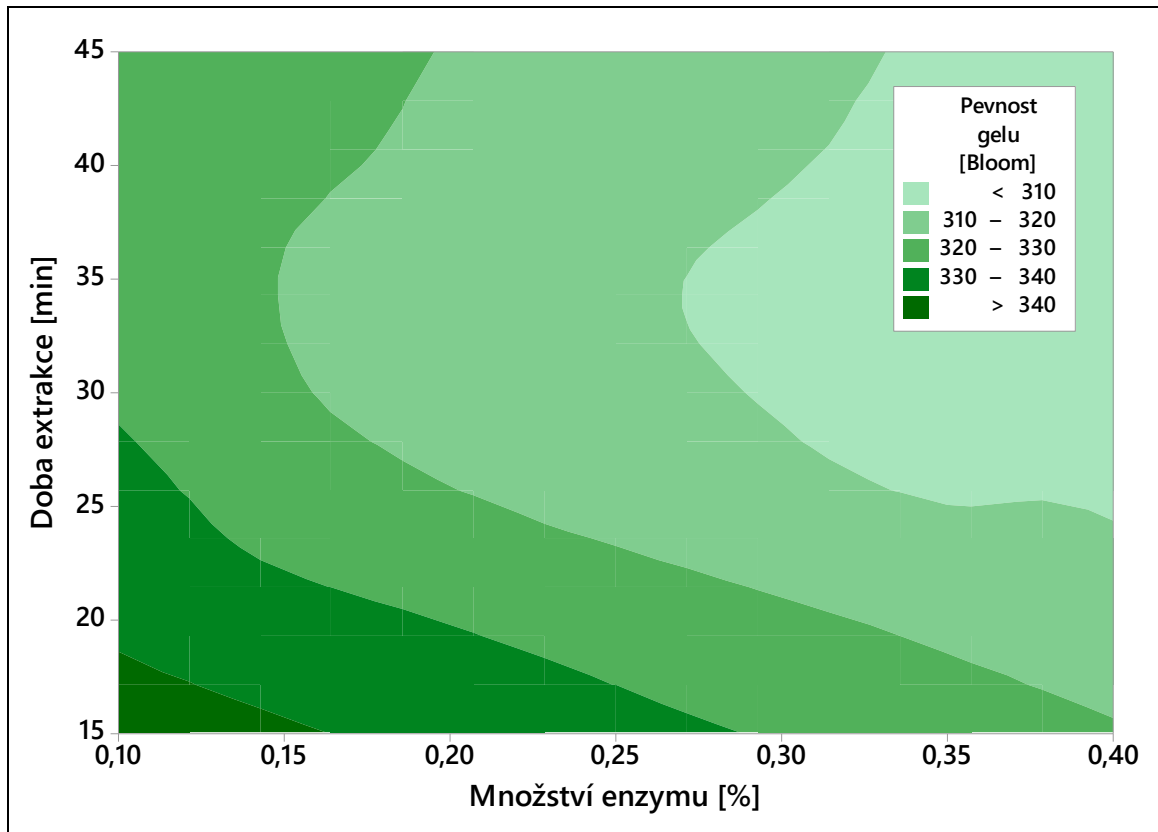
Z grafu č. 13 je patrné, že výrazně vyššího výtěžku želatiny bylo dosaženo jak při vyšším množství enzymu, tak i při delší době extrakce a opět je vidět, že doba extrakce měla výraznější vliv na výtěžek želatiny.

## 5.2.2 Pevnost želatinových gelů



Obr. č. 14 – vliv kombinace faktorů A (množství enzymu) a C (doba extrakce) na pevnost gelu při optimalizaci

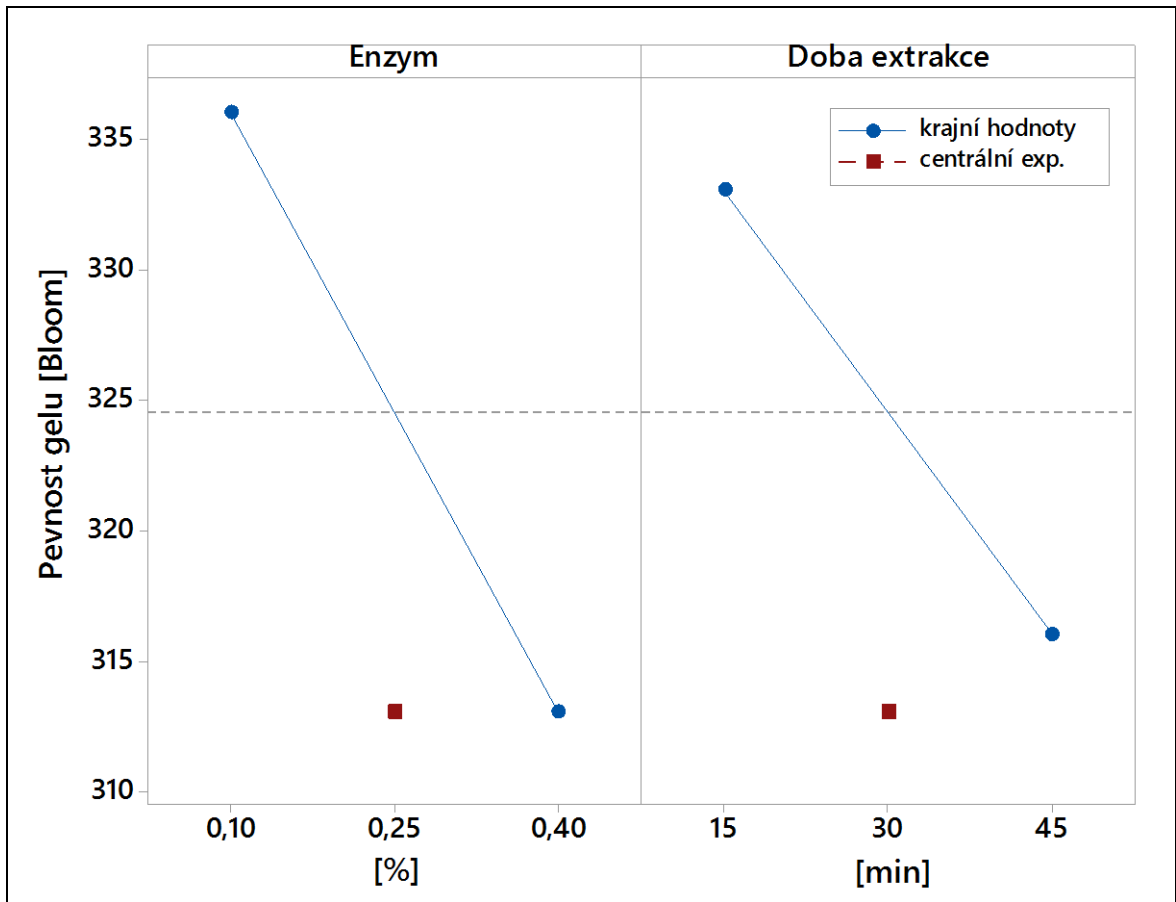
Z grafu č. 14 vyplívá, že při kratší době extrakce pevnost gelu klesala se zvyšujícím se množstvím enzymu. Analogická situace nastala i při delší době extrakce s tím rozdílem, že hodnoty pevnosti gelu byly nižší.



Obr. č. 15 – vliv množství enzymu a doby extrakce na pevnost gelu při optimalizaci

Jak ukazuje graf č. 15, nejvyšší pevnosti gelu bylo dosaženo při kombinaci kratší doby extrakce a nižšího množství enzymu. Nejmenší pevnosti gelu bylo naopak dosaženo při delší době extrakce v kombinaci s vyšším množstvím enzymu. Množství enzymu i doba extrakce jsou tedy významnými faktory ovlivňující výslednou pevnost želatinových gelů.





Obr. č. 16 – vliv jednotlivých faktorů A (množství enzymu) a C (doba extrakce) na pevnost gelu při optimalizaci

Z grafu č. 16 je evidentní, že množství enzymu i doba extrakce významně ovlivňují pevnost želatinových gelů, neboť pevnost gelu klesá s delší dobou extrakce a rovněž se zvyšujícím se množstvím enzymu. Také je zřejmé, že množství enzymu má mírně výraznější vliv na pevnost gelu, než doba extrakce.

### 5.3 Zhodnocení výsledků práce

Tato kapitola srovnává výsledky této práce s výsledky podobných studií zaměřených na extrakci želatiny z drůbežích vedlejších produktů, jako jsou kuřecí či kachní nožky, drůbeží hlavy, kuřecí kůže nebo rezidua z kuřecího odkostovače.

#### 1. Výtěžek želatiny

Almeida ve své studii týkající se extrakce želatiny z kuřecích nožek dosáhl 36% výtěžku želatiny, což je méně, než 42,4 % v této studii. [19] Výtěžek kolagenu v další studii Almeida s Lannesem zaměřené opět na kuřecí nožky byl pouze 6,3 %. [27] Cheng a kol. použil různé kyseliny při extrakci želatiny z kuřecích nožek a zaznamenal také velmi nízké výtěžky od 5,6 do 8,3 %. [20] Liu a kol. zaznamenal výtěžek 30,7 %. [32] Huda s kol. studoval kachní nožky a dosáhl podobného výtěžku 28,4 %. [33] Sarbon a kol. studoval kuřecí kůži jako zdroj želatiny a dospěl k nízkému výtěžku 16 %. [24] Due a kol. studoval drůbeží hlavy a dosáhl výtěžků želatiny 38 %, tedy téměř stejného, jakého bylo dosaženo v této studii. [9] Všechny porovnávané výtěžky želatiny byly tedy nižší.

#### 2. Pevnost želatinových gelů

Pevnost gelu ve studii Almeida s Lannesem byla 295 Bloom, což je nižší hodnota, než 345 Bloom v této studii. [27] Sarbon a kol. naměřil srovnatelnou pevnost gelu 335 Bloom. [24] Due a kol. dosáhl pevnosti gelu 368 Bloom, a tedy překonal výsledek v této studii. [9] Rafieian a kol. použil jako výchozí surovinu zbytky z kuřecího odkostovače a dosáhl výrazně vyšší pevnosti gelu 520 Bloom. [30]

#### 3. Obsah popelovin v připravené želatině

Obsah popelovin se v této práci pohyboval od 0,61 do 2,04 %. Almeida a Lannes naměřili srovnatelný obsah popelovin 1,9 %, [27] Rafieian zaznamenal mírně vyšší obsah 2,6 %, [30] Sarbon měl mírně nižší obsah 0,4 %, [24] Due dosáhl extrémně nízkého obsahu 0,03 – 0,06 % [9] a Huda naopak velmi vysokého obsahu 28,6 %. [33]

#### 4. Srovnání technologických podmínek

V této studii byl použit biochemický způsob pro opracování suroviny při množství enzymu od 0,1 do 0,8 %, době opracování enzymem od 20 do 120 h, době extrakce od 15 min do 4 h a extrakční teplotě 80 °C. Almeida ve své studii extrahoval želatinu ve vodě bez použití chemických látek při vyšší teplotě 120 °C po dobu 20 min. [19] V další studii Almeida

s Lannesem použili 4% kyselinu octovou pro opracování suroviny po dobu 16 h a následnou extrakci ve vodě po dobu 6 h při nižší teplotě 55 °C. [27] Rafienian a kol. použil 1% NaCl pro opracování po dobu pouze 30 min. Následovalo máčení v HCl při koncentracích 3, 5 a 7 % po dobu 24 h při pokojové teplotě. Extrakce želatiny byla provedena ve vodě po dobu 4, 7 a 10 h při teplotě 60, 70 a 80 °C. [30] Sarbon a kol. použil pro opracování několik chemikálií, a to 0,15% NaOH po dobu 120 min, 0,15% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 0,7% kyselinu citrónovou také po dobu 120 min a extrakce proběhla ve vodě při nízké teplotě 45 °C, ale poměrně dlouhé době 24 h. [24] Due použil také chemikálie, tedy 0,015M roztok NaHCO<sub>3</sub> po dobu 3 h při velmi nízké teplotě 4 °C, 0,1M NaOH po dobu 6 h při teplotě 4 °C, 0,05M kyselinu octovou po dobu 18 h při 4 °C a extrahoval ve vodě při nižší teplotě 50 °C po delší dobu 18 h, nebo při mírně vyšší teplotě 60 °C a kratší době 6 h. [9] Huda a kol. extrahoval přímo v 5% kyselině mléčné při velmi nízké teplotě 4 – 7 °C po delší dobu 24 h a k neutralizaci použil 1N NaOH po dobu 15 min při nízké teplotě 10 °C. [33] Hyun-Wookem a kol. použil pro opracování 0,1N HCl při pokojové teplotě po dlouhou dobu 48 h s následnou extrakcí ve vodě při téměř stejné teplotě, jako v této studii, a to 75 °C, ale po delší dobu 6 h. [34] Yeo a kol. použil tak jako Hyun-Wookem 0,1N HCl po dobu 5 dní a extrahoval také při 75 °C ve vodě po dobu 2 h. [37]

S výjimkou Almeidy, který nepoužil žádné chemické látky a extrahoval pouze po dobu 20 min, byly ve všech porovnávaných studiích použity chemikálie pro opracování suroviny a delší doby extrakce želatiny. V žádné studii nebyl použit enzymový způsob pro opracování suroviny, na rozdíl od běžného alkalického nebo kyselého opracování využívaného v průmyslu, čímž je tato práce velmi přínosná pro danou problematiku. Ve srovnání s dostupnou literaturou se jeví postup přípravy a vlastnosti želatiny získané v této studii jako komparabilní a výsledný produkt lze bez omezení využít např. v potravinářském, kosmetickém nebo farmaceutickém průmyslu.

## ZÁVĚR

Kuřecí běháky jsou významný druh drůbežního odpadu vzhledem k velkému objemu produkce. Tento odpad nemá žádné využití, avšak může se jednat o potenciální surovinu pro přípravu želatiny, protože obsahuje značné množství kolagenu. Při teoretické části byla soustředěna pozornost na získání dostupných informací o odpadech potravinářského a drůbežního průmyslu, jejich rozdělení a aplikační možnosti. Dále byl popsán postup, kterým se želatina získává, z jakých zdrojů a v jakých průmyslových odvětvích se využívá s konkrétními příklady aplikací. Bylo uvedeno i srovnání drůbeží a tradiční želatiny. Část textu byla věnována vlastnostem želatiny a pro doplnění byla zařazena krátká kapitola věnovaná rybí želatině.

V praktické části byly použity faktorové pokusy ke studiu přípravy a byly zvoleny 3 sledované proměnné na 2 úrovních (množství enzymu, doba enzymového opracování a doba extrakce želatiny). Při přípravě želatiny bylo postupováno tak, že nejprve již rozemleté a zhomogenizované běháky (velikost 10 mm) byly vystaveny působení roztoku NaOH za účelem odstranění nekolagenních bílkovin a pigmentů, dále bylo provedeno odtučnění ve směsi petroletheru a ethanolu, pomletí suroviny na velikost menší než 3 mm a následné enzymové opracování. Nakonec proběhla extrakce v horké vodě při 80 °C. Připravené vzorky byly poté analyzovány a byl zkoumán vliv procesních parametrů na výtěžek a kvalitu želatiny.

Během základní části experimentů bylo dosaženo výtěžku hydrolyzátu v rozsahu od 8,2 (při množství enzymu 0,2 %, době enzymového opracování 24 h a době extrakce 1 h) do 11,5 % (0,8 %, 24 h, 1 h). Výtěžek želatiny byl v rozmezí od 20,1 (0,2 %, 24 h, 1 h) do 42,4 % (0,5 %, 72 h, 2,5 h). Pevnost gelu měla hodnoty od 216 (0,2 %, 24 h, 4 h) do 307 Bloom (0,2 %, 120 h, 1 h). Obsah popelovin měl rozmezí od 0,61 (0,2 %, 24 h, 4 h) do 1,83 % (0,5 %, 72 h, 2,5 h).

Při optimalizaci byla stanovena konstantní doba enzymového opracování (20 h) a bylo dosaženo výtěžku hydrolyzátu od 7,4 (0,1 %, 15 min) do 14,5 % (0,4 %, 45 min). Výtěžek želatiny byl od 25,3 (0,1 %, 15 min) do 36,1 % (0,4 %, 45 min). Pevnost gelu byla od 305 (0,4 %, 45 min) do 345 Bloom (0,1 %, 15 min).

Během optimalizace při množství enzymu 0,4 %, době enzymového opracování 20 h, době extrakce 45 min a teplotě 80 °C, která byla konstantní u všech provedených experimentů, bylo dosaženo výtěžku želatiny 36,1 % a pevnosti gelu 305 Bloom. Tyto podmínky lze po-

važovat za optimální vzhledem k poměrně vysoké účinnosti extrakce a současně vysoké pevnosti gelu.

Biochemický způsob získávání želatiny z vedlejších drůbežích produktů, konkrétně kuřecích běháků se ukázal jako výhodná alternativa k tradičním postupům používaných v praxi, díky srovnatelné účinnosti procesu i kvalitám připravené želatiny. Přínosná je rovněž skutečnost, že během fáze opracování suroviny nejsou použity žádné chemické látky a tento postup je tedy šetrnější k životnímu prostředí. Také z ekonomického hlediska je tento proces velmi výhodný, protože cena výchozí suroviny je naprosto minimální. Rovněž cena použitého enzymu není výrazně vyšší, než cena běžně používaných chemických látek. Zároveň dochází k využití odpadu, který vzniká v obrovském množství a je problematický vzhledem k jeho biologickému původu. Minimalizace takového odpadu je tedy velmi užitečná. Postup získávání želatiny použitý v této studii lze tedy označit jako moderní a s velkým potenciálem do budoucnosti.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Ockerman, H., Hansen C. L. *Animal By-Product Processing & Utilization*, Lancaster, PA: Technomic Pub. Co., Inc., 2000, stran 523 ISBN: 1-56676-777-6.
- [2] Dikeman, M., Devine C. *Encyclopedia Of Meat Sciences*, (2nd Edition), San Diego: Elsevier Academic Press, 2014, stran1487, ISBN 978-0-12-384731-7.
- [3] Waldron, K. *Handbook Of Waste Management And Co-Product Recovery In Food Processing*, Volume 2. Cambridge: Woodhead Publishing, 2009, stran 627, ISBN 978-1-84569-391-6.
- [4] Ferraro, V., Anton, M., Santé-Lhoutellier, V. *The “Sisters”  $\alpha$ -Helices Of Collagen, Elastin And Keratin Recovered From Animal By-Products: Functionality, Bioactivity And Trends Of Application Trends In Food Science & Technology*, 2016, 51, strany 65-75.
- [5] Toldra, F., Mora, L., Reig, M. *New Insights Into Meat By-Product Utilization*, Meat Science, 2016, 120, strany 54-59.
- [6] Jayathilakan, K., Sultana, K., Radhakrishna, K., Bawa, A. S. *Utilization Of By Products And Waste Materials From Meat, Poultry And Fish Processing Industries: A Review*, Journal of Food Science and Technology, 2012, 49, 3, strany 278-293.
- [7] Gómez-Juárez, C., Castellanos, R., Ponce-Noyola, T., Calderón, V., Figueroa, J. *Protein Recovery from Slaughterhouse Wastes*, Bioresource Technology, 1999, 70, 2, strany 129-133.
- [8] Toldrá, F., Aristoy, M., Mora, L., Reig, M. *Innovations In Value-Addition Of Edible Meat By-Products*, Meat Science, 2012, 92, 3, strany 290-296.
- [9] Du, L., Khiari, Z., Pietrasik, Z., Betti, M. *Physicochemical And Functional-Properties Of Gelatins Extracted From Turkey And Chicken Heads*, Poultry Science, 2013, 92, 9, strany 2463-2474.

- [10] Almeida, P. F., Calarge, F. A., Santana, J. C. C. *Production Of A Product Similar To Gelatin From Chicken Feet Collagen*, Engenharia Agrícola, Jaboticabal, 2013, 33, 6, strany 1289-1300.
- [11] Poultry Slaughter 2016 Summary 02/24/2017 [citováno online 2017-03-13] dostupné z: <http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/current/PoulSlauSu/PoulSlauSu-02-24-2017.pdf>
- [12] Eurostat Statistics Explained, *Meat Production Statistics*. [citováno online 2017-03-13] dostupné z: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Meat\\_production\\_statistics#Poultry\\_meat](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Meat_production_statistics#Poultry_meat)
- [13] Rivera, J. A., Sebranek, J. G., Rust, R. E., Tabatabai, L. B. *Composition and Protein Fractions of Different Meat By-products Used for Petfood Compared with Mechanically Separated Chicken (MSC)*, Meat Science, 2000, 55, 1, strany 53-59.
- [14] *Agricultural Waste And Adhesives*, Adhesives & Sealants Industry, 2013, 20, strana 531. [citováno online 2017-02-14] dostupné z: <http://www.adhesivesmag.com/articles/91919-advancing-adhesives-agricultural-waste-and-adhesives>
- [15] Bianchi, M., Cherubini, F., De Pascale, A., Peretto, A., Elmegaard, B. *Cogeneration From Poultry Industry Wastes: Indirectly Fired Gas Turbine Application*, Energy, 2006, 31, 10, strany 1417-1436.
- [16] Phillips, G. O., Williams P. A. *Handbook Of Food Proteins*, Philadelphia: Woodhead Publishing In Food Science, Technology, And Nutrition, 2011, stran 222, ISBN 0857093630.
- [17] Gómez-Guillén, M. C., Giménez, B., López-Caballero, M. E., Montero, M. P. *Functional And Bioactive Properties Of Collagen And Gelatin From Alternative Sources: A Review*, Food Hydrocolloids, 2011, 25, 8 strany 1813-1827.

- [18] Schrieber, R., Gareis, H. *Gelatine Handbook Theory And Industrial Practi- ce*, Weinheim: Wiley-VCH-Verl, 2007, stran 334, ISBN 978-3-527-31548-2.
- [19] Almeida, P. F., Calarge, F. A., Santana, J. C. C. *Production Of A Product Similar To Gelatin From Chicken Feet Collagen*, Engenharia Agrícola, 2013, 33, 6, strany 1289-1300.
- [20] Cheng, F. Y, Hsu, F. W., Chang, H. S., Lin, L. C., Sakata, R. *Effect Of Dif- ferent Acids On The Extraction Of pepsin Solubilised Collagen Contain- ing Melanin From Silky Fowl Feet*, Food Chem. , 2009, 113, strany 563-567.
- [21] Jamilah, B., Harvinder, K. G. *Properties Of Gelatins From Skins Of Fish – Black Tilapia (Oreochromismossambicus) And Red Tilapia (Oreochro- mis Nilotica)*, FoodChem., 2002, 77, 81-84.
- [22] Tavakolipour, H. *Extraction And Evaluation Of Gelatin From Silver Carp Waste*, World J. FishMar. Sci. 2011, V. 3(N. 1), 10-15.
- [23] Bueno, C. M., Alvim, I. D., Koberstein, T. C. R. D., Portella, M. C. *Pro- dução De Gelatina De Pele De Tilápia E Sua Utilização Para Obtenção De Micropartículas Contendo Óleo De Salmão*. Braz. J., FoodTechnol., 2011, 14, 65-73.
- [24] Sarbon, Mhd, N., Badii, F., Howell, K. N. *Preparation And Characterisati- on Of Chicken Skin Gelatin As An alternative To Mammalian Gelatin*, Food Hydrocolloids, 2013, 30, 1, strany 143-151.
- [25] Norziah, M. H., Al-Hassan, A., Khairulnizam, A. B., Mordi, M. N., Norita, M. *Characterization Of Fish Gelatin From Surimi Processing Wastes: Thermalanalysis And Effect Of Transglutaminase On Gel Properties*, Food Hydrocolloid, 2009, 23, 1610-1616.
- [26] Rafieian, F., Keramat, J., Kadivar, M. *Optimization Of Gelatin Extraction From Chicken Deboner Residue Using Rsm Method*, Journal Of Food Science And Technology, 2013, 50,374-380.



- [27] Almeida, P. F., Lannes, S. C. S. *Extraction And Physicochemical Characterization Of Gelatin From Chicken By-Product*, Journal Of Food Process Engineering, 2013, 36, strany 824-833.
- [28] Rafieian, F., Keramat, J., Kadivar, M. *Optimization Of Gelatin Extraction From Chicken Deboner Residue Using RSM Method*, Journal Of Food Science And Technology, 2013, 50, 2, strany 374-380.
- [29] Aewsiri, T., Benjakul, S., Vinessanguan, W., Tanaka, M. *Chemical Compositions And Functional Properties Of Gelatin From Pre-Cooked Tuna Fin*, International Journal Of Food Science And Technology, 2008, 43, 685-693.
- [30] Rafieian, F., Keramat, J., Shahedi, M. *Physicochemical Properties Of Gelatine Extracted From Chicken Deboner Residue*, LWT - Food Science And Technology, 2015, 64, 2, strany 1370-1375.
- [31] Grossman, S., Bergman, M. *Process For The Production Of Gelatin From The Fish Skins*, US Patent 5, 1992, 093,474.
- [32] Liu, D. C., Lin, Y. K., Chen, M. T. *Optimum Condition Of Extracting Collagen From Chicken Feet And Its Characteristics*, Aust. J. Anim. Sci., 2001, 14, 1638-1644.
- [33] Huda, N., Seow E. K., Normawati, M. N., Nik Aisyah, N. M. *Preliminary Study On Physicochemical Properties Of Duck Feet Collagen*, International Journal Of Poultry Science, 2013, 12, 10, strany 615-621.
- [34] Kim, Hw., Park, Jh., Yeo, Ej., Hwang, Ke., Song, Dh., Kim, Yj., Ham, Yk., Jeong, Tj., Choi, Ys., Kim, Cj. *Effect Of Duck Feet Gelatin Concentration On Physicochemical, Textural, And Sensory Properties Of Duck Meat Jellies*, Korean Journal For Food Science Of Animal Resources, 2014, 34, 3, strany 387-394.
- [35] Hsu, S. Y., Sun, L. Y. *Comparisons On 10 Nonmeat Protein Fat Substitutes For Low-Fat Kung-Wans*, J. FoodEng, 2006, 74, 47-53.
- [36] Pereira, A. G. T., Ramos, E. M., Teixeira, J. T., Cardoso, G. P., Ramos, A. L. S., and Fontes, P. R. *Effects Of The Addition Of Mechanically Debon-*

- ded Poultry Meat And Collagen Fiber On Quality Characteristics Of Frankfurter-Type Sausages*, MeatSci, 2011, 89, 519-525.
- [37] Yeo, E.j., Kim, Hw., Hwang, Ke., Song, Dh., Kim, Yj., Ham, Yk., He, Fy., Park, Jh., Kim, Cj. *Effect Of Duck Feet Gelatin On Physicochemical, Textural, And Sensory Properties Of Low-Fat Frankfurters*, Korean Journal For Food Science Of Animal Resources, 2014, 34, 4, strany 415-422.
- [38] Gómez-Guilleén, M. C., Montero, P. *Extraction Of Gelatin From Megrim (*Lepidorhombus Boscii*) Skins With Several Organic Acids*, Journal Of Food Science, 2001, 66(2), 213-216.
- [39] Haug, I. J., Draget, K. I., Smidsrød, O. *Physical Behaviour Of Fish Gelatin-Kcarrageenan Mixtures*, Carbohydrate Polymers, 2004, 56, 11-19.
- [40] Zhou, P., Mulvaney, S. J., Regenstein, J. M. *Properties Of Alaska Pollock Skin Gelatin: A Comparison With Tilapia And Pork Skin Gelatins*, Journal of Food Science, 2006, 71, C313-C321.
- [41] Gilsenan, P. M., Ross-Murphy, S. B. *Rheological Characterisation Of Gelatins From Mammalian And Marine Sources*, Food Hydrocolloids, 2000, 14, 191-195.
- [42] Arnesen, J. A., Gildberg, A. *Extraction And Characterisation Of Gelatine From Atlantic Salmon (*Salmo Salar*) Skin*, 2007, Bioresource Technology, 98, 53-57.
- [43] Choi, S. - S., Regenstein, J. M. *Physicochemical And Sensory Characteristics Of Fish Gelatin*, Journal of Food Science, 2000, 65, 194-199.
- [44] Karim, A. A., Bhat, Rajeev. *Fish Gelatin: Properties, Challenges, and Prospects as an Alternative to Mammalian Gelatins*, Food Hydrocolloids, 2009, 23, 3, strany 563-576.
- [45] Kuan, Yau-Hoong., Nafchi, A. M., Huda, N., Ariffin, F., Karim, A. A. *Effects Of Sugars On The Gelation Kinetics And Texture Of Duck Feet Gelatin*, Food Hydrocolloids, 2016, 58, strany 267-275.

- [46] Ing. Klára Štrausová, Ph.D., doc. Ing. Petr Dolejš, CSc. *Využití faktorového plánu experimentů při poloprovozním měření a v předprojektové přípravě*, [citováno online 2017-03-17] dostupné z: [www.smv.cz/index.php?cmd=document&id=907](http://www.smv.cz/index.php?cmd=document&id=907)
- [47] Gelatin Manufacturers Institute Of America [citováno online 2017-03-18] dostupné z: <http://www.gelatin-gmia.com>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

BSK	Biochemická spotřeba kyslíku
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
BSE	Bovinní spongiformní encefalopatie
MBM	Meat bone meal
IFGT	Indirect fire gas turbine
HCL	Kyselina chlorovodíková
Ca <sub>2</sub> OH	Hydroxid vápenatý
MFRURAL	Rural physical market
NaCl	Chlorid sodný
NaOH	Hydroxid sodný
pI	Izoelektrický bod
AOAC	Association of Official Agricultural Chemists
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Kyselina sírová
T <sub>m</sub>	Teplota tání
T <sub>d</sub>	Teplota denaturace
ΔH	Změna entalpie
GME	Gelatin Manufacturers of Europe
NaHCO <sub>3</sub>	Hydrogenuhličitan sodný
GMIA	Gelatin Manufacturers Institute of America
PA	Polyamid

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1 – živočišné vedlejší produkty a některé možnosti jejich aplikací

Obrázek č. 2 – blokové schéma produkčního procesu želatiny

Obrázek č. 3 – blokové schéma přípravy želatiny z kuřecích běháků

Obrázek č. 4 – vliv kombinace faktorů A (množství enzymu), B (doba enzym. opracování) a C (doba extrakce) na množství vyextrahované želatiny v základní části

Obrázek č. 5 – vliv množství enzymu a doby extrakce na množství vyextrahované želatiny v základní části

Obrázek č. 6 – vliv jednot. faktorů A (množství enzymu), B (doba enzym. opracování) a C (doba extrakce) na množství vyextrahované želatiny v základní části

Obrázek č. 7 – vliv kombinace faktorů A (množství enzymu), B (doba enzym. opracování) a C (doba extrakce) na pevnost gelu v základní části

Obrázek č. 8 – vliv množství enzymu a doby extrakce na pevnost gelu v základní části

Obrázek č. 9 – vliv jednot. faktorů A (množství enzymu), B (doba enzym. opracování) a C (doba extrakce) na pevnost gelu v základní části

Obrázek č. 10 – nádobky s připravenými želatinovými gely ze všech 5 experimentů

Obrázek č. 11 – vliv kombinace faktorů A (množství enzymu) a C (doba extrakce) na množství vyextrahované želatiny při optimalizaci

Obrázek č. 12 – vliv kombinace faktorů A (množství enzymu) a C (doba extrakce) na množství vyextrahované želatiny při optimalizaci

Obrázek č. 13 – vliv faktorů A (množství enzymu) a C (doba extrakce) na množství vyextrahované želatiny při optimalizaci

Obrázek č. 14 – vliv kombinace faktorů A (množství enzymu) a C (doba extrakce) na pevnost gelu při optimalizaci

Obrázek č. 15 – vliv množství enzymu a doby extrakce na pevnost gelu při optimalizaci

Obrázek č. 16 – vliv jednot. faktorů A (množství enzymu) a C (doba extrakce) na pevnost gelu při optimalizaci

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka č. 1 – vedlejší produkty drůbežního průmyslu a jejich potenciální použití

Tabulka č. 2 – vlastnosti želatiny extrahované z drůbežích hlav

Tabulka č. 3 – množství želatiny, vody a velikost nádoby pro různé metody stanovení pevnosti gelu

Tabulka č. 4 – rozpis experimentů s naměřenými a vypočítanými výsledky v základní části

Tabulka č. 5 – rozpis experimentů s naměřenými a vypočítanými výsledky při optimalizaci

## SEZNAM PŘÍLOH

- [1] Podmínky chovu v moderní drůbežárně
- [2] Fotografie přístroje na měření pevnosti gelu



## PŘÍLOHA P I:

### Podmínky chovu v moderní drůbežárně

Převzato z: Dikeman, M., Devine C. *Encyclopedia Of Meat Sciences*, (2nd Edition), San Diego: Elsevier Academic Press, 2014, stran 1487, ISBN 978-0-12-384731-7.

Komerční intenzivní kuřecí průmysl je integrovaný, začleňující společnosti na výrobu krmiv, chovatelské farmy, líhně a zpracovatelské závody. V tomto modelu jsou kuřata produkována pod smlouvou, ve které farmáři poskytují prostory, vybavení, pomůcky, pracovníky, zatímco společnosti poskytují kuřata, krmivo, ošetření, transport a technicko-veterinární dozor. Moderní intenzivní farma má 8 až 40 voliér pro chov, v každé voliére se pěstuje 30000 až 45000 kuřat v houfu, a kuřata dosahují tržní váhy mezi 5 až 6 týdnem. Každá voliéra vypěstuje 5 až 5,5 houfů kuřat, každý houf je oddělený čistící a odpočinkovou periodou. V minulých letech poptávka po masě z volně se pohybujících kuřat stoupla na mnoha vyspělých trzích. Jako výsledek vznikly farmy s volným pohybem kuřat z malých mobilních nebo stálých farem produkujících 500 až 10000 ptáků/houf k velkým přístřeškům z více než 2000 m<sup>2</sup> chovající přibližně 35000 ptáků. Ptáci mají přístup k zastíněným venkovním prostorům přes líhně, které jsou otevřené během dne, pokud je jejich opeření a počasí vhodné. Voliéry jsou stavby přesně daných rozměrů s podestýlkou na zemi a ptáci mají volný výběh, neboť systémy klecí nejsou běžné v produkci ptačího masa. Typy voliér jsou navrženy tak, aby bylo umožněno odsávání různých objemů vzduchu v závislosti na váze a hustotě ptáků a vnitřní teplotě a vlhkosti. Moderní drůbežárny mají plně automatizovaný systém propojující větrání, odpařovací chladiče a topení s odpovídajícími senzory za účelem požadovaného vybavení voliér.



## PŘÍLOHA P II:

### Fotografie přístroje na měření pevnosti gelu

