

Univerzita Karlova v Praze

1. lékařská fakulta

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Nutriční terapeut



Magdalena Hnátková

Nutriční a senzorická hodnota vysokoproteinových potravin

Nutritional and sensory value of high-protein foods

Bakalářská práce

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. Marek Doležal

Praha, 2025

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem řádně uvedla a citovala všechny použité prameny a literaturu. Současně prohlašuji, že práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému meziuniverzitního projektu Theses.cz za účelem soustavné kontroly podobnosti kvalifikačních prací.

V Praze, 29. 4. 2025

.....

Magdalena Hnátková

Poděkování:

Ráda bych poděkovala doc. Dr. Ing. Marku Doležalovi za odborné vedení mé bakalářské práce, pomoc při práci v laboratoři, čas věnovaný konzultacím, vlídný přístup a předání cenných informací. Ráda bych také poděkovala Ing. Vojtěchu Ilkovi, Ph.D., za pomoc při práci v laboratoři a vedení senzorické analýzy. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat své rodině a příteli za podporu nejen během psaní bakalářské práce, ale i po celou dobu studia.

Identifikační záznam

HNÁTKOVÁ, Magdalena. Nutriční a senzorická hodnota vysokoproteinových potravin. [*Nutritional and sensory value of high-protein foods*]. Praha, 2025. 107 s. Bakalářská práce (Bc.). Univerzita Karlova, 1. lékařská fakulta, III. interní klinika 1. LF UK. Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. Marek Doležal.

Abstrakt

Zájem o vysokoproteinové potraviny výrazně roste. Současně s tímto trendem narůstá zájem o bílkoviny rostlinného původu, u kterých je však otázkou jejich kvalita z hlediska esenciálních aminokyselin, vstřebatelnosti a stravitelnosti.

Cílem bakalářské práce bylo poskytnout experimentální údaje o nutriční a sensorické kvalitě vybraných vysokoproteinových výrobků, které jsou dostupné na českém trhu. Analyzováno bylo celkem osm vzorků proteinových sušenek a osm vzorků proteinových granol.

Nutriční kvalita byla zjištěna prostřednictvím chemické analýzy. Sušina byla stanovena gravimetrií, obsah bílkovin Kjeldahlovou metodou a obsah tuku extrakcí dle Soxhleta. Složení mastných kyselin bylo analyzováno plynovou chromatografií s plamenově ionizačním detektorem (GC/FID). Na základě zjištěných a deklarovaných údajů byly dopočteny sacharidy. Sensorická kvalita vzorků byla zhodnocena sensorickou analýzou.

Z hlediska nutriční kvality se vzorky liší. Tuk byl stanoven v rozpětí 7,45–31,89 g/100 g a bílkoviny 17,77–28,1 g/100 g. Dopočtený obsah sacharidů se pohyboval v rozmezí 17,30–62,32 g/100 g. Obsah sušiny byl stanoven v rozmezí 86,80–97,33 g/100 g. Zastoupení nasyčených mastných kyselin představovalo 11,90–76,25 %, u *trans*-izomerů mastných kyselin nepřesáhlo 0,57 % ze všech mastných kyselin.

Senzoricky dobře hodnocené byly proteinové granoly s rostlinnými bílkovinami. U proteinových sušenek naopak vnímali hodnotitelé lépe vzorky s mléčnými proteiny, které byly v některých vzorcích kombinovány s pšeničnými bílkovinami. Průměrné celkové hodnocení bylo lepší u proteinových granol než u proteinových sušenek.

Deklarované hodnoty výrobků byly ve velké míře potvrzeny. Většina analyzovaných vzorků obsahovala vhodné zdroje bílkovin, případně jejich kombinaci, čímž bylo dosaženo kompletního spektra esenciálních aminokyselin i při použití rostlinných zdrojů bílkovin.

Klíčová slova: vysokoproteinové potraviny, rostlinné bílkoviny, stanovení bílkovin, stanovení tuku, sensorická analýza, GC-FID

Abstract

Interest in high-protein foods is growing significantly. There is also increasing interest in plant-based proteins, although their quality in terms of essential amino acids, absorption, and digestibility remains controversial.

The aim of the bachelor thesis was to provide experimental data on the nutritional and sensory quality of selected high-protein products available on the Czech market. A total of eight samples of protein cookies and eight samples of protein granolas were analysed.

Nutritional quality was determined through chemical analysis. Dry matter was determined by gravimetry, protein content by the Kjeldahl method, and fat content by the Soxhlet extraction. Fatty acid composition was analysed by gas chromatography with a flame ionization detector (GC/FID). Carbohydrate content was calculated based on the obtained and declared data. The sensory quality of the samples was evaluated by sensory analysis.

In terms of nutritional quality, the samples varied. Fat was determined in the range of 7,45–31,89 g/100 g and protein 17,77–28,1 g/100 g. The calculated carbohydrate content ranged from 17,30–62,32 g/100 g. The dry matter content was determined in the range of 86,80–97,33 g/100 g. The proportion of saturated fatty acids was 11,90–76,25%; trans isomers of fatty acids did not exceed 0,57% of total fatty acids.

Protein granolas containing plant proteins were rated favorably in the sensory evaluation. In contrast, the evaluators preferred protein cookies containing milk proteins, which were combined with wheat proteins in some samples. The average overall rating was higher for protein granolas than for protein cookies.

The declared product values were largely confirmed. Most of the analysed samples contained appropriate sources of protein, or a combination thereof, achieving a complete spectrum of essential amino acids even when using plant-based protein sources.

Keywords: high protein foods, plant proteins, protein determination, fat determination, sensory analysis, GC-FID

Obsah

Úvod.....	9
TEORETICKÁ ČÁST	11
1. Vysokoproteinové potraviny	11
1.1 Výživová a zdravotní tvrzení	11
1.1.1 Výživová tvrzení	12
1.1.2 Zdravotní tvrzení.....	13
1.2 Typy vysokoproteinových potravin	13
2. Definice bílkovin a jejich role v těle	16
2.1 Klasifikace aminokyselin a jejich potřeba	16
2.2 Hodnocení kvality bílkovin	17
2.2.1 Metoda PDCAAS.....	18
2.2.2 Metoda DIAAS	18
3. Bílkovinné zdroje využívané ve vysokoproteinových potravinách.....	20
3.1 Živočišné zdroje bílkovin	20
3.1.1 Mléčné bílkoviny	20
3.1.2 Syrovátková bílkovina	23
3.1.3 Kasein.....	26
3.2 Rostlinné zdroje bílkovin.....	29
3.2.1 Sójová bílkovina	29
3.2.2 Hrachová bílkovina	32
3.2.3 Pšeničná bílkovina	34
3.2.4 Antinutriční látky rostlinných bílkovin.....	37
PRAKTICKÁ ČÁST	39
4. Cíle práce.....	39
5. Analyzované vzorky	39

5.1	Proteinové sušenky	40
5.2	Proteinové granoly	43
5.3	Nutriční hodnoty vzorků	46
5.3.1	Nutriční hodnoty proteinových sušenek	46
5.3.2	Nutriční hodnoty proteinových granol	46
6.	Metodika.....	48
6.1	Gravimetrie	48
6.1.1	Přístroje a pomůcky	48
6.1.2	Postup.....	48
6.2	Extrakce tuku dle Soxhleta	48
6.2.1	Chemikálie	48
6.2.2	Přístroje a pomůcky	49
6.2.3	Postup.....	49
6.3	Plynová chromatografie s plamenovým ionizačním detektorem.....	49
6.3.1	Chemikálie	49
6.3.2	Přístroje a pomůcky	50
6.3.3	Postup přípravy methylesterů mastných kyselin.....	50
6.4	Kjeldahlova metoda	51
6.4.1	Chemikálie	51
6.4.2	Přístroje a pomůcky	52
6.4.3	Postup.....	52
6.5	Senzorická analýza	54
6.5.1	Deskriptory proteinových sušenek.....	55
6.5.2	Deskriptory proteinových granol	56
7.	Výsledky.....	57
7.1	Obsah sušiny	57

7.2	Obsah tuku	58
7.3	Složení mastných kyselin.....	60
7.4	Obsah bílkovin.....	65
7.5	Obsah sacharidů	66
7.6	Senzorická analýza	68
7.6.1	Senzorická analýza proteinových sušenek.....	68
7.6.2	Senzorická analýza proteinových granol	74
8.	Diskuze	79
9.	Závěr.....	84
	Seznam použité literatury	86
	Seznam tabulek	102
	Seznam grafů	104
	Seznam použitých zkratek	105

Úvod

Bílkoviny spolu s tuky a sacharidy tvoří základní živiny výživy člověka. V posledních letech narůstá zájem o potraviny, které mají jejich zvýšený obsah. V minulosti byly konzumovány spíše sportovci, ale dnes patří mezi spotřebitele těchto potravin i nesportující populace. S rostoucí poptávkou se rozšiřuje i jejich nabídka a tyto potraviny lze dnes zakoupit i v běžných supermarketech (Arenas-Jal *et al.*, 2020). Rozšířené jsou například v mléčných a cereálních výrobcích, často se konzumují také proteinové tyčinky či jiné snacky a lze je také najít ve formě proteinových prášků.

Vysokoproteinové potraviny mohou být označeny zdravotními a výživovými tvrzeními. Nejvíce využívanými výživovými tvrzeními jsou „zdroj bílkovin“ a „s vysokým obsahem bílkovin“, která napomáhají jejich popularitě (Fernan *et al.*, 2018).

Zdroje bílkovin, které jsou využité v těchto potravinách, mohou být živočišného nebo rostlinného původu. Právě po rostlinných zdrojích narůstá poptávka vzhledem k tomu, že ve srovnání s živočišnými je jejich výroba k životnímu prostředí šetrnější. Etický aspekt konzumace živočišných zdrojů, je dalším důvodem zvyšující se poptávky rostlinných bílkovin (Aschemann-Witzel *et al.*, 2021). Zahrnutí rostlinných bílkovin do jídelníčku je dnes snazší, protože se dají zakoupit i ve zmiňované formě prášků, které poskytují koncentrovanou formu bílkovin. Nevýhodou rostlinných bílkovin je však v porovnání s živočišnými jejich možná horší kvalita, která je dána nedostatkem esenciálních aminokyselin a přítomností antinutričních látek (Hertzler *et al.*, 2020).

Cílem této práce bylo porovnat nutriční a senzorickou hodnotu vybraných vysokoproteinových výrobků dostupných na českém trhu. Bylo vybráno 8 výrobků proteinových sušenek a 8 výrobků proteinových granol. Pomocí chemických laboratorních analýz byl v nich stanoven obsah sušiny, tuku, složení mastných kyselin a bílkovin. Dopočtem byly stanoveny sacharidy. Zjištěné hodnoty byly srovnány s deklarovanými hodnotami na obalu výrobků. Senzorická hodnota výrobků byla získána prostřednictvím senzorické analýzy.

Teoretická část práce se zaměřuje na trend vysokoproteinových potravin a uvádí konkrétní typy výrobků, které jsou tímto trendem ovlivněné. Rovněž poskytuje informace o možnosti a podmínkách značení potravin výživovými či zdravotními tvrzeními. Jsou popsány základní informace o bílkovinách a také o metodách, které hodnotí jejich kvalitu.

Poslední kapitola teoretické části práce se věnuje bílkovinným zdrojům, které jsou použité v analyzovaných produktech. Z živočišných zdrojů popisuje mléčnou bílkovinu, syrovátkový protein a kasein. V rámci rostlinných zdrojů charakterizuje sójovou a hrachovou bílkovinu a také druhy proteinů vyráběné z pšeničného lepku. Zahrnuje informace o jejich kvalitě, nutričním složení, technologii výroby a jejich aplikace v potravinách.

TEORETICKÁ ČÁST

1. Vysokoproteinové potraviny

Poptávka po potravinách s vysokým obsahem bílkovin je v posledních letech na vzestupu. Konzumenty již nejsou jen sportovci, ale příjem vysokoproteinových potravin narůstá i mezi běžnou populací. Rostoucí zájem je dán mnoha důvody. Lidé mají větší přehled ohledně benefitů spojených s optimálním příjmem bílkovin. Těmi jsou typicky nárůst či udržení svalové hmoty a oproti sacharidům delší pocit sytosti. I starší populace vnímá bílkoviny jako důležité, vzhledem k jejich důležitosti z hlediska involučních změn (Arenas-Jal *et al.*, 2020; Henchion *et al.*, 2017). Často jsou bílkoviny upřednostňovány v porovnání s ostatními makronutrienty, které mohou být vnímány jako nevhodné či dokonce škodlivé, a proto jsou z příjmu vyřazovány a nahrazovány bílkoviny (Arenas-Jal *et al.*, 2020).

Sportovní výživa je také více rozšířená než tomu bylo v minulosti a právě bílkoviny jsou dostupnou složkou pro běžnou populaci, která často touží dosáhnout rychlých výsledků ve fitness či sportu. V minulosti byly proteinové doplňky a potraviny dostupné spíše v obchodech se sportovními produkty, ale dnes je lze zakoupit i v běžných supermarketech (Arenas-Jal *et al.*, 2020; Ortega *et al.*, 2024).

Dominantní jsou spíše bílkoviny živočišného původu a do roku 2050 se celosvětově předpokládá jejich dvojnásobná poptávka (Aschemann-Witzel *et al.*, 2021; Henchion *et al.*, 2017). Avšak je řešena otázka udržitelnosti jejich výroby, její ekologická náročnost a dále etické hledisko. Proto se poptávka rozšiřuje i na alternativy, které jsou vyráběny z rostlinných bílkovin (Arenas-Jal *et al.*, 2020).

1.1 Výživová a zdravotní tvrzení

Vysokoproteinové potraviny obvykle obsahují na svém obalu či etiketě různá tvrzení, která naznačují jejich vyšší obsah bílkovin. Tato tvrzení nejsou povinná, ale jak ukazuje studie Fernan *et al.* (2018) mohou být díky nim výrobky vnímány jako zdravější. Avšak toto mínění nemusí být vždy pravdivé a často zkresluje celkový pozitivní vliv dané potraviny na lidský organismus. Ve zmíněné studii autoři porovnávali, jaký rozdíl budou vnímat respondenti, pokud bude označení „protein“ v názvu proteinové tyčinky oproti označení pouze na etiketě výrobku. Označení na etiketě pomohlo zesílit vnímání o obsahu bílkovin

v tyčince, avšak pokud bylo označení v názvu tyčinky, ovlivnilo vnímání jejího celkového složení. Respondenti tedy vnímali výrobek nejen jako bohatý na bílkoviny, ale také ho vnímali jako zdravější a obsahující i další zdraví prospěšné látky, přestože nebyly deklarovány.

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006 ze dne 20. prosince 2006 o výživových a zdravotních tvrzeních při označování potravin, v platném znění, stanovuje kritéria, která výrobci musí splnit pro to, aby mohli použít výživová či zdravotní tvrzení.

1.1.1 Výživová tvrzení

Pokud potravina obsahuje určité prospěšné výživové vlastnosti, lze v souvislosti s výrobkem uvést určité výživové tvrzení. Výživová tvrzení jsou různá a mohou se týkat energetické hodnoty, živin či jiných obsažených látek. Používají se zejména v případech, pokud potravina některou z nich pouze obsahuje nebo – jako tomu je u vysokoproteinových potravin – jsou obsaženy ve zvýšeném množství. Avšak lze tak označit i potraviny, jež kalorickou hodnotu, živinu či látku vůbec neobsahují či ji obsahují v redukováném množství (Nařízení (ES) č. 1924/2006, 2006).

U potravin, které obsahují zvýšené množství bílkovin, lze využít zejména výživová tvrzení, která určují, z kolika procent bílkoviny zastupují energetickou hodnotu výrobku. Prvním z nich je výživové tvrzení „zdroj bílkovin“, kde bílkoviny musí zastupovat alespoň 12 % z energetické hodnoty výrobku. U druhého tvrzení je požadavek na obsah bílkovin navýšen a může být využito pouze v případě, pokud energetickou hodnotu potraviny tvoří bílkoviny alespoň z 20 %. Pokud tyto požadavky splňuje, lze ji označit výživovým tvrzením „s vysokým obsahem bílkovin“ (Nařízení (ES) č. 1924/2006, 2006).

Podle Státní zemědělské a potravinářské inspekce (2024) (dále jen SZPI) není nutné výživová tvrzení použít v přesném znění, jako je uvedeno výše. Výrobci si mohou znění mírně upravit, ale stále musí zachovat jednotný význam. Pokud je například použito označení „s vysokým obsahem bílkovin“, je možné ho upravit na „se zvýšeným obsahem bílkovin“ apod. Jak je uvedeno v příloze 2 zdroje SZPI (2024), je stejně tak možné u výživového tvrzení místo „zdroj bílkovin“ použít slovo protein, tudíž výsledné výživové tvrzení bude znít „zdroj proteinů“.

1.1.2 Zdravotní tvrzení

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) definuje zdravotní tvrzení následovně „zdravotním tvrzením“ se rozumí každé tvrzení, které uvádí, naznačuje nebo ze kterého vyplývá, že existuje souvislost mezi kategorií potravin, potravinou nebo některou z jejích složek a zdravím“ (Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006, 2006, článek 2, odst. 2, bod 5).

Schválená zdravotní tvrzení, která mohou výrobci použít u vysokoproteinových potravin, jsou stanovena v Nařízení Komise (EU) č. 432/2012 ze dne 16. května 2012, kterým se zřizuje seznam schválených zdravotních tvrzení při označování potravin jiných než tvrzení o snížení rizika onemocnění a o vývoji a zdraví dětí, v platném znění. U všech z nich je podmínkou, aby obsahovaly alespoň 12 % bílkovin z energetické hodnoty, jak je tomu u výživového tvrzení „zdroj bílkovin“. Na výrobky je možné uvést následující zdravotní tvrzení:

- „bílkoviny přispívají k růstu svalové hmoty,
- bílkoviny přispívají k udržení svalové hmoty,
- bílkoviny přispívají k udržení normálního stavu kostí“ (Nařízení Komise (EU) č. 432/2012, 2012, příloha).

Zdravotní tvrzení nemusí být uvedena stejně, jako je tomu v nařízení. Lze je mírně modifikovat, avšak tato úprava nesmí změnit jejich původní význam (Nařízení (EU) č. 432/2012, 2012).

1.2 Typy vysokoproteinových potravin

Do vysokoproteinových potravin lze využít různé zdroje živočišných i rostlinných bílkovin nebo jejich kombinace. Z živočišných bílkovin jsou často využívány mléčné bílkoviny, kasein a bílkoviny získané ze syrovátky (Henchion *et al.*, 2017). Z rostlinných bílkovin se využívají proteiny luštěnin, obilovin či pseudoobilovin. Novějšími možnými zdroji jsou například bílkoviny získané z hmyzu nebo mikrořas (De Angelis *et al.*, 2024).

Mléčné výrobky jsou velmi populární kategorií vysokoproteinových výrobků. Jsou oblíbené nejen ve formě prášků, ale také ve formě nápojů, které jsou připravené ke konzumaci (Singh *et al.*, 2022). U samotného mléka lze pomocí membránové separační technologie navýšit obsah bílkovin v něm, a tak výsledný produkt může obsahovat

až dvakrát více bílkovin než před aplikací membránové technologie (Henchion *et al.*, 2017). Dalšími příklady mléčných výrobků, které lze najít ve variantě s vysokým obsahem bílkovin, jsou zmrzliny, pudinky a jogurty (Ortega *et al.*, 2024).

Mezi nejrozšířenější proteinové prášky se řadí syrovátkový protein, kasein a z rostlinných zdrojů sójové bílkoviny. Dalšími oblíbenými rostlinnými alternativami jsou hrachové či rýžové proteiny (Arenas-Jal *et al.*, 2020). Z obilovin lze kromě zmíněného rýžového proteinu využít také například pšeničnou a ovesnou bílkovinu. Práškové proteiny mají výhodu delší trvanlivosti v porovnání s tekutými formami (Senarathna *et al.*, 2024).

Spolu s trendem vysokoproteinových potravin narůstá také trend konzumace různých snacků neboli potravin, které jsou konzumovány mezi hlavními jídly. Lze sem zařadit různé druhy tyčinek. Cereální tyčinky jsou konzumovány primárně jako zdroj sacharidů, ale pokud jsou obohaceny bílkoviny, slouží nejen jako zdroj energie, ale také jako zdroj proteinů. Kromě klasické aplikace mléčných a sójových bílkovin lze do této komodity využít i další luštěninové bílkoviny – hrachové nebo čočkové (Boukid *et al.*, 2022). Do snacků lze dále zařadit proteinové tyčinky, které byly dříve určené a konzumovány sportujícími jedinci. Dnes jsou však díky trendu vysokoproteinových potravin rozšířené i mezi běžnou populací (Szydlowska *et al.*, 2020). Na trhu lze dále najít proteinové tyčinky, jež jako zdroj bílkovin využívají hmyz. Oblíbeným typem jsou cvrččí proteinové tyčinky. Kromě tyčinek je snaha rozšířit produkty s vyšším obsahem bílkovin i do čokoládových výrobků nebo cukrovinek. Zdrojem bílkovin, které jsou při této aplikaci většinou využívány jsou proteiny získané z mléka (Henchion *et al.*, 2017). Kromě zmíněných snacků jsou dále o bílkoviny obohacovány například sušenky, chipsy nebo pomazánky na bázi skořápkových plodů (Ortega *et al.*, 2024).

V těstovinách bývají částečně nahrazeny konvenční suroviny různými druhy proteinových izolátů a rostlinných mouk. Velmi vhodnou dílčí náhradou jsou luštěninové bílkoviny, díky kterým mohou vzniknout těstoviny s lepším aminokyselinovým složením (Messia *et al.*, 2021). Problémem, který však může nastat při snaze nahradit pšeničnou mouku rostlinnými bílkoviny, je negativní ovlivnění lepkové sítě, což následně může vést k horší kvalitě produktu (De Angelis *et al.*, 2024). Z cereálních výrobků mohou být produkovány vysokoproteinové snídaně cereálie či pekařské výrobky (Ortega *et al.*, 2024). Do snídaněvých cereálií, které lze obohatit o bílkoviny, patří také granola. Základními surovinami jsou ovesné vločky, ořechy, cukr či sirup, olej, sušené ovoce

a dokonce tam mohou být přidána i aromata a koření. Svým složením se velmi podobá müsli, avšak hlavní rozdíl spočívá v tom, že granola se během svého výrobního procesu peče pro zajištění křupavé konzistence (Johnson & Schuette, 2019).

2. Definice bílkovin a jejich role v těle

Bílkoviny (také označované proteiny) jsou, stejně jako sacharidy a lipidy, nenahraditelnou součástí lidské výživy. Pro tělo jsou důležité, protože mu poskytují dusík a také esenciální aminokyseliny. Bílkoviny jsou tvořeny aminokyselinami a každá bílkovina obsahuje minimálně 100 aminokyselin, které jsou mezi sebou spojeny pomocí peptidové vazby (Velisek, 2013).

Aminokyseliny jsou nezbytné nejen pro tvorbu a udržování bílkovin v těle, ale i pro tvorbu látek nebílkovinné povahy. Mezi tyto látky, hrající roli v rámci metabolismu, mohou patřit například neurotransmitery, kreatin, peptidové hormony nebo nukleové kyseliny. Kromě toho mohou být aminokyseliny využity i jako zdroj energie, konkrétně jejich uhlíková kostra, která zůstává po jejich deaminaci (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA), 2012).

Funkce bílkovin v lidském těle jsou rozmanité a zahrnují nejen strukturální podporu tkání a zajištění svalové kontrakce, ale také se účastní regulace metabolismu, ochrany organismu a hojení poškozených tkání. Dále pomáhají komunikaci mezi buňkami a orgány, protože pomocí hormonálních bílkovin umožňují přenos signálu v těle. Kromě toho umožňují i transport látek uvnitř buněk. Důležité jsou také zásobní bílkoviny, které může tělo využít jako zdroj aminokyselin pro tvorbu potřebných bílkovin (Kohout *et al.*, 2021).

2.1 Klasifikace aminokyselin a jejich potřeba

Existuje dvacet základních aminokyselin, které jsou podstatné pro správné fungování organismu, protože se podílejí na syntéze bílkovin v lidském těle. Selenocystein je další aminokyselinou, která se v těle vyskytuje, avšak na rozdíl od základních dvaceti aminokyselin se do bílkovin zabudovává pomocí odlišného specifického mechanismu. Tyto aminokyseliny se dělí na esenciální a neesenciální. Jsou klasifikovány na základě toho, zda je nutný jejich příjem stravou anebo je organismus schopný je sám syntetizovat. Přestože si neesenciální aminokyseliny dokáže tělo samo syntetizovat, může dojít k jejich nedostatečné tvorbě, a tak je lze označit jako podmíněně esenciální. Děje se tak například u předčasně narozených dětí či kojenců (Adhikari *et al.*, 2022; EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA), 2012; Velisek, 2013).

Mezi esenciální aminokyseliny patří devět aminokyselin – tryptofan, histidin, lysin, fenylalanin, valin, izoleucin, leucin, methionin a threonin. K podmíněně esenciálním lze zařadit například cystein, arginin, prolin nebo tyrosin. Tabulka č. 1 zobrazuje průměrnou denní potřebu esenciálních aminokyselin dospělých (Adhikari *et al.*, 2022; EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA), 2012).

Tabulka č. 1: Průměrná potřeba esenciálních aminokyselin u dospělých osob

Aminokyselina	mg/kg TH/den	Aminokyselina	mg/kg TH/den
Histidin	10	Fenylalanin + tyrosin	25
Izoleucin	20	Threonin	15
Leucin	39	Tryptofan	4
Lysin	30	Valin	26
Methionin + cystein	15*	Celkem	184
<i>Methionin</i>	10,4		
<i>Cystein</i>	4,1		

Pozn. *výsledek vyplývající ze zaokrouhlování. TH = tělesná hmotnost.

Zdroj: převzato a upraveno z EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA), 2012

Při konzumaci vyvážené stravy je zajištěn i dostatečný příjem esenciálních aminokyselin. Avšak existují zdroje bílkovin, které mají určité esenciální aminokyseliny v nižších koncentracích než jiné, které jsou z hlediska množství esenciálních aminokyselin považovány za plnohodnotné. Aminokyselina, která je v dané potravíně v nižším zastoupení se označuje jako limitující a má negativní vliv z hlediska celkové syntézy bílkovin (Velisek, 2013).

2.2 Hodnocení kvality bílkovin

Kvalitu bílkovin lze definovat různými způsoby. Nejvíce podstatné je však, zda poskytuje veškeré esenciální aminokyseliny a v jakém zastoupení je lidskému tělu dodává. Kromě toho je podstatným faktorem, jak dobře jsou stravitelné a vstřebatelné (Joye, 2019). Existuje řada metod, které kvalitu bílkovin hodnotí. Jedná se například o biologickou hodnotu (BV), aminokyselinové skóre (AAS), index esenciálních aminokyselin (EAAI), aminokyselinové skóre korigované na stravitelnost bílkovin (dále jen PDCAAS) a skóre stravitelnosti nepostradatelných aminokyselin (dále jen DIAAS) (Moughan & Lim, 2024;

Velisek, 2013). V hodnocení kvality živočišných a rostlinných zdrojů bílkovin jsou často využívány metody PDCAAS a DIAAS (Huang *et al.*, 2018).

2.2.1 Metoda PDCAAS

Světová zdravotnická organizace (dále jen WHO) a Organizace pro výživu a zemědělství (dále jen FAO) schválily metodu PDCAAS jako vhodnou pro hodnocení kvality bílkovin. Je obecně přijímána i přes možné nevýhody, které byly v průběhu jejího používání zjištěny. Skrz tato omezení, která jsou popsána více v této kapitole, je dnes postupně nahrazována metodou DIAAS (Azizi *et al.*, 2024).

PDCAAS porovnává limitující esenciální aminokyselinu ve zkoumaném zdroji bílkovin spolu s referenčním aminokyselinovým spektrem. Konkrétní výpočet PDCAAS zahrnuje množství limitující aminokyseliny v mg v 1 g hodnocené bílkoviny. Toto množství se vydělí množstvím mg stejné aminokyseliny v 1 g referenčního spektra. Díky tomu je získáno aminokyselinové skóre, které je následně vynásobeno fekální stravitelností, čímž je získána výsledná hodnota PDCAAS (Sá *et al.*, 2020; van der Heijden *et al.*, 2023; Velisek, 2013).

Výsledné hodnoty PDCAAS mohou dosahovat hodnot od 0,0–1,0 nebo mohou být vyjádřeny v procentech (0–100 %), což je však jednou z nevýhod využití této metody (Hertzler *et al.*, 2020). Existují totiž potraviny, které po výpočtu dosahují vyšších hodnot, než je rozmezí, avšak vzhledem k dané maximální hranici jsou hodnoceny „pouze“ 1. To vede k tomu, že tyto potraviny nelze více kategorizovat a určit, která z nich je kvalitnější (Adhikari *et al.*, 2022; Azizi *et al.*, 2024).

Mezi další nevýhody této metody patří, že nezohledňuje rozlišnou stravitelnost jednotlivých esenciálních aminokyselin. Využití metody fekální stravitelnosti je další nevýhodou, protože výsledky mohou být ovlivněny i střevní mikroflórou, což z hlediska hodnocení kvality bílkovin v potravinách není optimální (Adhikari *et al.*, 2022; Azizi *et al.*, 2024).

2.2.2 Metoda DIAAS

Metoda DIAAS byla navržena FAO, aby zohlednila nedostatky, které se vyskytují v PDCAAS. Výpočet DIAAS hodnotí samostatně jednotlivé esenciální aminokyseliny hodnocené bílkoviny. Zohledňuje ileální stravitelnost a referenční hodnoty pro každou

esenciální aminokyselinu samostatně. Výsledky jsou vyjádřeny v procentech a není určen pevný rozsah hodnot. Díky tomu lze rozlišovat mezi bílkovinami, které mají vysoké skóre, což je velká výhoda ve srovnání s PDCAAS (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013; van der Heijden *et al.*, 2023).

Lze rozlišit tři kategorie výsledných hodnot. Bílkovina, která má hodnoty DIAAS rovné nebo vyšší než 100 %, je považována za vynikající. Pokud se hodnota pohybuje v rozmezí 75–99 %, je bílkovina stále považována za dobrý zdroj bílkovin. Pokud je však hodnota nižší, není to dle FAO dostačující a doporučuje, aby hodnocený zdroj bílkovin nebyl označován výživovými tvrzeními, která souvisí s bílkovinami (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013; van der Heijden *et al.*, 2023).

Nevýhodou DIAAS je náročnost získání informací, které jsou potřebné k výpočtu. Dále je potřeba získat více výzkumných informací převážně v oblasti ileální stravitelnosti jednotlivých esenciálních aminokyselin (Azizi *et al.*, 2024; Huang *et al.*, 2018).

3. Bílkovinné zdroje využívané ve vysokoproteinových potravinách

Tato kapitola poskytuje informace o živočišných i rostlinných zdrojích bílkovin, které jsou využívány ve vysokoproteinových potravinách, jež jsou analyzovány v praktické části této bakalářské práce. U každého zdroje je popsáno nutriční složení, kvalita z hlediska výživy, technologie výroby a aplikace v potravinách. Uvedené nutriční složení se může lišit v závislosti na výrobních technologiích, výchozím materiálu a dalších faktorech. Tyto hodnoty je proto nutné chápat jako orientační.

Typy proteinových prášků je možné rozlišovat z hlediska obsahu bílkovin v sušině. Obecně se dá říci, že proteinový koncentrát obsahuje do 90 % bílkovin v sušině, zatímco v izolátech by měly bílkoviny tvořit alespoň 90 %. Dalším typem proteinových prášků jsou hydrolyzáty, které vznikají štěpením peptidových vazeb bílkovin (Velisek, 2013). Rozdělení u kaseinu či pšeničných bílkovin se liší a je podrobněji popsáno v kapitolách níže.

3.1 Živočišné zdroje bílkovin

3.1.1 Mléčné bílkoviny

Bílkoviny kravského mléka jsou tvořeny dvěma základními typy bílkovin. Jedná se o syrovátkové bílkoviny, které jsou zastoupeny z 20 % a bílkoviny kaseinu, které je doplňují a tvoří 80 % (Jaiswal & Worku, 2022).

Nutriční složení a kvalita bílkovinného zdroje

Tabulka č. 2 poskytuje nutriční srovnání obsahu bílkovin, tuku, laktózy a popelovin různých typů mléčných proteinových koncentrátů (dále jen MPC) a mléčného proteinového izolátu (dále jen MPI). Z kvalitativního hlediska dle PDCAAS dosahují mléčné bílkoviny nejvyšší možné hodnoty (1). Tato hodnota je srovnatelná se syrovátkovým proteinem, vejcem i sójovým proteinem, ale vyšší než PDCAAS hovězího masa (0,92) (Agarwal *et al.*, 2015).

Tabulka č. 2: Nutriční složení MPC a MPI

	MPC-42	MPC-56	MPC-70	MPC-80	MPC-85	MPI
Bílkoviny	42 %	56 %	70 %	80 %	85 %	90 %
Laktóza	46 %	31 %	16 %	6 %	4 %	1 %
Popeloviny	6 %	7 %	7 %	7 %	7 %	6 %
Tuk	1,5 %	1,5 %	1,5 %	1,5 %	1,5 %	1,5 %

Pozn. Hodnoty jsou uvedeny jako % v sušině.

Zdroj: převzato a upraveno z Agarwal *et al.*, 2015

Technologie výroby

Výroba MPC i MPI zahrnuje několik procesů. Prvním z nich je pasterizace, následuje ultrafiltrace a případně i diafiltrace. Poté je odstraněna voda odpařováním a dále sušení rozprašováním – tzv. metodou „spray drying“ (Uluko *et al.*, 2016).

Výchozím materiálem je pasterizované odtučněné mléko, které prochází procesem ultrafiltrace, jenž patří mezi membránové filtrace. Pomocí této technologie dochází k oddělení nežádoucích složek a ke koncentraci bílkovin. Přes ultrafiltrační membránu prochází voda, laktóza nebo rozpustné soli, což jsou nízkomolekulární látky, tvořící permeát. Vysokomolekulární sloučeniny, jako jsou syrovátkové bílkoviny, kaseiny a případně zbytkové množství tuku, přes ultrafiltrační membránu neprojdou, tudíž se koncentrují a tvoří retenát (Agarwal *et al.*, 2015; Meena *et al.*, 2017). Aby bylo zabráněno denaturaci bílkovin, k níž může dojít při vysoké teplotě, je doporučována teplota celého procesu v rozmezí 10–50 °C (Khalesi & FitzGerald, 2022).

Samotná ultrafiltrace je dostačující pro MPC, u nichž je podíl bílkovin kolem 65 % (v sušině). Pokud je však požadován vyšší obsah bílkovin, je potřeba provést diafiltraci. Při diafiltraci je do vzniklého retenátu přidána voda za účelem další filtrace, což umožňuje účinnější redukci laktózy a výše uvedených rozpustných látek. Díky tomu dochází k navýšení obsahu bílkovin v retenátu, a tedy i v sušině výsledného produktu (Uluko *et al.*, 2016). Jak uvádí Ryan a kolektiv (2018) kombinace ultrafiltrace a diafiltrace se využívá pro výrobu MPI.

Po dosažení požadovaného množství bílkovin je retenát nejprve odpařen a následně sušen metodou „spray drying“ (Agarwal *et al.*, 2015). Cílem je odstranit většinu vody

rozprašováním mléka na jemné částice, které se následně mísí s horkým vzduchem. Přestože proces probíhá při vyšších vstupních teplotách (160–260 °C) samotné částice, které jsou tímto procesem sušeny, obvykle nepřesáhnou teplotu 60 °C. Tento fakt je velmi důležitý, zejména z hlediska nežádoucí denaturace bílkovin (Park *et al.*, 2016).

Využití v potravinách

MPC a MPI mají rozsáhlé využití v různých typech potravin. Používají se ke zvýšení podílu bílkovin, aniž by docházelo k výraznému zvýšení obsahu laktózy. Koncentráty se často přidávají do mléčných výrobků, jako jsou sýry, jogurty a zmrzliny. Přispívají ke zlepšení jejich textury a stability díky své schopnosti efektivně vázat vodu. Při výrobě mléčných výrobků mohou sloužit jako alternativa odtučněného sušeného mléka. Izoláty jsou díky své vysoké koncentraci bílkovin využívány v rámci výroby doplňků stravy, potravin užívaných ve sportovní výživě, ale také potravin, které jsou určeny pro zdravotní účely (Agarwal *et al.*, 2015).

V rámci vysokoproteinových potravin jsou rozsáhle využívány pro výrobu proteinových tyčinek a sušenek. Při delším skladování však může dojít k nežádoucí změně jejich textury, především k postupnému tvrdnutí. Aby se tomuto problému předešlo, jsou během výroby kombinovány různé druhy proteinů. Mléčné proteiny jsou rovněž využívány v nápojích s deklarovaným vysokým obsahem bílkovin a v produktech určených jako náhrada stravy. Kromě nutriční hodnoty přispívají k organoleptickým vlastnostem těchto produktů. Dodávají jim mléčnou chuť a zlepšují jejich vzhled díky neprůhlednosti (Agarwal *et al.*, 2015).

Nevýhodou MPC je jeho horší rozpustnost, kterou může ovlivnit řada faktorů. Je však primárně způsobena tím, že během výroby či skladování může docházet ke shlukování kaseinových micel. Jakmile jsou agregáty micel příliš velké, rozpustnost koncentrátu se snižuje. Při výrobním procesu může být také problémem nevhodně vysoká teplota, při které dochází k denuraci syrovátkových proteinů, jež následně reagují s proteiny kaseinu a napomáhají tvorbě jejich agregátů. Dalšími možnými změnami, které mají vliv na rozpustnost, jsou interakce proteinů mezi sebou, uvnitř jedné molekuly bílkoviny nebo jejich reakce s laktózou (Khalesi & FitzGerald, 2022).

3.1.2 Syrovátková bílkovina

Syrovátkový protein je v rámci sportovní výživy považován za nejčastěji konzumovaný bílkovinný doplněk. Jeho popularita je dána kombinací vysoké kvality a finanční dostupnosti (López-Martínez *et al.*, 2022). Vyrábí se ze syrovátky, která v minulosti nebyla využívána tak efektivně, jako je tomu dnes, protože byla považována za odpadní látku vznikající během výroby některých mléčných výrobků (Smithers, 2015). Bílkoviny, které jsou obsaženy v syrovátkové bílkovině jsou mimo jiné β -laktoglobulin, α -laktalbumin, sérový albumin, glykomakropeptidy, imunoglobuliny a laktoferrin (El-Aidie & Khalifa, 2024).

Nutriční složení a kvalita bílkovinného zdroje

Nutriční složení, konkrétně obsah bílkovin, tuku, laktózy a popelovin, je zobrazeno v tabulce č. 3. Porovnává hodnoty syrovátkových proteinových koncentrátů (dále jen WPC) s nižším a vyšším zastoupením bílkovin a syrovátkového proteinového izolátu (dále jen WPI). Syrovátková bílkovina je považována za jednu z nejkvalitnějších, především díky vysokému obsahu esenciálních aminokyselin, přičemž žádná z nich není limitující (jako je tomu u některých zdrojů rostlinných bílkovin). Podle PDCAAS má syrovátková bílkovina nejvyšší možnou hodnotu (1) (Smithers, 2015). Mezi její další kvalitativní vlastnosti patří rychlá stravitelnost (Devries & Phillips, 2015).

Tabulka č. 3: Nutriční složení WPC a WPI

	WPC 34	WPC 80	WPI
Bílkoviny	34 – 36 %	80 – 82 %	90 – 92 %
Laktóza	48 – 55 %	4 – 10 %	0,5 – 1 %
Popeloviny	6,5 – 8 %	3 – 5 %	2 – 3 %
Tuk	3 – 4,5 %	4 – 8 %	0,5 – 1 %

Pozn. Všechny hodnoty jsou uvedeny jako hmotnostní podíl v %.

Zdroj: převzato a upraveno z Goulding *et al.*, 2020

Technologie výroby

Výchozí surovinou pro výrobu WPC a WPI je syrovátka, která vzniká primárně při zpracování sýrů či kaseinu z mléka. Má tekutou konzistenci a charakteristické nažloutlé

až nazelenalé zbarvení. Podle techniky zpracování, která se využívá ke srážení kaseinu a oddělení syrovátky se rozlišují dva typy – sladká a kyselá syrovátka. Jejich hlavní rozdíl spočívá mimo jiné v hodnotách pH a v obsahu minerálních látek (Ryan & Walsh, 2016; Wang & Guo, 2019). Detailnější porovnání jejich složek je uvedeno v tabulce č. 4. Oddělení kaseinu a syrovátky lze dosáhnout různými metodami. Působením syřidla – typicky je využita směs enzymů, obsahující proteázu chymosin, čímž vzniká sladká syrovátka nebo, jako tomu je v případě kyselé syrovátky, přidáním kyselin (Ryan & Walsh, 2016).

Tabulka č. 4: Složení sladké a kyselé syrovátky

Složky	Sladká syrovátka	Kyselá syrovátka
Voda (%)	93,0 – 94,0	93,0 – 95,0
Bílkoviny (%)	0,8 – 1,0	0,7 – 1,0
Laktóza (%)	4,6 – 5,0	4,2 – 4,4
Lipidy (%)	0,2 – 0,5	0,05 – 0,1
Popeloviny (%)	0,5 – 0,7	0,7 – 0,8
Kyselina mléčná (%)	0,05 – 0,2	0,5 – 0,8
pH	6,0 – 6,8	4,2 – 5,8

Pozn. Všechny hodnoty jsou uvedeny jako hmotnostní podíl v %.

Zdroj: převzato a upraveno z Argenta & Scheer, 2020

I přes separaci sladké syrovátky od sýřeniny obsahuje částice kaseinu a tuk. Obě tyto složky mají negativní vliv na následné výrobní procesy a proto jsou odstraňovány v procesu čiření. Pro tento proces se využívají například cyklony, odstředivé separátory nebo síta. Jakmile je syrovátka oddělená a vyčištěná od nežádoucích částic, je potřeba ji před skladováním či dalším zpracováním pasterizovat (Wang & Guo, 2019).

V dalším kroku se nejčastěji využívají membránové filtrační (separační) procesy, při kterých vzniká permeát a retenát stejně jako u výrobního procesu mléčných proteinů. Při výrobě syrovátkových proteinů je nejčastěji používaným filtračním systémem cross-flow filtrace, kdy se vstupní proud pohybuje rovnoběžně s povrchem membrány. Díky tomu je redukováno její možné zanášení, jelikož částice, které se na vnitřním povrchu membrány začnou usazovat, jsou vstupním proudem zachyceny a odváděny (Chen *et al.*, 2023; Wang & Guo, 2019). Druhým z filtračních systémů je méně efektivní dead-end filtrace. Proud

filtrované suroviny je veden pod tlakem kolmo k membráně, což vede k jejímu rychlejšímu zanášení a ke snížení účinnosti filtrace (Wang & Guo, 2019).

Membránové separační procesy se využívají pro oddělení či odstranění nežádoucích složek a pro koncentraci bílkovin. Jejich výhodou je nízká spotřeba energie a absence potřeby aditiv či rozpouštědel. Jednotlivé procesy je možné rozdělit podle velikosti pórů membrán a podle toho, jaké látky jsou membránou propouštěny či zadržovány. Jedná se o mikrofiltraci, ultrafiltraci, nanofiltraci a reverzní osmózu. Proces mikrofiltrace může být výhodné využít před ultrafiltrací, protože pomáhá čistit syrovátku, čímž se během ultrafiltrace membrána méně znečišťuje. Separuje micely kaseinu, tuk a zároveň přispívá k odstranění nežádoucích mikroorganismů. Ultrafiltrace je značně využívanou metodou pro výrobu WPC či WPI a její základní princip je popsán v kapitole 3.1.1. Nanofiltrace se používá v případech, kdy je kromě koncentrace nutné syrovátku částečně demineralizovat. Tento proces se využívá při výrobě WPI či WPC s obsahem bílkovin v sušině okolo 80 %. Reverzní osmóza slouží hlavně pro koncentraci a výsledný permeát tvoří výhradně voda (Argenta & Scheer, 2020; Wang & Guo, 2019). Koncentrace bílkovin lze dosáhnout skrze metody využívající vysokých teplot, například odpařováním. Tyto metody však nejsou doporučovány, protože mohou výrazně narušit kvalitu produktu z hlediska senzorických změn, denaturace bílkovin nebo úbytku živin (Argenta & Scheer, 2020).

Ultrafiltrace umožňuje dosáhnout koncentrace bílkovin výsledného produktu od 60 do 70 % bílkovin v sušině. Pokud výrobci využijí i diafiltraci, jejíž proces je popsán v kapitole 3.1.1, lze zvýšit podíl bílkovin až na 80 % v sušině. Pro dosažení ještě vyššího obsahu bílkovin, což je potřeba pro výrobu WPI, je nutné snížit obsah tuku, jehož zastoupení je typicky vyšší u WPC. Toho se dosahuje pomocí mikrofiltrace (Wang & Guo, 2019).

Koncentraci bílkovin následuje sušení, při němž se primárně využívá metoda spray-drying (sušení rozprašováním). V rámci výroby WPC či WPI je možné tyto produkty instantizovat, přičemž se přidává sójový nebo slunečnicový lecitin. Takto upravený prášek je snadněji rozpustný a nedochází k tvorbě nežádoucích hrudek během jeho rehydratace. Tato vlastnost je ceněna například při výrobě sportovní výživy či doplňků stravy (Wang & Guo, 2019).

Využití v potravinách

Aplikace WPC či WPI v potravinách je opravdu velmi rozmanitá. Jejich výživové a funkční vlastnosti pomáhají zlepšit kvalitu či strukturu konečného výrobku, nahradit určité suroviny nebo zefektivnit výrobní procesy. Jejich využití nachází uplatnění nejen u výrobků sportovní výživy či produktů se sníženým obsahem tuků, ale také například v rámci produkce mléčných či pekařských výrobků (El-Aidie & Khalifa, 2024; Yiğit *et al.*, 2023).

Z mléčných produktů jsou příkladem sýry, jogurty nebo zmrzliny. Při výrobě zmrzliny může WPC nahradit suroviny, například sušené mléko nebo vaječné žloutky, aniž by došlo ke zhoršení kvality konečného produktu. Tato náhrada je ekonomicky výhodnější. U jogurtů se využívají funkční vlastnosti WPC a výsledkem je zlepšení celkové struktury jogurtů, která je hustší, a výhodou je také nižší separace syrovátky na povrchu. WPI mohou být využity především díky svým nutričním vlastnostem a napomáhají výrobě jogurtů s nižším obsahem laktózy (El-Aidie & Khalifa, 2024).

WPI a syrovátkové proteinové hydrolyzáty (dále jen WPH) se hojně využívají při výrobě produktů konzumovaných sportovci. WPI je využíván zejména díky nutričním vlastnostem – vyššímu obsahu bílkovin, nižšímu obsahu tuku a laktózy oproti WPC. WPH jsou považovány za velmi dobře stravitelný zdroj bílkovin, čehož sportovci využívají zejména pro rychlejší regeneraci po fyzické aktivitě. Dále jsou vhodné pro osoby, které méně tolerují mléčné bílkoviny, což je také jedním z důvodů jejich využití v rámci produkce kojenecké výživy (Irazoqui *et al.*, 2024; Mehra *et al.*, 2021). Možnou nevýhodou a omezením při využití WPH v potravinářství je jejich hořká chuť daná vzniklými hořkými peptidy. Pro redukci hořkosti se využívají různé látky, které ji mohou maskovat. Mezi tyto látky patří sladidla, jako jsou sukralóza nebo fruktóza, a další látky, například glutaman sodný (Minj & Anand, 2020).

3.1.3 Kasein

Dominantní bílkovinou v mléce je kasein, který tvoří 80 % celkových mléčných bílkovin. Kasein je zde přítomen ve specifické formě kulovitých útvarů, známých jako kaseinové micely. Micely jsou složeny z kaseinových bílkovin a fosforečnanu vápenatého, který pomáhá i spolu s dalšími faktory (jako jsou například vodíkové vazby) jejich soudržnosti. Bílkoviny kaseinu jsou α_{s1} -kasein, α_{s2} -kasein, β -kasein a κ -kasein. Exaktní struktura těchto micel je stále předmětem výzkumů, ale je známo, že κ -kasein se převážně

nachází na vnější straně micely, zatímco α_s - kaseiny a β -kaseiny společně s fosforečnanem vápenatým tvoří jejich interní strukturu (Bhat *et al.*, 2016; Felix Da Silva *et al.*, 2018).

Typy proteinových výrobků

Proteinové prášky se základním zdrojem bílkovin kaseinu lze rozdělit na několik typů. Liší se primárně ve způsobu zpracování, což dále ovlivňuje jejich výsledné vlastnosti a možnost aplikace v potravinách. Rozlišují se syřidlový a kyselý kasein, kaseináty (např. kaseinát sodný a kaseinát vápenatý) a micelární kasein. Ten lze dále rozdělit na micelární kaseinový koncentrát a izolát, přičemž obsah bílkovin se obvykle pohybuje v rozmezí mezi 42 % a 90 % v sušině. Klíčovou vlastností micelárního kaseinu je zachování přirozené struktury kaseinových micel, která není narušena výrobními procesy, jako je tomu u jiných kaseinových prášků (Goulding *et al.*, 2020; Hammam *et al.*, 2021).

Nutriční složení a kvalita bílkovinného zdroje

Nutriční složení jednotlivých typů je zobrazeno v tabulce č. 5. Z kvalitativního hlediska je kasein klasifikován jako plnohodnotná bílkovina, protože obsahuje všechny esenciální aminokyseliny. Ve srovnání se syrovátkovými proteiny je však celkový obsah esenciálních aminokyselin kaseinu nižší (Devries & Phillips, 2015). Oproti syrovátkovým bílkovinám je trávení kaseinu delší. Tento fakt vychází z předpokladu, že se kasein v kyselém prostředí žaludku sráží, a proto trvá déle, než se dostane z žaludku do tenkého střeva, kde jsou aminokyseliny vstřebány do krevního oběhu (Ye *et al.*, 2020). Jak uvádí Agarwal a kolektiv (2015), z hlediska metody hodnocení kvality bílkoviny PDCAAS je jeho hodnota 1.

Tabulka č. 5: Nutriční složení kaseinových produktů

	Koncentrát micelárního kaseinu	Kyselý kasein	Kaseinát vápenatý	Kaseinát sodný
Bílkoviny	83,0 %	92,0 %	88,0 %	92,7 %
Laktóza	1,0 %	0,5 %	0,7 %	0,3 %
Popeloviny	7,8 %	2,4 %	5,0 %	3,0 %
Tuk	1,0 %	1,0 %	2,0 %	0,7 %

Pozn. Hodnoty jsou uvedeny jako hmotnostní procenta (%), vztahující se k hotovému produktu.

Zdroj: převzato a upraveno z Carter *et al.*, 2021

Technologie výroby

Kyselý kasein může být vyráběn z mléka pomocí minerálních kyselin (např. kyselina sírová či kyselina chlorovodíková). Cílem tohoto procesu je dosáhnout hodnot pH okolo 4,2–4,6. Díky okyselení jsou narušeny vazby kaseinových micel a dochází ke koagulaci i k rozpuštění fosforečnanu vápenatého. Jakmile je dosaženo optimálních hodnot pH, je výsledná sýřenina vařena. Díky tomu dochází k odstranění zbylé syrovátky (společně s laktózou a minerálními látkami). Dále je sýřenina promyta vodou, za účelem vyšší čistoty finálního produktu. Vzniklý tzv. kyselý kaseinový tvaroh prochází procesy sušení a mletí za účelem získání kyselého kaseinového prášku. Nevýhodou takto vyrobeného prášku je však jeho nerozpustnost ve vodě, a proto může být potřebný proces neutralizace, který tento negativní aspekt eliminuje (Huppertz *et al.*, 2018).

Pomocí procesu neutralizace kyselého kaseinu nebo kyselinou vysráženého kaseinu vznikají kaseináty. Během výrobního procesu jsou aplikována neutralizační činidla, přičemž je možné využít různé typy zásad. Použité činidlo určuje typ výsledného kaseinátu – pokud je například využit hydroxid sodný, vzniká kaseinát sodný, zatímco při použití hydroxidu vápenatého se vyrábí kaseinát vápenatý (Goulding *et al.*, 2020; Huppertz *et al.*, 2018). Po neutralizaci následuje sušení rozprašováním nebo pomocí válců. Výhodou vzniklých kaseinátů je jejich rozpustnost oproti kyselému kaseinu (Huppertz *et al.*, 2018).

Micelární kasein je vyráběn pomocí membránových separačních technologií. Vstupní surovinou je pasterizované odstředěné mléko, které opakovaně prochází procesem zahřívání, mikrofiltrace a diafiltrace. Během těchto procesů nepřesáhne teplota mléka 50 °C. Pomocí membránových technologií je kasein postupně očišťován od nežádoucích látek a koncentrován. Syrovátkové bílkoviny, laktóza a minerální látky, které nejsou vázány v micelách kaseinu, procházejí membránami a vytvářejí permeát. Kaseinové micely jsou oproti tomu skrze svůj rozměr membránami zadrženy a tvoří retenát (Hammam *et al.*, 2021). Po dosažení optimálních hodnot čistoty je výsledný retenát sušen, nejčastěji metodou sušení rozprašováním (Felix Da Silva *et al.*, 2018).

Využití v potravinách

Obecně lze proteinové prášky, jejichž základ tvoří kasein, využít v různých potravinářských výrobcích. Jejich vlastnosti jsou uplatněny v mléčných či pekařských výrobcích, vysokoproteinových potravinách (např. tyčinkách či nápojích), výrobcích

určených pro léčebnou výživu nebo pro nápoje s kompletním zastoupením makroživin, které slouží jako náhrada jídla (Felix Da Silva *et al.*, 2018).

Nutriční vlastnosti micelárního kaseinu lze využít pro produkci sportovních nápojů, které se vyznačují vyšším obsahem bílkovin a zároveň nižším obsahem sacharidů. Micelární kasein pomáhá stabilitě nápojů, čímž zvyšuje celkovou trvanlivost výsledných produktů. Jeho výhodou je také nevýrazná chuť, a proto není nutné použití maskovacích látek (Hamman *et al.*, 2021). Micelární kasein představuje vhodnou surovinu pro proteinové tyčinky, jelikož přispívá k zachování měkčí textury produktu i při delším skladování ve srovnání s WPI, WPH, MPC či kaseinátém sodným (Carter *et al.*, 2021).

Diskutovanou nevýhodou, která může částečně limitovat aplikaci v potravinách, je horší rehydratační schopnost proteinových prášků z kaseinu (Carter *et al.*, 2021; Felix Da Silva *et al.*, 2018). Ta může být ovlivněna nevhodnými podmínkami skladování, například nadměrnou délkou skladování či neoptimálně vysokou teplotou (Carter *et al.*, 2021). Celková problematika je více popsána v kapitole 3.1.1, vzhledem k tomu, že mléčné proteiny jsou z velké části tvořeny kaseinem.

3.2 Rostlinné zdroje bílkovin

3.2.1 Sójová bílkovina

Sójová bílkovina je oblíbeným rostlinným zdrojem bílkovin, vzhledem k její cenové dostupnosti a zároveň vysoké kvalitě v porovnání s ostatními zdroji rostlinných bílkovin (van den Berg *et al.*, 2022). Získává se ze sójových bobů, které patří mezi luštěniny. Mimo výrobu bílkovinných zdrojů je možné jejich využití pro výrobu oleje (Sharif *et al.*, 2022). Obsah bílkovin v sójových bobech je poměrně vysoký a zastupují 35–40 % hm. v sušině, přičemž hlavními typy jsou globulinové bílkoviny, konkrétně β -konglycinin a glycinin (Chatterjee *et al.*, 2018).

Typy proteinových výrobků

Mezi typy využívané v potravinářské praxi patří kromě sójových proteinových koncentrátů (dále jen SPC) a sójových proteinových izolátů (dále jen SPI) také odtučněná sójová mouka s podílem obsahu bílkovin okolo 50–55 % (T. Zhang *et al.*, 2021). Z těchto forem je SPI nejkonzentrovanejším zdrojem s nejvyšší stravitelností. To je výsledkem

pokročilého technologického procesu, při němž jsou odstraněny složky, které by jinak omezovaly efektivní vstřebávání bílkovin (Qin *et al.*, 2022).

Nutriční složení a kvalita bílkovinného zdroje

Nutriční složení typů sójových proteinových produktů a jejich rozdíly jsou zobrazeny v tabulce č. 6. Kvalita bílkovin SPC a SPI hodnocená dle PDCAAS je srovnatelná s hodnotami syrovátky i kaseinu, protože dosahuje maximálního skóre (1). Ve srovnání s ostatními zdroji rostlinných bílkovin je na základě tohoto hodnocení velmi kvalitní (Hertzler *et al.*, 2020; Messina *et al.*, 2022). Z hlediska esenciálních aminokyselin a porovnání jejich obsahu s živočišnými zdroji jsou limitujícími aminokyselinami methionin a cystein (Messina *et al.*, 2022).

Tabulka č. 6: Nutriční složení sójových proteinových produktů

	Odtučněná sójová mouka	SPC	SPI
Bílkoviny	54,0 %	66,0 %	92,0 %
Sacharidy (stanovené dopočtem)	38,0 %	24,0 %	2,5 %
Hrubá vláknina	3,5 %	3,5 %	0,3 %
Tuk	1,0 %	0,3 %	0,5 %
Popeloviny	6,0 %	5,6 %	4,5 %

Pozn. Hodnoty jsou uvedeny jako % v sušině. SPC byl vyroben extrakcí pomocí vodného roztoku obsahujícího ethanol.

Zdroj: převzato a upraveno z Ma, 2016

Technologie výroby

Proteinové prášky sójových bílkovin jsou vyráběny z odtučněných sójových pokrutin (jinak také nazývaných výlisky nebo expelery), které vznikají při výrobě olejů ze sójových bobů. Pokrutiny mohou procházet procesy využívající teplo a páru s cílem upravit jejich funkční vlastnosti, zlepšit stravitelnost výsledných produktů apod. Jejich zastoupení bílkovin se pohybuje v rozmezí 52–54 %. Podle požadavků konkrétního použití se mohou pokrutiny využívat přímo nebo se upravují mletím, čímž vzniká sójová mouka (Thrane *et al.*, 2017).

Princip výroby SPC spočívá v oddělení rozpustných sacharidů (např. sacharózy či rafinózy), vyskytujících se v odtučněných pokrutinách, od bílkovin. Toho je možné dosáhnout různými způsoby, přičemž k často využívané metodě patří extrakce pomocí vodného roztoku obsahující ethanol (Ma, 2016; Thrane *et al.*, 2017). Avšak tento způsob extrakce není vhodný pro koncentráty, u kterých je třeba zachovat funkční vlastnosti rozpustnosti. Pro tento typ SPC je využíváno zředěné kyseliny, díky níž je snížena hodnota pH, čímž dojde k separaci rozpustných sacharidů od bílkovin (Ma, 2016). Po odstranění sacharidů je možné dále upravovat koncentrované bílkoviny s cílem zlepšení jejich výsledných vlastností, jako je například lepší schopnost vázat vodu. Úpravy však nejsou nezbytně nutné. Konečným krokem je sušení pomocí rozprašovací metody (Thrane *et al.*, 2017).

Výroba SPI je oproti výrobě SPC mírně složitější proces, při kterém je třeba oddělit od bílkovin nejen rozpustné sacharidy, ale také vlákninu, jejíž součástí jsou celulóza, hemicelulóza a pektin. Prvním krokem je proces alkalické extrakce, díky které dochází k oddělení nerozpustné vlákniny při pH 8,0–9,0. Nerozpustná vláknina je pomocí odstředění odstraněna. Pomocí kyselin (jako je kyselina chlorovodíková nebo fosforečná) dochází ke snížení pH na hodnoty v rozmezí 4,2–4,5, což je využíváno pro srážení sójových bílkovin a tím i k oddělení rozpustných sacharidů. Bílkoviny jsou odstředěním separovány a dále se promývají vodou za účelem odstranění zbylých nežádoucích složek. Následně je pH neutralizováno například pomocí hydroxidu sodného či draselného. Získané bílkoviny lze dále modifikovat různými procesy, mezi které patří enzymatické štěpení či tepelné úpravy. Výsledný prášek SPI je získán za pomoci sušení rozprašováním nebo mrazem (tzv. freeze-drying) (Thrane *et al.*, 2017; L. Zhang *et al.*, 2024).

Využití v potravinách

Bílkovinné produkty získané ze sóji lze v rámci aplikace v potravinářství využít jako částečnou či úplnou náhradu živočišných proteinů. Nejen, že jsou ekonomicky výhodnější, ale jsou rovněž považovány za environmentálně vhodnější (Sharif *et al.*, 2022; Thrane *et al.*, 2017). Jejich funkční vlastnosti, jako je například efektivní vazba vody a výrazná schopnost emulpace, jsou využívány v celé řadě komodit – v omáčkách, mražených dezertech či rostlinných alternativách mléčných produktů. Jejich nutriční vlastnosti slouží k obohacení například pekařských a cereálních produktů (Thrane *et al.*, 2017).

Při porovnání SPI a SPC vykazuje lepší rozpustnost izolát, díky čemuž je vhodnou volbou pro výrobu vysokoproteinových nápojů. Dalším důvodem jeho aplikace právě v těchto nápojích a tyčinkách s vysokým obsahem bílkovin je jeho neutrální chuťový profil (Surya Ulhas *et al.*, 2023). Dále je vhodné jeho použití pro produkci kojenecké výživy, která je alternativou pro děti s alergií na mléčnou bílkovinu (Qin *et al.*, 2022).

3.2.2 Hrachová bílkovina

Hrachová bílkovina je oblíbenou alternativou k živočišným i jiným rostlinným zdrojům proteinů. Mezi hlavní důvody patří ekologická i ekonomická dostupnost, nižší alergenní potenciál a v porovnání s dalšími rostlinnými bílkovinami i vysoká kvalita (Lam *et al.*, 2018). Ze semen hrachu je možno produkovat několik forem bílkovinných produktů, mezi které patří hrachová mouka, hrachový proteinový koncentrát (dále jen PPC) a hrachový proteinový izolát (dále jen PPI) (Shanthakumar *et al.*, 2022). Nutriční složení hrachových semen se může mírně lišit v závislosti na podmínkách růstu, odrůdy, nebo zralosti během sklizně, ale obecně lze říci, že obsahují okolo 35–40 % zásobních polysacharidů, 23–39 % bílkovin, 12–24 % vlákniny a nízké hodnoty tuku (1,5–2 %) (Lam *et al.*, 2018). Konkrétními typy obsažených bílkovin jsou primárně globuliny a albuminy, minoritní je podíl prolaminů a glutelinů (Grossmann, 2024).

Nutriční složení a kvalita bílkovinného zdroje

Nutriční složení hrachové mouky, PPC i PPI je uvedeno v tabulce č. 7. Hrachové bílkoviny lze považovat za kvalitní zdroj rostlinných bílkovin. Z hlediska složení esenciálních aminokyselin jsou limitující sирné aminokyseliny (methionin a cystein), naopak obsah esenciální aminokyseliny lysinu je poměrně vysoký. Této vlastnosti lze využít k doplnění tohoto nedostatku v obilovinách. Ostatní esenciální aminokyseliny jsou v hrachové bílkovině v dostatečném množství. Na základě hodnocení PDCAAS vykazují nezpracovaná hrachová semena horší hodnoty (64) než PPI či PPC vzhledem k obsahu antinutričních faktorů. Hodnoty PPI či PPC se však také poměrně liší. Koncentráty dosahují vyšších hodnot PDCAAS (0,9), zatímco u izolátů byly zjištěny hodnoty 0,82. Pravděpodobným důvodem je odlišná technologie výroby, kdy u izolátů dochází k mírným změnám ve složení bílkovin, avšak jejich stravitelnost je díky výrobním procesům vyšší (Boukid *et al.*, 2021).

Tabulka č. 7: Nutriční složení hrachových proteinů a mouky

	Hrachová mouka	PPC	PPI
Bílkoviny	20,0 %	55,0 %	79,0 – 89,0 %
Škrob	51,0 %	8,0 %	0,0 %
Vláknina	17,0 %	N	N
Tuk	2,0 %	3,0 %	1,0 %
Popeloviny	3,0 %	N	6,0 %
Ostatní sacharidy	N	34,0 %	N

Pozn. Hodnoty jsou uvedeny jako % v sušině. Ostatní sacharidy = celulózové a hemicelulózové sloučeniny. N = není uvedeno.

Zdroj: vytvořeno autorkou na základě dat z Boukid *et al.*, 2021

Technologie výroby

Pro získání PPC a PPI se využívá řada metod, přičemž nejběžnějšími jsou mokrá extrakce a suchá frakcionace. Každá z těchto technologií má své výhody i nevýhody a nevyhovuje všem požadavkům zároveň. Proto nelze jednu z nich označit jako nejvhodnější. Mezi nevýhody mokré extrakce patří využití chemických látek a vysoká spotřeba vody. Na druhou stranu je ceněna pro vysoký podíl extrahovaných bílkovin a čistotu výsledného produktu. Oproti tomu konečný produkt získaný pomocí suché frakcionace má nižší čistotu, ale je považován za udržitelnější díky absenci potřeby chemických látek, vody a sušení (Boukid *et al.*, 2021; Shanthakumar *et al.*, 2022).

Důležitým technologickým procesem před samotnou extrakcí bílkovin je odtučnění hrachové mouky. Zabraňuje se tak možnému vzniku nepříjemného luštěninového aroma či chuti, které by ve výsledných produktech mohlo vzniknout v důsledku oxidace mastných kyselin obsažených v tucích (Boukid *et al.*, 2021).

Mokrá extrakce, která zahrnuje procesy alkalické extrakce s izoelektrickým srážením, se používá pro výrobu PPI. Odtučněná hrachová mouka, která je výchozí surovinou výrobního procesu, se smíchá s vodou a výsledná směs se pomocí hydroxidu (např. sodného či draselného) upraví na zásadité pH. Poté se zahřívá pro usnadnění rozpuštění bílkovin, ale teplota nepřesahuje 60 °C, aby se zabránilo jejich denaturaci. Následně je centrifugací oddělena část obsahující rozpuštěné bílkoviny. Pomocí kyselin (chlorovodíkové či sírové) je sníženo pH, díky čemuž dochází k izoelektrickému srážení

bílkovin. Vysrážený protein je podroben procesu odstředění, po němž následuje promytí, neutralizace a sušení – sprejové, bubnové nebo mrazem. Alternativní možností pro separaci bílkovin je využití membránových separačních technologií, kterými jsou ultrafiltrace a diafiltrace. V procesu výroby PPI tak mohou nahradit tradiční izoelektrické srážení. Využití těchto metod pomáhá mimo jiné ke snížení obsahu nízkomolekulárních sacharidů, k lepší výtěžnosti bílkovin a k redukci podílu antinutričních látek (konkrétně kyseliny fytové) (Lam *et al.*, 2018; Shanthakumar *et al.*, 2022).

PPC jsou běžně produkovány pomocí suché frakcionace, která zahrnuje mletí hrachových zrn a následné oddělení částic za pomoci klasifikace vzduchem. Separace bílkovinných a škrobových částí vychází z jejich rozdílných vlastností - tvaru, hustoty či rozměru. Čistota výsledného PPC je ovlivněna různými technologickými parametry, jako je míra jemnosti či hrubosti namleté frakce, zvolená metoda mletí či frekvence opakování obou procesů. Ve výsledných PPC je obsah bílkovin v rozmezí od 50 do 75 % v sušině (Boukid *et al.*, 2021; Shanthakumar *et al.*, 2022).

Využití v potravinách

Hrachová bílkovina bývá využívána v pekařských výrobcích, kde se aplikuje pro fortifikaci bílkovinami, zlepšení spektra esenciálních aminokyselin o lysin a také nachází uplatnění v bezlepkových pekařských výrobcích, kde pomáhá zlepšit celkovou strukturu těsta (Boukid *et al.*, 2021; Shanthakumar *et al.*, 2022).

Ve vysokoproteinových potravinách nacházejí PPC i PPI uplatnění ve sportovních nápojích, a to vzhledem k vyššímu obsahu rozvětvených aminokyselin. Díky těmto nutričním vlastnostem lze hrachovou bílkovinu považovat za alternativu syrovátkového proteinu. Hrachová bílkovina je často kombinována s rýžovou bílkovinou, jelikož se vzhledem k limitujícím esenciálním aminokyselinám vhodně doplňují. Rýžová bílkovina postrádá lysin, ale má dostatek methioninu, zatímco u hrachové bílkoviny je tomu naopak. Díky tomu je možné produkovat proteinový prášek, který obsahuje kompletní spektrum esenciálních aminokyselin (Lu *et al.*, 2020).

3.2.3 Pšeničná bílkovina

Pšeničná zrna jsou z velké části tvořena škrobem, pouze 10–15 % tvoří bílkoviny. Tyto pšeničné bílkoviny se skládají převážně z gliadinů a gluteninů, které se souhrnně označují jako pšeničný lepek. Mezi zbývající bílkoviny, které jsou v menším zastoupení,

patří například albumin nebo globulin (Biesiekierski, 2017; Tranquet *et al.*, 2020). Proteiny na bázi pšenice, jež jsou využívány ve vysokoproteinových potravinách, se vyrábějí z pšeničného lepku.

Typy proteinových výrobků

Mezinárodní norma Codex Alimentarius CXS 163-1987 (Codex Alimentarius Commission, 2022) určuje, které typy produktů z pšeničných bílkovin lze rozlišovat. Jedná se o vitální pšeničný lepek (dále jen VWG), devitalizovaný pšeničný lepek (dále jen DWG) či rozpustnou pšeničnou bílkovinu (dále jen SWP). Klíčový rozdíl mezi nimi spočívá v tom, zda lze po přidání vody (či jiné tekutiny) obnovit viskoelastické vlastnosti, které jsou pro lepek charakteristické. U DWG a SWP je schopnost obnovení těchto vlastností v důsledku výrobních procesů snížena. U prvního z nich k tomu dochází vlivem použití vyšších teplot, které způsobují denaturaci bílkovin. SWP procházejí procesem částečné hydrolyzy, která tyto vlastnosti redukuje. VWG se může vyskytovat pouze pod označením pšeničný lepek. Jako jediný z typů si po rehydrataci zachovává charakteristické vlastnosti lepku. Co se týče množství bílkovin, které tyto typy obsahují, VWG i DWG by měly mít minimálně 80 % bílkovin, zatímco u SWP je akceptovatelný obsah od 60 %.

Nutriční složení a kvalita bílkovinného zdroje

Nutriční požadavky, které stanovují FAO společně s WHO pro produkty pšeničné bílkoviny, jsou uvedeny v tabulce č. 8. Z kvalitativního hlediska tyto produkty nejsou plnohodnotnými zdroji bílkovin. Prvním důvodem je nižší zastoupení esenciálních aminokyselin oproti referenčním hodnotám (Joye, 2019). To potvrzuje i studie Gorissen a kolektiv (2018) zaměřená na analýzu a srovnání rostlinných a živočišných proteinových izolátů. Významným faktorem je dále nedostatek esenciální aminokyseliny lysinu. PDCAAS pšeničné mouky se pohybuje v rozmezí 0,45–0,54 (Hertzler *et al.*, 2020), zatímco u pšeničného lepku je nižší – konkrétně 0,25. To může být dáno deficitem esenciálních aminokyselin či horší stravitelností ve srovnání s živočišnými bílkovinami (Berrazaga *et al.*, 2019).

Tabulka č. 8: Nutriční požadavky na produkty pšeničné bílkovinné dle Codex Alimentarius (CXS 163-1987)

	VWG	DWG	SWP
Bílkoviny	≥ 80 %	≥ 80 %	≥ 60 %
Hrubá vláknina	≤ 1,5 %	≤ 1,5 %	≤ 1,5 %
Popeloviny	≤ 2 %	≤ 2 %	≤ 10 %
Vlhkost	≤ 10 %	≤ 10 %	≤ 10 %

Pozn. Hodnoty jsou uvedeny jako % v sušině.

Zdroj: vytvořeno autorkou na základě dat z Codex Alimentarius Commission, 2022

Technologie výroby

V rámci výrobních procesů existuje několik metod a postupů, které lze aplikovat pro výrobu pšeničného lepku a jeho produktů. U každého je nejdůležitějším krokem získání lepku skrze oddělení škrobové složky z pšeničné mouky. Nejběžnější technologie pro výrobu vitálního pšeničného lepku začíná vytvořením těsta – smícháním vody a pšeničné mouky. Vytvořené těsto se nechá odležet a následně dochází k oddělení škrobu od lepku. To je docíleno různými metodami – promývání těsta vodou, využitím separátorů, jako jsou například hydrocyklony či odstředěním (Ortolan & Steel, 2017).

Dalším krokem je sušením, které je náročným procesem nejen z hlediska možné denaturace pšeničných bílkovin (pokud to není žádoucí, jako je tomu u DWG), ale také z hlediska možné mikrobiální aktivity, která by vedla ke znehodnocení výsledného produktu. To může nastat, pokud je lepek dlouhodobě uchovávan ve vlhkém stavu. Při teplotách nad 80 °C se předpokládá, že dochází ke narušení funkčních vlastností lepku, a pro výrobu konkrétně VWG je nutné důsledně kontrolovat teplotu během sušení. Extrahovaný lepek se většinou suší specifickým způsobem v tzv. kruhových či bleskových sušárnách. Čerstvě extrahovaný lepek obsahuje stále vysoké množství vlhkosti, a proto je pro efektivní proces sušení smíchán s vysušeným lepkem. Celý proces sušení probíhá přerušovaně, kdy se střídají fáze separace vysušeného lepku a přidávání mokrého lepku. Po tomto kroku je vysušený lepek rozemlet na prášek (Ortolan & Steel, 2017; Schopf *et al.*, 2021).

Využití v potravinách

V pekařském průmyslu se VWG využívá především pro zajištění požadované textury těsta. Nejčastěji se aplikuje v případech, kdy je potřeba kompenzovat nižší kvalitu mouky pro pečení. V texturované podobě nachází uplatnění při výrobě rostlinných alternativ masa. DWG je přidáván do potravin za účelem jejich fortifikace bílkoviny (Ortolan & Steel, 2017).

SWP, někdy také označován jako hydrolyzovaný pšeničný lepek, bývá často aplikován do vysokoproteinových výrobků, jako jsou například proteinové sušenky nebo nápoje. Vzhledem k tomu, že má lepší rozpustnost oproti VWG, neovlivňuje výrazně konzistenci výrobků – ať už během výroby, nebo ve výsledných produktech. Pro zvýšení obsahu bílkovin v cereálních výrobcích je možná kombinace hydrolyzátu pšeničných bílkovin s VWG. Z hlediska živočišných bílkovin může hydrolyzátní nahradit kaseinátů v potravinách, kde jsou využívány jejich emulgační či pěňivé schopnosti. Jeho negativním aspektem je však možná nepříjemná chuť (Flambeau *et al.*, 2017).

3.2.4 Antinutriční látky rostlinných bílkovin

Antinutriční látky se přirozeně vyskytují v rostlinných zdrojích bílkovin. Jsou to látky, které mohou lidské tělo poškozovat, ale zároveň, pokud se vyskytují v nízkých množstvích, mohou vykazovat i pozitivní účinky. Jejich hlavní negativní účinky souvisejí s trávením, vstřebáním a využitím živin a minerálních látek. Potenciálně příznivé účinky zahrnují snížení glykémie a hladiny plazmatického cholesterolu nebo také protizánětlivé působení (Hertzler *et al.*, 2020; Manzanilla-Valdez *et al.*, 2024).

Mezi možné antinutriční faktory luštěnin patří kyselina fytová, inhibitory proteáz, saponiny, isoflavonoidy (Samtiya *et al.*, 2020), oxaláty, lektiny, taniny a další látky (Boukid *et al.*, 2021). Pšeničná bílkovina, stejně jako luštěniny, obsahuje mimo jiné antinutriční faktory, například kyselinu fytovou, avšak v nižším množství (Flambeau *et al.*, 2017). Kyselina fytová omezuje vstřebávání minerálních látek, jako je zinek, železo, vápník či mangan, neboť s nimi tvoří nerozpustné komplexy. Trávicí enzymy nejsou schopné tyto komplexy účinně štěpit. Inhibitory proteáz negativně ovlivňují trávení bílkovin, zatímco saponiny a lektiny napomáhají narušení střevní bariéry a mohou se podílet na rozvoji autoimunitních poruch (Hertzler *et al.*, 2020; Manzanilla-Valdez *et al.*, 2024).

V proteinových koncentrátech či izolátech rostlinného původu může být koncentrace antinutričních látek dokonce vyšší než v mouce stejného původu. Jejich množství však závisí na technologii výroby a také na charakteru daného antinutričního faktoru. Jak je popsáno v kapitolách 3.1.1–3.1.3, pro extrakci bílkovin je možné zvolit mnoho výrobních postupů, které lze obecně rozdělit na mokrou a suchou extrakci. Rezistentní vůči odstranění je kyselina fytová, avšak nejvyšší úspěšnosti se dosahuje kombinací membránových separačních metod (ultrafiltrace či diafiltrace) a modifikace pH na mírně kyselé hodnoty. Saponiny jsou poměrně snadno redukovány pomocí alkalického rozpouštění. Pro zvýšení efektivity jejich eliminace je vhodná předúprava výchozí suroviny namáčením. Využití izoelektrického srážení se ukazuje jako vhodné pro odstranění oxalátů, nicméně tato problematika není dosud dostatečně prozkoumána. Ke snížení aktivity lektinů je vhodné zvolit technologii izoelektrického srážení (Manzanilla-Valdez *et al.*, 2024).

Z hlediska konzumace proteinových prášků rostlinných bílkovin může být rizikové i to, že nejsou konzumovány ve své přirozené podobě, která – kromě dalších látek – obsahuje vlákninu. Ta je klíčovým aspektem z hlediska trávení, protože slouží jako substrát pro fermentaci střevní mikrobiotou tlustého střeva. Pokud však nedochází k jejich kombinaci s vlákninou a nedostatečně strávené bílkoviny se dostanou až do tlustého střeva, je pravděpodobná proteolytická fermentace. Tento proces je rizikový z hlediska tvorby metabolitů, které mohou negativně ovlivňovat střevní epitel. Typ vlákniny však také hraje roli, jelikož přidaná vláknina nemusí mít stejné účinky jako ta, která je přirozeně obsažena v rostlinných produktech. Současné poznatky jsou však stále omezené, neboť výsledky nejsou vždy jednotné a vycházejí hlavně z laboratorních (*in vitro*) a zvířecích studií (Partanen *et al.*, 2024).

PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část bakalářské práce zahrnuje chemickou laboratorní analýzu, která byla uskutečněna na Vysoké škole chemicko-technologické (dále jen VŠCHT) v Praze, Ústav analýzy potravin a výživy. Chemická analýza byla provedena za účelem zjištění obsahu bílkovin, sušiny, tuku a složení mastných kyselin vysokoproteinových výrobků. Praktická část také zahrnuje senzorickou analýzu, která byla provedena v Senzorické laboratoři VŠCHT Praha za účelem zjištění senzorické hodnoty analyzovaných vzorků. Dále obsahuje nutriční hodnocení analyzovaných vzorků.

4. Cíle práce

Cílem této bakalářské práce bylo poskytnout experimentální údaje o nutriční a senzorické kvalitě vybraných vysokoproteinových výrobků, které jsou dostupné na českém trhu. Analyzovanými vysokoproteinovými výrobky byly proteinové sušenky a proteinové granoly.

Primární cíl: Porovnat nutriční a senzorickou hodnotu vysokoproteinových výrobků

Sekundární cíle:

- I. Stanovit obsah bílkovin ve vzorcích
- II. Stanovit obsah tuku ve vzorcích
- III. Stanovit složení mastných kyselin ve vzorcích
- IV. Stanovit sušinu ve vzorcích

5. Analyzované vzorky





Analyzováno bylo celkem 16 vysokoproteinových výrobků zakoupených na českém trhu. Konkrétně bylo analyzováno 8 proteinových sušenek a 8 proteinových granol. Všechny 16 vzorků bylo analyzováno laboratorní i senzorickou analýzou.


Údaje, týkající se vzorků – jejich očíslování, výrobce, název, příchut', složení, fotografie obalu a fotografie skutečného vzhledu výrobku – jsou uvedeny v tabulce č. 9 pro proteinové sušenky a tabulce č. 10 pro proteinové granoly. Nutriční hodnoty proteinových sušenek jsou uvedeny v tabulce č. 11. Nutriční hodnoty proteinových granol jsou zobrazeny v tabulce č. 12.

5.1 Proteinové sušenky

Tabulka č. 9: Seznam vzorků proteinových sušenek





Číslo	Výrobce, název a příchuť	Složení	Obal	Skutečný vzhled
1	Vilgain Protein Cookie - čokoláda a karamel	Mléčné proteiny 23 %, mandle, třtinový cukr, kukuřičná vláknina, voda, čekanková vláknina, hořká čokoláda 5 % (kakaová hmota 60 %, cukr), karamel 5 % (cukr*, glukózový sirup*, smetana* (mléko), máslo* (mléko), voda, sůl), zvlhčující látka: glycerol, bezlepková ovesná mouka, přepuštěné máslo* (mléko) 1,8 %, mořská sůl. *z ekologického zemědělství.		
2	Vilgain Plant Protein Mini Cookies BIO – arašídů se slaným karamellem	Arašídů* (krém, kousky arašídů) 34,6 %, datlový sirup*, hrachový protein* 16,3 %, datle*, hořká čokoláda* (kakaová hmota*, třtinový cukr*, kakaové máslo*, kakaový prášek*, vanilka*) 10 %, kokosový sirup*, bezlepkové ovesné vločky*, himalájská sůl 0,34 %, olej s příchutí vanilky*, olej s příchutí karamelu 0,09 %. *z ekologického zemědělství.		
3	Gymbeam MoiMüv Protein Cookie - slaný karamel	Mléčný protein, pšeničná mouka, hnědý cukr, zvlhčovadlo (rostlinný glycerin), kousky hořké čokolády (9 %) [kakaová hmota, cukr, emulgátor (sójový lecitin), aroma], hydrolyzovaný pšeničný protein, olivový olej, kokosový olej, kukuřičná vláknina, kyprící látky (vinný kámen, hydrogenuhličitan sodný), aroma, sůl.		







Číslo	Výrobce, název a příchut'	Složení	Obal	Skutečný vzhled
4	MYPROTEIN Gooley Filled Cookie - dvojitá čokoláda a karamel	<i>přeloženo z angličtiny na etiketě výrobku:</i> Mléčné bílkoviny, náplň s příchutí slaneého karamelu (15 %) (sladidlo (maltitol), kokosový olej, zvlhčující látka (rostlinný glycerol), rostlinné oleje (olivový, kokosový), emulgátor (akáciová guma), sušené odstředěné mléko, olivový olej, sůl, aroma), zvlhčující látka (rostlinný glycerol), sladidlo (maltitol), hořké čokoládové lupínky (7 %) (sladidlo (maltitol), kakaová hmota, emulgátor (sójový lecitin), kakaový prášek se sníženým obsahem tuku, aroma), sójový protein, ovesná mouka, kakaový prášek, kypřící látky (vinany draselné, hydrogenuhličitan sodný), emulgátor (akáciová guma), aroma. Tmavé čokoládové lupínky: kakaová sušina minimálně 48 %.		
5	QNT Protein Cookie - slaný karamel	Mléčný protein, hnědý cukr, rostlinný glycerin, pšeničná mouka (pšeničná mouka, uhličitan vápenatý, železo, niacin, thiamin), hydrolyzovaný pšeničný protein, hořké čokoládové lupínky (9 %) (kakaová hmota, cukr, emulgátor (sójový lecitin), aroma), olivový olej, kokosový olej, rozpustná kukuřičná vláknina, kypřící látky (vinný kámen, hydrogenuhličitan sodný), aroma, sůl.		
6	USN High Protein Cookie - slaný karamel	Mléčný Protein, Hnědý cukr, Pšeničná mouka, Zeleninový glycerin, Tmavé čokoládové křupínky (9 %) (Kakaová hmota, Cukr, Emulgátor (Sójový lecitin), Aroma), Glutaminové peptidy (Pšenice), Olivový olej, Kokosový olej, Inulin (Čirokový kořen), Kypřící složky (Hydrogenuhličitan sodný, Vinný kámen), Aroma, Sůl.		

Číslo	Výrobce, název a příchut'	Složení	Obal	Skutečný vzhled
7	WEIDER Protein Cookie - karamelovo-čokoládový fondán	Pšeničná bílkovina, pšeničná mouka, kokosový olej, třtinový cukr, řepný sirup, glukózový sirup, 5 % prostá čokoláda (cukr, kakaová hmota, kakaové máslo, emulgátor: sojové lecitiny (E322)), fruktóza, zvlhčující látka: glycerol (E422); emulgátory: sojové lecitiny (E322), 2 % kakaový prášek, aroma, kypřící látka: uhličitan sodný (E500), sůl.		
8	Mars HiProtein Cookie - slaný karamel	<i>přeloženo z angličtiny na etiketě výrobku:</i> Proteinová směs (31 %), (hydrolyzovaný pšeničný protein, hrachový protein, sójový protein), zvlhčující látka (glycerin), hnědý cukr, olivový olej, obohacená pšeničná mouka (pšeničná mouka, uhličitán vápenatý, niacin, železo, thiamin), kousky mléčné čokolády (7 %) (cukr, kakaové máslo, sušené odstředěné mléko, kakaová hmota, rostlinný tuk (palmový), laktóza (mléko), sušená syrovátka (mléko), mléčný tuk, syrovátková sušina (mléko), emulgátor (sojové lecitiny), přírodní vanilkové aroma), karamelové kousky (5 %) (cukr, slazené kondenzované odstředěné mléko (odstředěné mléko, cukr), glukózový sirup, kypřící látka (hydrogenuhličitán sodný), aroma, extrakt z ječného sladu, jedlá sůl.		

5.2 Proteinové granoly

Tabulka č. 10: Seznam vzorků proteinových granol

Číslo	Výrobce, název a příchut'	Složení	Obal	Skutečný vzhled
9	GymBeam Proteinová granola s čokoládou	Ovesné vločky 45 %, sojový proteinový koncentrát 19 %, cukr, slunečnicový olej, čokoláda 4,5 % [kakaová hmota, cukr, kakaové máslo, emulgátor (slunečnicový lecitín)], rýžový sirup, hrachový proteinový izolát 2,7 %, maltodextrin, čokoládový prášek 1,4 % (kakaový prášek, kakaová hmota, cukr), kakaový prášek se sníženým obsahem tuku 1,1 %, rýžová mouka, aroma, mořská sůl, antioxidanty (askorbylpalmitát, extrakt tokoferolů, rozmarýnový extrakt, slunečnicový lecitín).		
10	Go On Proteinová granola - lískové ořechy, mandle, čokoláda	Celozrnné ovesné vločky 22,6 %, ovesné otruby, rozpustná kukuřičná vláknina, lepek (z pšenice), čokoláda 7 % (sladidla: maltitol; kakaová hmota, emulgátor: lecitin (ze sóji); kakao se sníženým obsahem tuku, přírodní vanilkové aroma), slunečnicový olej, pšeničná mouka, pojivo: maltitol; ořechy 2 % (lískové ořechy, mandle), sůl, aromata, kypřicí látky: uhličitan sodný; emulgátor: lecitin (ze sóji); extrakt ze sladu ječmene, sladidlo: sukralóza.		

Číslo	Výrobce, název a příchut'	Složení	Obal	Skutečný vzhled
11	Vilgain Protein Granola - kakao a mléčná čokoláda	"Bezlepkové ovesné vločky 27 %, mandle (pasta, celé) 19 %, kokosový sirup*, proteinové křupky (mléčný protein, bramborový škrob) 13 %, čokopecičky z mléčné čokolády (cukr, kakaové máslo, sušené plnotučné mléko, kakaová hmota, Bourbon vanilka) 7 %, kešu ořechy pražené, kakaová hmota* 5 %, kakaové máslo nerafinované*, smetana sušená (mléko), vanilka mletá. * Z ekologického zemědělství. Obsah kakaové sušiny v čokoládě je minimálně 39 %."		
12	Mixit Proteinová granola z pece - Čokoláda a mandle	Granola 54 % (ovesné vločky, vláknina z kořene čekanky, slunečnicová semena, lněná semena, řepkový olej), sójové vločky 15 %, čokoládové hobliny hořké 12 % ((cukr, kakaová hmota 44 %, kakaové máslo 6 %, emulgátor: sójový lecitin; přírodní vanilkové aroma) v hořké čokoládě obsah kakaové sušiny nejméně 48 %), plátky mandlí 11 %, syrovátkové crispies 8 % (mléčné proteiny, bramborový škrob).		
13	BIG BOY Proteinová granola s hořkou čokoládou by @kamilasikl	Zapékané müsli 76 % (ovesné vločky, cukr, hrachová mouka, rýžová mouka, rozpustná pšeničná bílkovina, slunečnicový olej, glukózový sirup, jedlá sůl, regulátor kyselosti: uhličitan sodný, přírodní aroma), pekanové ořechy 10 %, hořká čokoláda pecičky 10 % (cukr, kakaová hmota, kakaové máslo, emulgátor: sójový lecitin, vanilkový extrakt), ananas sušený kousky 10 % (ananas 51 %, cukr 48 %, regulátor kyselosti: kyselina citrónová 1 %, konzervant: oxid siřičitý 0.01 %), kokosové lupínky 5 %.		

Číslo	Výrobce, název a příchut'	Složení	Obal	Skutečný vzhled
14	Graci GRANOLA High power protein	Zapékané müsli 76 % (ovesné vločky, cukr, hrachová mouka, rýžová mouka, rozpustná pšeničná bílkovina, slunečnicový olej, glukózový sirup, jedlá sůl, regulátor kyselosti: uhličitan sodný, přírodní aroma), pekanové ořechy 10 %, hořká čokoláda pecičky 10 % (cukr, kakaová hmota, kakaové máslo, emulgátor: sójový lecitin, vanilkový extrakt), ananas sušený kousky 10 % (ananas 51 %, cukr 48 %, regulátor kyselosti: kyselina citrónová 1 %, konzervant: oxid siřičitý 0.01 %), kokosové lupínky 5 %.		
15	Sportness Bio Protein Granola	21 % sójové vločky*, 15,3 % lněné semínko*, 10 % ovesné vločky*, 9,7 % slunečnicové semínko*, 8 % extrudovaný sójový protein*, inulin*, jablečné pyré*, 6 % pšeničná bílkovina*, 5 % vlašský ořech, slunečnicový olej*, 5 % mandle*. *z ekologického zemědělství		
16	Topnatur Müsli srdcem Proteinové jahoda&čokoláda	Mléčné proteinové crispies (mléčný proteinový koncentrát, rýžová mouka, sůl), bezlepkové instantní ovesné vločky, čekanková vláknina, kokosové plátky, med, řepkový olej, čokoláda hořká 5 % (cukr, kakaová hmota, kakaové máslo, emulgátor: slunečnicový lecitin, přírodní vanilkové aroma), alkalizovaný kakaový prášek se sníženým obsahem tuku, třtinový cukr, lyofilizované jahody 3 %, kakaové máslo.		

5.3 Nutriční hodnoty vzorků

5.3.1 Nutriční hodnoty proteinových sušenek

Tabulka č. 11: Deklarované nutriční hodnoty proteinových sušenek vztažené na 100 g výrobku

Číslo vzorku	1	2	3	4	5	6	7	8
Energie (kJ)	1517	1866	1651	1444	1698	1667	1920	1615
Energie (kcal)	363	447	395	346	406	399	458	387
Tuky (g)	15,8	23	14	13	14	15	21	11,5
Z toho nasycené MK (g)	4,1	5,4	6,2	6,3	7,1	6,9	15	3
Sacharidy (g)	23,7	34	42	39	42	40	44	44
Z toho cukry (g)	19,1	27	20	1,2	20	20	23	22
Vláknina (g)	13	6,2	4,5	6,7	5	3,5	N	N
Bílkoviny (g)	25	22,6	23	27	25	25	24	25
Sůl (g)	1,1	0,69	1,5	0,70	1,5	1,10	0,68	1

Pozn. *N = neuvedeno

5.3.2 Nutriční hodnoty proteinových granol

Tabulka č. 12: Deklarované nutriční hodnoty proteinových granol vztažené na 100 g výrobku

Číslo vzorku	9	10	11	12	13	14	15	16
Energie (kJ)	1718	1738	2001	1685	1964	1748	2025	1693
Energie (kcal)	411	416	479	402	469	415	486	405
Tuky (g)	15	15	25	20,0	21	9,4	29	17
Z toho nasycené MK (g)	2,6	3	12	4,1	5,4	1,5	3,3	8,4
Sacharidy (g)	46	44	40	29,0	51	56	19	36
Z toho cukry (g)	13	1,6	20	8,4	25	7,4	4,6	13

Číslo vzorku	9	10	11	12	13	14	15	16
Vláknina (g)	4,3	18	6,1	19,0	6,03	8,1	20	14
Bílkoviny (g)	21	21	20	21,0	16	22	28	20
Sůl (g)	0,29	0,41	0,07	0,03	0,14	0,49	0,03	0,29

6. Metodika

Experimentální část bakalářské práce byla uskutečněna vlastní laboratorní analýzou stanovených vzorků v laboratořích Ústavu analýzy potravin a výživy VŠCHT Praha. Stanovení sušiny proběhlo pomocí metody gravimetrie. K určení obsahu tuku bylo využito metody extrakce dle Soxhleta a pomocí plynové chromatografie s plamenově ionizačním detektorem (GC/FID) bylo stanoveno složení mastných kyselin. Pro zjištění obsahu bílkovin ve vzorcích byla využita Kjeldahlova metoda. Obsah sacharidů byl stanoven dopočtem. Všechny analyzované vzorky byly před provedením laboratorních analýz homogenizovány. Senzorická jakost vzorků byla hodnocena senzorickou analýzou.

6.1 Gravimetrie

6.1.1 Přístroje a pomůcky

- Hliníkové kelímky
- Analytická váha A&D GR-200 EC, J
- Sušárna BINDER FD53 s nucenou cirkulací, D

6.1.2 Postup

Do předem zváženého a číslem vzorku označeného hliníkového kelímku byl navážen vzorek v rozmezí 2–4 g. Následně byl hliníkový kelímek společně s vzorkem znovu zvážen na analytické váze. Byla předehráta sušárna na 105 °C a do ní byly vloženy hliníkové kelímky se vzorky. Vzorky byly sušeny přibližně po dobu 3 hodin. Následně byly vyjmuty ze sušárny a nechaly se vychladnout na pokojovou teplotu. Byly zváženy na analytické váze a znovu vloženy do sušárny na 30 minut. Po vychladnutí byly opět zváženy. Proces sušení a vážení byl opakován tak dlouho, dokud nedošlo k dosažení konstantní hmotnosti vzorku. Každý z analyzovaných vzorků byl pomocí této metody sušen ve dvou nezávislých současně probíhajících měřeních. Hodnota relativní směrodatné odchylky činí 0,4 % a nejistota měření je určena jako její dvojnásobek (0,8 %) (Reitšpiesová, 2023).

6.2 Extrakce tuku dle Soxhleta

6.2.1 Chemikálie

- Síran sodný bezvodý p.a., Penta, CZ

- Diethylether p.a., stabilizovaný BHT, Penta, CZ

6.2.2 Přístroje a pomůcky

- Digitální analytická váha (přesnost 0,1 mg) Sartorius MCI, Sartorius Laboratory, D
- Běžné laboratorní sklo
- Papírové extrakční patrony
- Vata
- Varné kamínky
- Soxhletův extraktor – skleněná aparatura s topným hnízdem a zpětným spirálovým chladičem
- Vakuová rotační odparka R-114, Büchi, Švýcarsko

6.2.3 Postup

Z homogenizovaných vzorků bylo odebráno a naváženo zhruba 10 g. Toto množství bylo umístěno do třecí misky. Následně byl navážený vzorek rozetřen se síranem sodným a po dostatečném rozetření přesunut do papírové extrakční patrony. Na směs v patroně byla umístěna vata a poté byl připravený vzorek umístěn do Soxhletova extraktoru. Varná baňka se zábrusem, kulatým dnem a objemem 250 ml byla označena číslem vzorku a byl do ní vložen varný kamínek. Po jejím zvážení na analytické váze a přidání přibližně 170 ml diethyletheru byla napojena na koncovou část extraktoru. Rozpouštědlo bylo pomocí topného hnízda přivedeno k varu. Extrakce trvala zhruba 8 hodin. Po této době bylo topné hnízdo vypnuto a po vychladnutí vzorků bylo rozpouštědlo odpařeno pomocí vakuové rotační odparky. Teplota vodní lázně odparky měla 35 °C. Otevřená baňka, obsahující extrahované lipidy, byla ponechána v digestoři a po vychladnutí zvážena. Zjištěné množství tuku bylo přepočítáno na 100 g. Po přepočítání a zjištění množství extrahovaného tuku, byly lipidy použity pro stanovení obsahu mastných kyselin vzorků. Hodnota relativní směrodatné odchylky byla stanovena na 1,4 % a nejistota měření je určena jako její dvojnásobek (2,8 %) (Rajmicová, 2024).

6.3 Plynová chromatografie s plamenovým ionizačním detektorem

6.3.1 Chemikálie

- Methanol min. 99,9%, Penta, CZ

- Hydroxid sodný, pecky p.a., Penta, CZ
- Fluorid boritý (10% roztok v methanolu), Sigma-Aldrich, USA
- n-Hexan 99% p.a., Penta, CZ
- Chlorid sodný p.a., Penta, CZ
- Síran sodný bezvodý p.a., Penta, CZ

6.3.2 Přístroje a pomůcky

- Analytické váhy (přesnost 0,1 mg), Sartorius MC1, Sartorius Laboratory, SRN
- Běžné laboratorní sklo
- Varné kamínky
- Skleněná aparatura pro esterifikaci mastných kyselin s topným hnízdem a zpětným kuličkovým chladičem
- Kapilární kolona Supelco SP 2560, Supelco, USA
- Plynový chromatograf s plamenově-ionizačním detektorem Agilent Technologies 6890N, Palo Alto, USA

6.3.3 Postup přípravy methylesterů mastných kyselin

Nutným prvním krokem je příprava methylesterů mastných kyselin. Do popsané varné baňky s kulatým dnem o objemu 50 ml bylo naváženo 0,15–0,25 g tuku, který byl z vzorků získán extrakcí dle Soxhleta. Do baňky s naváženým tukem byl přidán varný kamínek, 5 ml methanolu a 1 ml hydroxidu sodného (0,5M roztoku NaOH v methanolu). Baňka byla umístěna na topné hnízdo a následně vařena pod zpětným chladičem po dobu 20 minut.

Po uplynulé době bylo zkontrolováno, zda se na hladině objevují tukové kapičky, a pokud ne, bylo přes chladič přidáno 0,5 ml roztoku fluoridu boritého (dále jen BF₃). Pokud by se na hladině tukové kapičky vyskytovaly, bylo by přidáno přibližně 1 ml NaOH a směs by se zahřívala dalších 5 minut, až poté by byl přidán BF₃. Po přidání BF₃ byla směs vařena dalších 20 minut a po uplynulé době bylo topné hnízdo vypnuto.

Následně byla baňka chlazená alespoň 10 minut na laboratorní teplotu. Přes chladič bylo přidáno 5 ml hexanu a po jeho odkapání byla baňka odebrána od aparatury. Do baňky bylo přidáno 20 ml nasyceného vodného roztoku NaCl a směs byla zhruba 45 sekund třepána, díky tomu dojde k rozdělení fází. Po protřepání byla baňka naplněna nasyceným

vodným roztokem NaCl až po hrdlo. Vrchní oddělenou fází tvoří methylestery mastných kyselin, které se extrahovaly do hexanu. Byla nachystána vialka s malým množstvím bezvodého síranu sodného, do které byla odebrána část (cca 2 ml) vrchní vrstvy pomocí Pasteurovy pipety.

Připravené methylestery mastných kyselin následně procházely plynovou chromatografií ve spojení s plamenovou ionizační detekcí (GC/FID). K oddělení methylesterů mastných kyselin bylo využito polární biskyanopropylové kolony Supelco SP 2560. Jejich vyhodnocení proběhlo pomocí metody vnitřní normalizace. Metoda vnitřní normalizace spočívá v tom, že procentuální zastoupení daného methylesteru mastné kyseliny je určeno podílem jeho plochy píku a celkové plochy všech píků methylesterů mastných kyselin. Limit detekce (dále jen LOD) a limit kvantifikace (dále jen LOQ) byly stanoveny na základě poměru signálu k šumu, který je pro LOD roven 3 a pro LOQ roven 10. Limit detekce byl stanoven na hodnotu LOD = 0,003 %. Limit kvantifikace byl stanoven na hodnotu LOQ = 0,01 %. Tabulka č. x uvádí relativní směrodatné odchylky a nejistoty měření dle obsahu dané mastné kyseliny. Vyhodnocení chromatogramů proběhlo prostřednictvím programu CSW 1.7 (Data Apex, CZ).

Tabulka č. 13: Relativní směrodatné odchylky a nejistoty měření

Obsah mastné kyseliny	Relativní směrodatná odchylka	Nejistota měření
0,01 – 0,08 %	33,3 %	66,6 %
0,08 – 3 %	6,4 %	12,8 %
> 3 %	0,6 %	1,2 %

Zdroj: převzato z Rajmicová, 2024

6.4 Kjeldahlova metoda

6.4.1 Chemikálie

- Směsné katalyzační tablety (KJELTABS S/3,5; 3,5 g K₂SO₄ + 0,0035 g Se)
- Kyselina sírová (96% koncentrovaná)
- Destilovaná voda
- Kyselina sírová (roztok o koncentraci $c = 0,05$ mol/litr)

- Tashirův indikátor (methylčerveň + methylenová modř)
- Hydroxid sodný (30% roztok, w/w)
- Hydroxid sodný (roztok o koncentraci $c = 0,1 \text{ mol/litr}$)

6.4.2 Přístroje a pomůcky

- Běžné laboratorní sklo
- Digitální analytická váha (přesnost 0,1 mg), Sartorius MC1, Sartorius Laboratory, SRN
- Mineralizační trubice (250 ml)
- Stojan na mineralizační trubice (6 pozic)
- Mineralizační jednotka VELP DK 6, FOSS, DK
- Destilační jednotka UDK 129 (FOSS, DK) se zásobním kanystrem na 30% (w/w) roztok NaOH
- Odsávač par s teflonovým těsněním připojený na vodní vývěvu
- Skleněná automatická byreta podle Pelleta se zásobní lahví

6.4.3 Postup

Metoda se skládá ze tří kroků, a to mineralizace, destilace a titrace.

Mineralizace

Mineralizace je prvním krokem Kjeldahlovy metody. Čísly vzorků označené mineralizační trubice byly umístěny do jim určeného stojanu. Do trubic byly následně vloženy dvě směsné katalyzační tablety. Na skleněné lodičky bylo naváženo 0,3 g homogenizovaného vzorku (navážka byla určena podle deklarovaných hodnot bílkovin). Odměrným válcem bylo odměřeno 12 ml koncentrované kyseliny sírové a s její pomocí byl navážený vzorek z lodičky kvantitativně převeden do mineralizační trubice. Na mineralizační trubice byl umístěn odsávač par a společně s ním byly trubice ve stojanu vloženy do spalovacího bloku. Byla spuštěna vodní vývěva, spalovací blok byl zapnut a nastaven na přednastavený program na teplotu 420 °C a čas 120 minut. Po uplynutí této doby byl zmineralizovaný vzorek chlazen po dobu 60 minut.

Destilace

Po dostatečném vychladnutí zmineralizovaného vzorku bylo do mineralizační trubice opatrně přilito 30 ml destilované vody. Destilační jednotka UDK 129 byla pročištěna destilovanou vodou. Následně byla do přístroje umístěna mineralizační trubice s mineralizátem a pod ústí přístroje byla vložena titrační baňka (označená číslem vzorku). Do titrační baňky bylo před umístěním pod ústí přístroje nachystáno 25 ml kyseliny sírové o koncentraci 0,05 mol/l a také do ní byly přidány 3 kapky Tashirova indikátoru. Na destilační jednotce byl k destilaci nastaven objem 45 ml 30% roztoku hydroxidu sodného (w/w) a nastavena doba 3 minut. Po uplynutí nastavené doby byla titrační baňka odejmuta z přístroje pro provedení procesu titrace, zatímco mineralizační trubice byla vymyta.

Titrace

Po procesu destilace následovala zpětná titrace nezreagované kyseliny sírové. Nejdříve byla provedena „slepá“ titrace za účelem ověření správné koncentrace obou roztoků a pro vyzkoušení změny barvy roztoku v titrační baňce. Titrační baňka s 10 ml kyseliny sírové o koncentraci 0,05 mol/l, 3 kapkami Tashirova indikátoru a zhruba 20 ml destilované vody byla titrována roztokem hydroxidu sodného s koncentrací 0,1 mol/l. Při daných koncentracích spotřeba hydroxidu sodného odpovídá (je ekvivalentní) množství nezreagované kyseliny sírové. Spotřeba při slepé titraci byla 10 ml, což značí správně provedenou titraci a koncentraci obou roztoků.

Následně byla titrována titrační baňka s destilátem, která byla díky Tashirovu indikátoru a kyselému prostředí zbarvena do fialova. Titrace probíhala stejným principem jako u „slepé“ titrace, a tedy probíhala do doby, dokud se roztok v titrační baňce nezbarvil na průhlednou barvu, což určuje bod ekvivalence. Pokud by bylo přidáno více roztoku hydroxidu sodného s koncentrací 0,1 mol/l, byl by bod ekvivalence překročen a došlo by ke změně barvy na zelenou.

Výpočet obsahu bílkovin

Díky zpětné titraci, která byla provedena roztokem hydroxidu sodného s koncentrací 0,1 mol/l, bylo zjištěno množství kyseliny sírové, která nezreagovala s amoniakem přítomným ve vzorku. Nezreagovaná kyselina je v rovnici označena V_{K2} . Jak již bylo uvedeno, při daných koncentracích je spotřeba NaOH (v rovnici označeno jako V_{NaOH}) rovna

množství nezreagované kyseliny sírové (V_{K2}). To zobrazuje rovnice: $H_2SO_4 + 2 NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2 H_2O$.

Aby bylo možné zjistit množství dusíku v analyzovaném vzorku, je nutné zjistit množství kyseliny, jež zreagovala s amoniakem (ve vzorci označeno jako V_{KN}). To lze zjistit odečtením množství nezreagované kyseliny sírové od původního množství kyseliny sírové, která byla v titrační baňce (tedy 25 ml). Ve vzorci je původní množství označeno jako V_{K1} . Vzorec, který znázorňuje tento krok je následující:

$$V_{KN} = V_{K1} - V_{K2} = V_{K1} - V_{NaOH}$$

Obsah dusíku byl dále stanoven dle úměry, která vychází ze stechiometrie (výpočtu z chemické rovnice). Tato úměra udává, že 1 ml H_2SO_4 , která má koncentraci 0,05 mol/l odpovídá 1,4 mg dusíku. Pro získání množství hrubé bílkoviny bylo množství dusíku přepočítáno pomocí obecného přepočítávacího faktoru 6,25. Hodnota relativní směrodatné odchylky byla stanovena na 0,91 % a nejistota měření je určena jako její dvojnásobek (1,82 %) (Rajmicová, 2024).

6.5 Senzorická analýza

Senzorická analýza nemůže být nahrazena měřením skrze přístroje, protože pro hodnocení je nutné využít lidských smyslů. Senzorická analýza byla provedena v senzorické laboratoři VŠCHT Praha. Je vybavena dle mezinárodní normy ČSN EN ISO 8589 a je v ní umístěno dvanáct boxů s PC.

Senzorická analýza hodnocených vzorků proběhla ve 2 termínech. Analyzované vzorky byly rozděleny na kategorii proteinových sušenek (čísla vzorků 1–8) a proteinových granol (čísla vzorků 9–16). Obě kategorie byly vybrány v podobných příchutích. Proteinové sušenky byly zvoleny v příchutích typu: čokoláda-karamel, arašídý-slaný karamel, slaný karamel. Proteinové granoly byly zvoleny v příchutích typu: čokoláda, ořechy-čokoláda, kakaová, oříšková, jahoda-čokoláda. Konkrétní druhy příchutí jsou uvedeny v tabulkách č. 9 a č. 10 v kapitole 5.1 a 5.2, kde jsou uvedeny veškeré analyzované vzorky.

Hodnocené vzorky byly označeny randomizovaným unikátním kódem s třemi ciframi. Vzorky byly před senzorickými analýzami nachystány v oddělené místnosti, za účelem zamezení nevhodnému informování hodnotitelů, a tím potencionálnímu ovlivnění výsledků. Hodnocení tedy proběhlo zaslepeně a hodnotitelé nebyli informováni o výrobci,

složení či nutričních hodnotách daných výrobků. Vzorky byly nachystány na bílé talíře (stejného vzhledu) pro proteinové sušenky a do misek (stejného vzhledu) byly nachystány proteinové granoly. Na nádobí, na/ve kterém byly vzorky umístěné, byl napsán unikátní trojčíferný kód daného vzorku. Granoly byly konzumovány společně s polotučným mlékem.

Před zahájením sensorických analýz byly pro obě kategorie zvoleny deskriptory se škálou 0–100 a jsou uvedeny v tabulkách č. 14 a č. 15 spolu s celkovým hodnocením (hodnoceno na škále 1–5). Z deskriptorů byl vytvořen formulář, který byl zadán do programu RedJade Sensory Software a pomocí tohoto programu a PC hodnotitelé zaznamenali sensorickou analýzu. Pořadí hodnocených vzorků bylo vygenerováno náhodně. Hodnotitelům byla poskytnuta pitná voda, kterou mohli využít pro neutralizaci chuti. Obě kategorie byly hodnoceny 12 hodnotiteli. Výsledky sensorických analýz byly statisticky zpracovány pomocí programu RedJade Sensory Software.

6.5.1 Deskriptory proteinových sušenek

Tabulka č. 14: Deskriptory proteinových sušenek

Deskriptor	Stupnice deskriptoru
Příjemnost vzhledu	0 (Nepříjemná) – 100 (Velmi příjemná)
Intenzita vůně	0 (Neznatelná) – 100 (Velmi silná)
Příjemnost vůně	0 (Nepříjemná) – 100 (Velmi příjemná)
Intenzita celkové chuti	0 (Neznatelná) – 100 (Velmi silná)
Příjemnost celkové chuti	0 (Nepříjemná) – 100 (Velmi příjemná)
Intenzita sladké chuti	0 (Neznatelná) – 100 (Velmi silná)
Příjemnost sladké chuti	0 (Nepříjemná) – 100 (Velmi příjemná)
Intenzita hořké chuti	0 (Neznatelná) – 100 (Velmi silná)
Intenzita příchutě	0 (Neznatelná) – 100 (Velmi silná)
Příjemnost příchutě	0 (Nepříjemná) – 100 (Velmi příjemná)
Konzistence	0 (příliš měkká) – 50 (optimální) – 100 (příliš tvrdá)
Příjemnost textury	0 (Nepříjemná) – 100 (Velmi příjemná)
Intenzita pachutí	0 (Neznatelná) – 100 (Velmi silná)
Příjemnost dochutě po jedné minutě	0 (Nepříjemná) – 100 (Velmi příjemná)

Deskriptor	Stupnice deskriptoru
Celkové hodnocení	1 – vynikající 2 – velmi dobrý 3 – dobrý 4 – vyhovující 5 – nevhovující

6.5.2 Deskriptory proteinových granol

Tabulka č. 15: Deskriptory proteinových granol

Deskriptor	Stupnice deskriptoru
Příjemnost vzhledu	0 (Nepříjemná) – 100 (Velmi příjemná)
Intenzita vůně	0 (Neznatelná) – 100 (Velmi silná)
Příjemnost vůně	0 (Nepříjemná) – 100 (Velmi příjemná)
Intenzita celkové chuti	0 (Neznatelná) – 100 (Velmi silná)
Příjemnost celkové chuti	0 (Nepříjemná) – 100 (Velmi příjemná)
Intenzita sladké chuti	0 (Neznatelná) – 100 (Velmi silná)
Příjemnost sladké chuti	0 (Nepříjemná) – 100 (Velmi příjemná)
Intenzita hořké chuti	0 (Neznatelná) – 100 (Velmi silná)
Intenzita příchutě	0 (Neznatelná) – 100 (Velmi silná)
Příjemnost příchutě	0 (Nepříjemná) – 100 (Velmi příjemná)
Příjemnost textury	0 (Nepříjemná) – 100 (Velmi příjemná)
Intenzita pachutí	0 (Neznatelná) – 100 (Velmi silná)
Příjemnost dochutě po jedné minutě	0 (Nepříjemná) – 100 (Velmi příjemná)
Celkové hodnocení	1 – vynikající 2 – velmi dobrý 3 – dobrý 4 – vyhovující 5 – nevhovující

7. Výsledky

7.1 Obsah sušiny

Obsah sušiny ve vzorcích byl stanoven pomocí gravimetrie, jejíž metodika je popsána v kapitole 6.1. Každý ze vzorků byl pomocí této metody analyzován dvakrát. Tabulka č. 16 a graf č. 1 zobrazují aritmetický průměr výsledků těchto měření. Chybové úsečky grafu znázorňují nejistotu měření (0,8 %).

Proteinové granoly měly vyšší obsah sušiny, a tedy i nižší obsah vody, ve srovnání s proteinovými sušenkami. Z proteinových sušenek (číslo vzorků 1–8) měly nejvyšší podíl sušiny vzorky č. 7 – 93,87 g/100 g a č. 2 – 89,64 g/100 g. Naopak nejnižší podíl sušiny, a tedy i nejvyšší obsah vody, byl stanoven u vzorků č. 4 – 86,80 g/100 g a č. 8 – 87,57 g/100 g. Průměrný obsah sušiny proteinových sušenek byl 88,95 g/100 g.

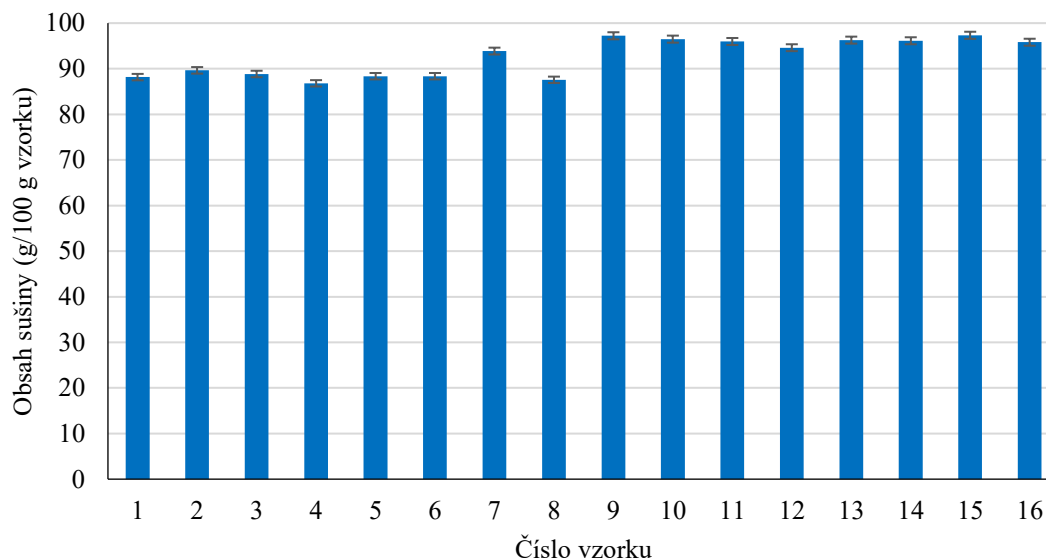
Nejvyšších hodnot v kategorii proteinových granol dosahovaly vzorky č. 15 – 97,33 g/100 g a č. 9 – 97,22 g/100 g. Nejnižší hodnoty obsahu sušiny granol byly zjištěny ve vzorcích č. 12 – 94,61 g/100 g z pece a č. 16 – 95,81 g/100 g. Průměrný obsah sušiny proteinových granol byl 96,23 g/100 g.

Tabulka č. 16: Výsledky obsahu sušiny ve vzorcích

Číslo vzorku	Stanovený obsah sušiny (g/100 g)
1	88,16
2	89,64
3	88,85
4	86,80
5	88,36
6	88,36
7	93,87
8	87,57
9	97,22
10	96,49
11	95,97
12	94,61
13	96,27

Číslo vzorku	Stanovený obsah sušiny (g/100 g)
14	96,13
15	97,33
16	95,81

Graf č. 1: Stanovený obsah sušiny ve vzorcích



7.2 Obsah tuku

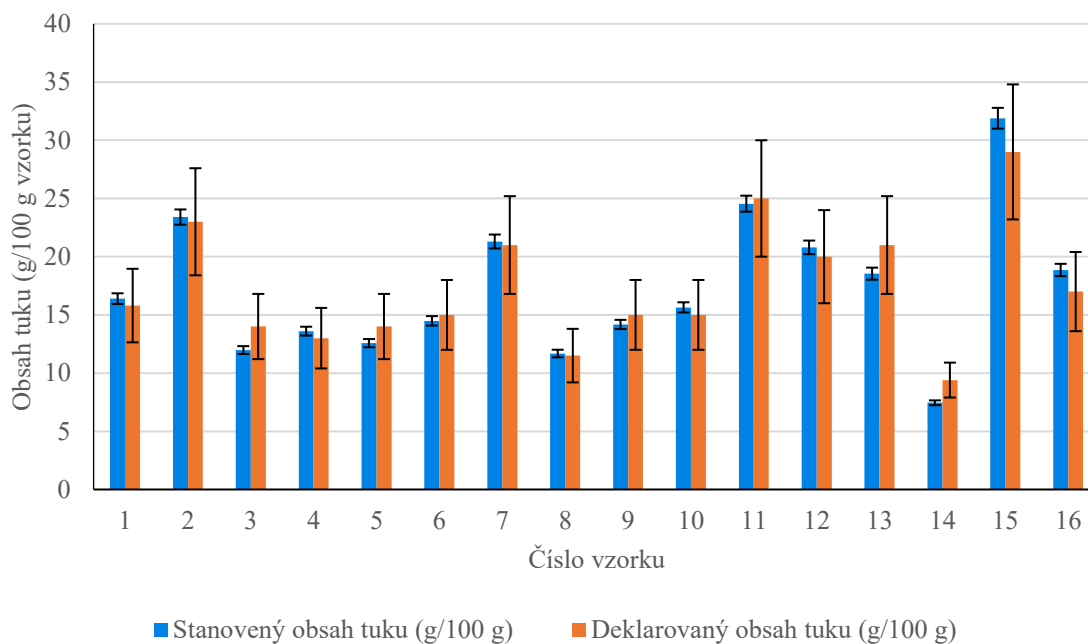
Pomocí metody extrakce tuku podle Soxhleta byl analyzován obsah tuku ve vzorcích. Vzorek č. 14 byl analyzován ve dvou měřeních, vzhledem k tomu, že první výsledek byl stanoven mimo povolenou odchylku deklarované hodnoty. Jeho výsledek v tabulce č. 17 je aritmetický průměr těchto dvou měření. Zmíněná tabulka zobrazuje výsledky extrakce tuku analyzovaných vzorků. Graf č. 2 zobrazuje výsledky měření a jejich porovnání s deklarovanými hodnotami. Chybové úsečky u stanovených hodnot udávají nejistotu měření (2,8 %), zatímco u stanovených hodnot znázorňují legislativní přípustné odchylky od deklarovaných hodnot tuků. Všechny vzorky, kromě vzorku č. 14, deklarovaly více než 10 g/100 g tuku, a proto je přípustná odchylka ± 20 %. U vzorku č. 14 je odchylka menší, konkrétně $\pm 1,5$ g. Přípustné odchylky jsou deklarované v Příručce pro provozovatele potravinářských podniků k nařízení (EU) č. 1169/2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům (vydaná Ministerstvem zemědělství ČR).

Vzorek č. 14 jako jediný z analyzovaných vzorků nesplnil tuto normu z 16 vzorků. Nejvyšší deklarovanou i analyzovanou hodnotu měl vzorek č. 15. Nejnižší deklarovanou i zjištěnou hodnotu měl vzorek č. 14. U proteinových sušenek byla v průměru analyzována hodnota 15,68 g/100 g, zatímco u proteinových granol byla průměrná stanovená hodnota vyšší – 18,99 g/100 g.

Tabulka č. 17: Výsledky obsahu tuku ve vzorcích

Číslo vzorku	Stanovený obsah tuku (g/100 g)	Deklarovaný obsah tuku (g/100 g)
1	16,40	15,8
2	23,40	23
3	11,98	14
4	13,60	13
5	12,57	14
6	14,49	15
7	21,30	21
8	11,68	11,5
9	14,18	15
10	15,64	15
11	24,55	25
12	20,80	20,0
13	18,54	21
14	7,45	9,4
15	31,89	29
16	18,86	17

Graf č. 2: Stanovený obsah tuku ve vzorcích



7.3 Složení mastných kyselin

Pro všechny analyzované vzorky (č. 1–16) byl stanoven profil mastných kyselin pomocí metody plynové chromatografie. Procentuální zastoupení nasycených, nenasycených a *trans*-mastných kyselin zobrazuje graf č. 3. Nejvyšší obsah nasycených mastných kyselin byl stanoven ve vzorku č. 7 – 76,25 %. Nejnižší obsah nasycených mastných kyselin a tím i nejvyšší obsah nenasycených mastných kyselin byl zjištěn u vzorku č. 15 – 11,90 %. Vzorek č. 1 obsahoval dle analýzy nejvyšší obsah *trans*-izomerů mastných kyselin (0,57 %).

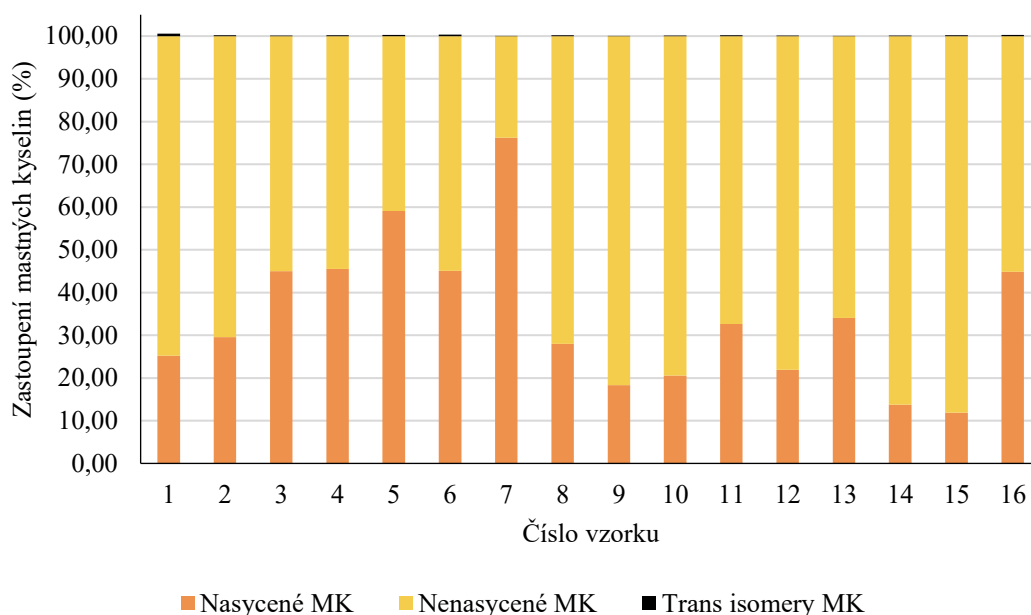
Procentuální zastoupení skupin mastných kyselin, poměry nenasycených ku nasyceným mastným kyselinám a poměry omega-6 ku omega-3 mastným kyselinám zobrazují tabulky č. 18 pro proteinové sušenky a č. 19 pro proteinové granoly. U vzorku č. 15 byl zjištěn nejvyšší obsah omega-3 mastných kyselin (kyseliny α -linolenové) konkrétně 12,84 %. Z proteinových granol měl dále nejvyšší obsah vzorek č. 12 (5,4 %). Z proteinových cookies měl nejvyšší obsah omega-3 mastných kyselin (kyseliny α -linolenové) vzorek č. 8 (1,04 %).

Nejvyšší obsah omega-6 mastných kyselin (kyseliny linolové) měl opět vzorek č. 15 – 37,52 % a také vzorek č. 12 – 26,38 %. Z proteinových sušenek měly nejvyšší

zastoupení vzorky č. 2 – 28,9 % a č. 1 – 21,85 %. Obsah polyenových kyselin byl opět nejvýznamnější ve vzorku č. 15 – 50,36 % a z proteinových cookies byly nejvíce zastoupené ve vzorku č. 2 – 29,18 %.

Mezi nejvíce zastoupené analyzované nasycené mastné kyseliny patřily kyselina palmitová, kyselina stearová, kyselina laurová a také kyselina myristová. Z nenasycených mastných kyselin byly nejvíce zastoupené kyselina olejová a kyselina linolová. Tabulky č. 20 – 23 uvádí zastoupení stanovených nasycených a nenasycených mastných kyselin v analyzovaných vzorcích.

Graf č. 3: Zastoupení nasycených, nenasycených a trans-mastných kyselin analyzovaných vzorků



Tabulka č. 18: Zastoupení mastných kyselin proteinových sušenek

Číslo vzorku		1	2	3	4	5	6	7	8
Nasycené MK celkem	Σ SFA	25,21	29,58	45,02	45,54	59,04	45,09	76,25	27,99
Nenasycené MK celkem	Σ UFA	74,79	70,42	54,98	54,46	40,96	54,91	23,75	72,01
Poměr nenas. ku nas. MK	UFA/SFA	2,97	2,38	1,22	1,20	0,69	1,22	0,31	2,57
Monoenové MK celkem	Σ MUFA	52,18	41,06	46,17	45,37	34,31	47,25	16,94	60,01
Polyenové MK celkem	Σ PUFA	22,05	29,18	8,72	8,91	6,38	7,27	6,76	11,77

Číslo vzorku		1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Trans isomery</i> MK celkem	Σ trans isomery	0,57	0,19	0,10	0,18	0,27	0,39	0,05	0,23
Omega-6 MK celkem	Σ omega-6	21,85	28,90	8,11	8,29	6,08	6,73	6,03	10,71
Omega-3 MK celkem	Σ omega-3	0,20	0,27	0,60	0,60	0,30	0,53	0,73	1,04
Poměr omega- 6/omega-3	omega- 6/omega-3	111,45	106,65	13,45	13,72	20,13	12,82	8,23	10,27

Tabulka č. 19: Zastoupení mastných kyselin proteinových granol

Číslo vzorku		9	10	11	12	13	14	15	16
Nasyčené MK celkem	Σ SFA	18,29	20,58	32,61	21,89	34,04	13,77	11,90	44,83
Nenasycené MK celkem	Σ UFA	81,72	79,42	67,39	78,12	65,96	86,23	88,10	55,17
Poměr nenas. ku nas. MK	UFA/SFA	4,47	3,86	2,07	3,57	1,94	6,26	7,40	1,23
Monoenové MK celkem	Σ MUFA	73,10	65,75	51,65	46,20	52,14	69,09	37,58	37,48
Polyenové MK celkem	Σ PUFA	8,56	13,58	15,57	31,78	13,76	17,02	50,36	17,46
<i>Trans isomery</i> MK celkem	Σ trans isomery	0,06	0,09	0,17	0,13	0,07	0,12	0,17	0,24
Omega-6 MK celkem	Σ omega-6	8,30	13,21	15,36	26,38	13,16	16,14	37,52	13,44
Omega-3 MK celkem	Σ omega-3	0,26	0,36	0,20	5,40	0,59	0,86	12,84	4,01
Poměr omega- 6/omega-3	omega- 6/omega-3	31,92	36,60	77,60	4,88	22,19	18,68	2,92	3,36

Tabulka č. 20: Zastoupení nasycených mastných kyselin proteinových sušenek

Číslo vzorků		1	2	3	4	5	6	7	8
Kapronová	C 6:0	0,47	0,00	0,20	0,21	0,41	0,23	0,52	0,08
Kaprylová	C 8:0	0,26	0,04	2,04	1,94	5,37	1,68	5,19	0,36
Kaprinová	C 10:0	0,52	0,02	1,50	1,45	3,30	1,51	3,93	0,28
Laurová	C 12:0	0,64	0,15	12,19	10,94	20,98	11,28	31,63	1,68
Myristová	C 14:0	2,04	0,15	5,32	4,68	6,86	5,52	13,50	1,05
Pentadekanová	C 15:0	0,25	0,02	0,03	0,03	0,12	0,09	0,02	0,04

Číslo vzorku		1	2	3	4	5	6	7	8
Palmitová	C 16:0	13,48	13,54	14,41	15,65	14,13	15,26	12,54	15,93
Margarová	C 17:0	0,20	0,11	0,10	0,11	0,16	0,14	0,05	0,10
Stearová	C 18:0	6,03	10,30	8,58	9,85	7,20	8,62	8,37	7,67
Arachová	C 20:0	0,19	1,26	0,45	0,47	0,23	0,45	0,30	0,52
Behenová	C 22:0	0,04	2,37	0,12	0,13	0,17	0,11	0,09	0,14
Lignocerová	C 24:0	0,03	1,30	0,07	0,07	0,10	0,07	0,07	0,08
Cerotová	C 26:0	0,00	0,20	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01

Tabulka č. 21: Zastoupení nasycených mastných kyselin proteinových granol

Číslo vzorku		9	10	11	12	13	14	15	16
Kapronová	C 6:0	<LOD	<LOD	0,06	0,01	0,18	<LOD	<LOD	0,17
Kaprylová	C 8:0	0,01	0,01	0,05	0,01	1,89	0,01	0,01	2,79
Kaprinová	C 10:0	<LOQ	<LOQ	0,11	0,01	1,21	<LOQ	<LOQ	2,08
Laurová	C 12:0	0,06	0,02	0,16	0,04	9,67	0,01	0,01	17,16
Myristová	C 14:0	0,20	0,15	0,60	0,16	4,05	0,26	0,11	7,31
Pentadekanová	C 15:0	0,02	0,02	0,06	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02
Palmitová	C 16:0	9,31	10,35	15,35	11,19	9,55	8,55	6,87	8,89
Margarová	C 17:0	0,06	0,07	0,14	0,09	0,07	0,05	0,06	0,05
Stearová	C 18:0	7,29	8,67	15,20	9,39	6,72	3,46	3,88	5,69
Arachová	C 20:0	0,35	0,40	0,54	0,46	0,28	0,31	0,26	0,39
Behenová	C 22:0	0,67	0,62	0,16	0,34	0,28	0,76	0,47	0,17
Lignocerová	C 24:0	0,27	0,22	0,07	0,13	0,11	0,31	0,19	0,08
Cerotová	C 26:0	0,03	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01

Pozn.:

LOQ = limit kvantifikace; LOD = limit detekce

Tabulka č. 22: Zastoupení nenasycených mastných kyselin proteinových sušenek

Číslo vzorku		1	2	3	4	5	6	7	8
Hexadecenová	C 16:1 Δ 7c	0,04	0,04	0,07	0,06	0,11	0,05	0,01	0,10
Palmitolejová	C 16:1 Δ 9c	0,63	0,10	0,58	0,64	0,73	0,71	0,08	0,96
Hexadecenová	C 16:1 Δ 11c	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
Heptadecenová	C 17:1 Δ 10c	0,12	0,03	0,08	0,08	0,08	0,09	0,01	0,12
Oktadecenová	C 18:1 <i>trans isomery</i>	0,34	0,07	0,05	0,13	0,14	0,32	0,01	0,13
Olejová	C 18:1 Δ 9c	49,73	39,26	43,74	42,89	32,28	44,63	16,19	56,37
Asklepová	C 18:1 Δ 11c	1,26	0,53	1,49	1,49	0,95	1,55	0,50	2,20
Oktadekadienová	C 18:2 <i>cis trans isomery</i>	0,08	0,10	0,03	0,03	0,12	0,05	0,03	0,06

Číslo vzorku		1	2	3	4	5	6	7	8
Linolová (LA)	C 18:2 Δ 9c,12c (n-6)	21,82	28,88	8,10	8,28	6,08	6,73	6,02	10,70
Oktadekatrienová	C 18:3 cis trans isomery	0,03	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,04
α -Linolenová (ALA)	C 18:3 Δ 9c,12c,15c (n-3)	0,20	0,27	0,60	0,60	0,30	0,53	0,73	1,04
Ikosenová	C 20:1 Δ 11c	0,08	1,09	0,18	0,19	0,08	0,17	0,13	0,25
Ikosadienová	C 20:2 Δ 11c,14c (n-6)	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01

Tabulka č. 23: Zastoupení nenasycených mastných kyselin proteinových granol

Číslo vzorku		9	10	11	12	13	14	15	16
Hexadecenová	C 16:1 Δ 7c	0,03	0,02	0,04	0,02	0,02	0,04	0,03	0,03
Palmitolejová	C 16:1 Δ 9c	0,16	0,15	0,38	0,22	0,10	0,17	0,13	0,15
Hexadecenová	C 16:1 Δ 11c	0,01	<LOQ	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Heptadecenová	C 17:1 Δ 10c	0,04	0,05	0,07	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04
Oktadecenová	C 18:1 <i>trans</i> <i>isomery</i>	0,03	0,05	0,11	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03
Olejová	C 18:1 Δ 9c	71,54	64,25	50,03	44,09	50,88	67,30	36,15	34,89
Asklepová	C 18:1 Δ 11c	1,00	0,94	0,99	1,42	0,81	1,03	1,00	1,65
Oktadekadienová	C 18:2 <i>cis</i> <i>trans isomery</i>	0,01	0,03	0,04	0,03	0,02	0,04	0,06	0,04
Linolová (LA)	C 18:2 Δ 9c,12c (n-6)	8,29	13,21	15,36	26,36	13,15	16,12	37,50	13,40
Oktadekatrienová	C 18:3 cis trans isomery	0,02	0,01	0,02	0,08	0,02	0,03	0,08	0,17
α -Linolenová (ALA)	C 18:3 Δ 9c,12c,15c (n-3)	0,26	0,36	0,20	5,40	0,59	0,86	12,84	4,01
Ikosenová	C 20:1 Δ 11c	0,32	0,31	0,13	0,32	0,27	0,44	0,19	0,60
Ikosadienová	C 20:2 Δ 11c,14c (n-6)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,04

Pozn.:

LOQ = limit kvantifikace

7.4 Obsah bílkovin

Pomocí Kjeldahlovy metody byl stanoven hrubý obsah bílkovin. Tabulka č. 24 a graf č. 4 zobrazují porovnání stanovených a deklarovaných bílkovin. Graf také zobrazuje chybové úsečky. U stanoveného obsahu bílkovin značí chybové úsečky nejistotu měření. U deklarovaného obsahu bílkovin znázorňují chybové úsečky přípustné odchylky, které se při použití výživových a zdravotních tvrzení liší, než pokud tato tvrzení uvedena nejsou. Jak je uvedeno v Příručce pro provozovatele potravinářských podniků k nařízení (EU) č. 1169/2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům (vydaná Ministerstvem zemědělství ČR), u potravin, které obsahují výživové tvrzení typu „zdroj bílkovin“ nebo „s vysokým obsahem bílkovin“, je minimální tolerance přísnější a je povolena pouze nejistota měření. Maximální hranice odchylky naopak povoluje +40 %.

Dalším důležitým faktorem je zaokrouhlování, protože vzhledem k tomu, že analyzované vzorky obsahují bílkoviny nad 10 g, jsou hodnoty zaokrouhlovány na celá čísla. Z toho důvodu mohou být v toleranci minimální odchylky deklarované hodnoty i ty výsledky, které při přičtení nejistoty měření z hlediska desetinných míst nejsou akceptovatelné, avšak díky zaokrouhlení na celá čísla je hodnota uznána jako tolerovatelná s deklarovanou hodnotou. Příkladem je vzorek č. 4, u kterého byl analyticky stanovený obsah bílkovin 26,30 g. Při přičtení nejistoty měření je jeho hodnota „pouze“ 26,78 g, avšak při zaokrouhlení na celé číslo (27 g) dosahuje stejné hodnoty jako je deklarovaný obsah bílkovin.

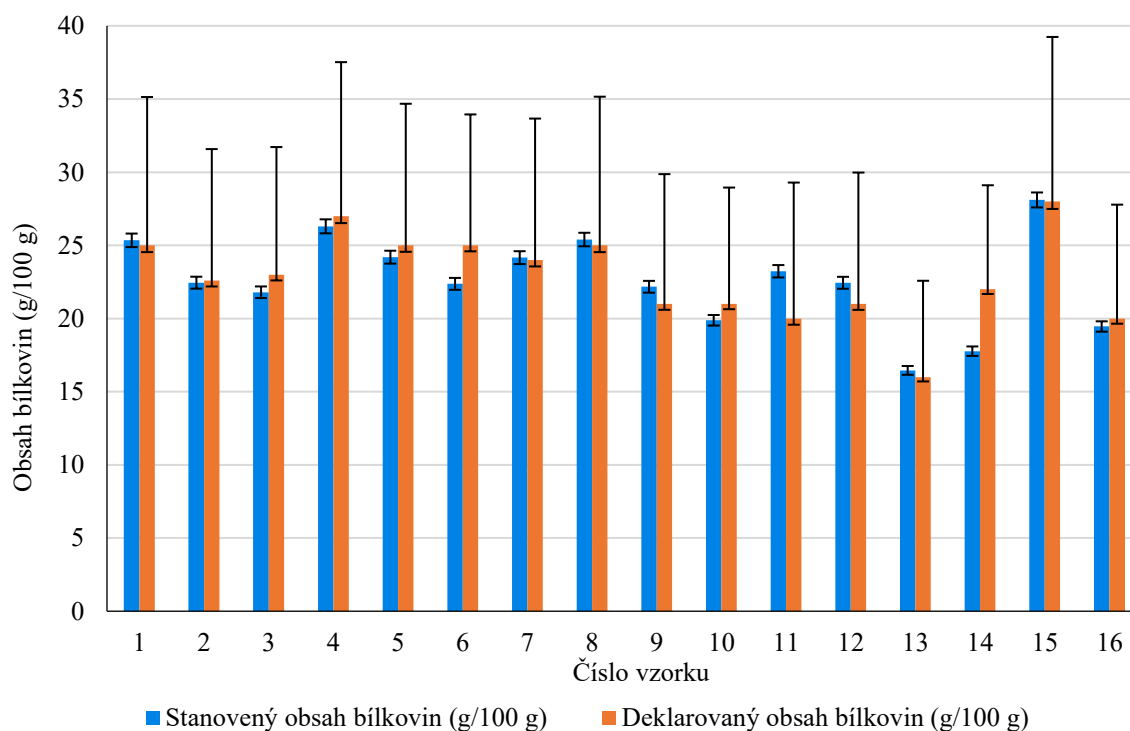
Nejvyšší naměřenou i deklarovanou hodnotu měl vzorek č. 15. Naopak vzorek č. 13 byl analyzován s nejmenším obsahem bílkovin. U vzorku č. 14 byla stanovena druhá nejmenší hodnota, přestože deklarovaný obsah bílkovin nepatří mezi nejnižší hodnoty. U proteinových sušenek byla v průměru stanovena hodnota 24,00 g/100 g, zatímco u proteinových granol byla průměrná stanovená hodnota nižší – 21,19 g/100 g.

Tabulka č. 24: Výsledky obsahu bílkovin ve vzorcích

Číslo vzorku	Stanovený obsah bílkovin (g/100 g)	Deklarovaný obsah bílkovin (g/100 g)
1	25,35	25
2	22,45	22,6
3	21,80	23
4	26,30	27
5	24,19	25

Číslo vzorku	Stanovený obsah bílkovin (g/100 g)	Deklarovaný obsah bílkovin (g/100 g)
6	22,37	25
7	24,16	24
8	25,40	25
9	22,17	21
10	19,88	21
11	23,23	20
12	22,44	21,0
13	16,45	16
14	17,77	22
15	28,10	28
16	19,46	20

Graf č. 4: Stanovený obsah bílkovin ve vzorcích



7.5 Obsah sacharidů

Obsah sacharidů byl stanoven dopočtem. Od sušiny byl odečten stanovený tuk, bílkoviny, výrobcem uvedená sůl a pokud výrobce uvedl, tak také vláknina. Dva z 16 výrobců vlákninu neuváděli. Pro přesnější výpočet by bylo také vhodné znát obsah popelovin.

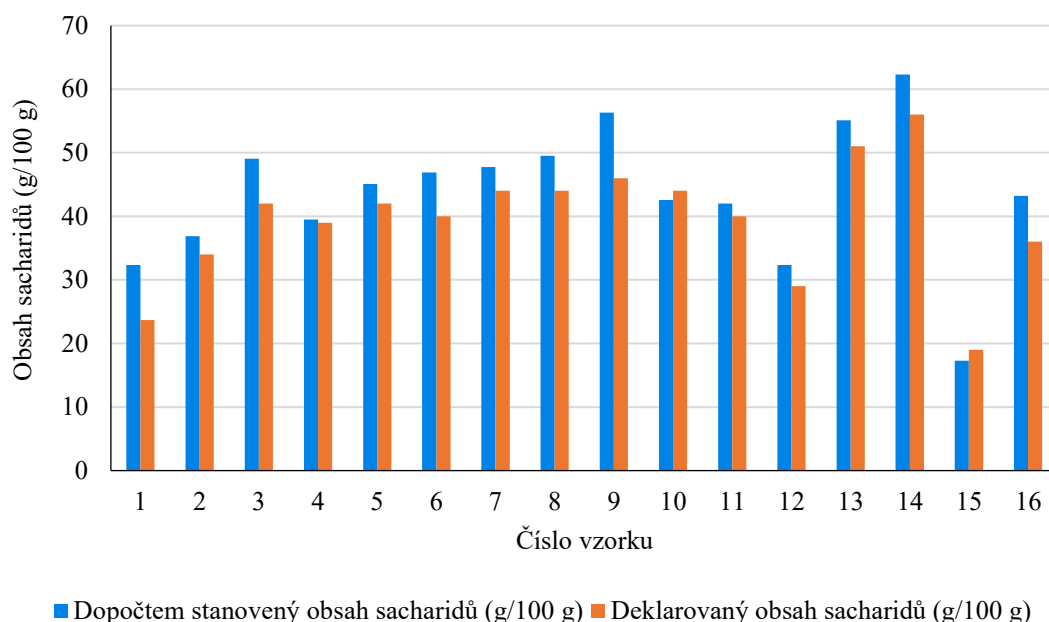
Dopočetem stanovený obsah sacharidů je zobrazen v tabulce č. 25 a spolu s deklarovanými hodnotami je znázorněn v grafu č. 5.

Nejpodobnější hodnoty stanoveného a deklarovaného obsahu sacharidů byly zjištěny u vzorku č. 4, který se lišil pouze o 0,5 g. Nejvíce rozdílný byl vzorek č. 9 s rozdílem 10,28 g.

Tabulka č. 25: Dopočetem stanovený obsah sacharidů (g/100 g)

Číslo vzorku	Stanovený obsah sušiny	Stanovený obsah tuku	Stanovený obsah bílkovin	Vláknina	Sůl	Dopočtený obsah sacharidů
1	88,16	16,4	25,35	13	1,1	32,32
2	89,64	23,4	22,45	6,2	0,69	36,90
3	88,85	12,0	21,80	4,5	1,5	49,07
4	86,80	13,6	26,30	6,7	0,7	39,50
5	88,36	12,6	24,19	5	1,5	45,09
6	88,36	14,5	22,37	3,5	1,1	46,91
7	93,87	21,3	24,16	N	0,68	47,72
8	87,57	11,7	25,40	N	1	49,49
9	97,22	14,2	22,17	4,3	0,29	56,28
10	96,49	15,6	19,88	18	0,41	42,56
11	95,97	24,6	23,23	6,1	0,07	42,02
12	94,61	20,8	22,44	19,0	0,03	32,34
13	96,27	18,5	16,45	6,03	0,14	55,11
14	96,13	7,4	17,77	8,1	0,49	62,32
15	97,33	31,9	28,10	20	0,03	17,30
16	95,81	18,9	19,46	14	0,29	43,20

Graf č. 5: Stanovený obsah sacharidů ve vzorcích



7.6 Senzorická analýza

Senzorická analýza byla uskutečněna ve dvou termínech a analyzované vzorky byly rozděleny na kategorie: proteinové sušenky (čísla vzorků 1–8) a proteinové granoly (čísla vzorků 9–16).

7.6.1 Senzorická analýza proteinových sušenek

Senzorická analýza proteinových sušenek zahrnovala z hlediska obsahu bílkovinných zdrojů jeden vzorek obsahující pouze mléčné bílkoviny (vzorek č. 1), tři vzorky obsahující pouze rostlinné zdroje bílkovin, samotné zdroje či jejich kombinace (vzorky č. 2, č. 7 a č. 8), tři vzorky obsahující kombinaci mléčného proteinu s hydrolyzovaným pšeničným proteinem či glutaminovými peptidy (vzorky č. 3, č. 5 a č. 6) a jeden vzorek obsahující kombinaci mléčného a sójového proteinu (vzorek č. 4).

Proteinové sušenky byly hodnoceny pomocí 14 deskriptorů se škálou 0–100, které jsou uvedeny v kapitole 6.5.1 v tabulce č. 14. Deskriptory byly zaměřeny na vzhled, vůni, konzistenci a chuť. Deskriptory a výsledky senzorické analýzy této kategorie produktů zobrazují grafy č. 6 a 7. Tabulka č. 26 zobrazuje jejich celkové hodnocení, zatímco tabulka č. 27 zobrazuje přesné hodnoty jednotlivých deskriptorů.

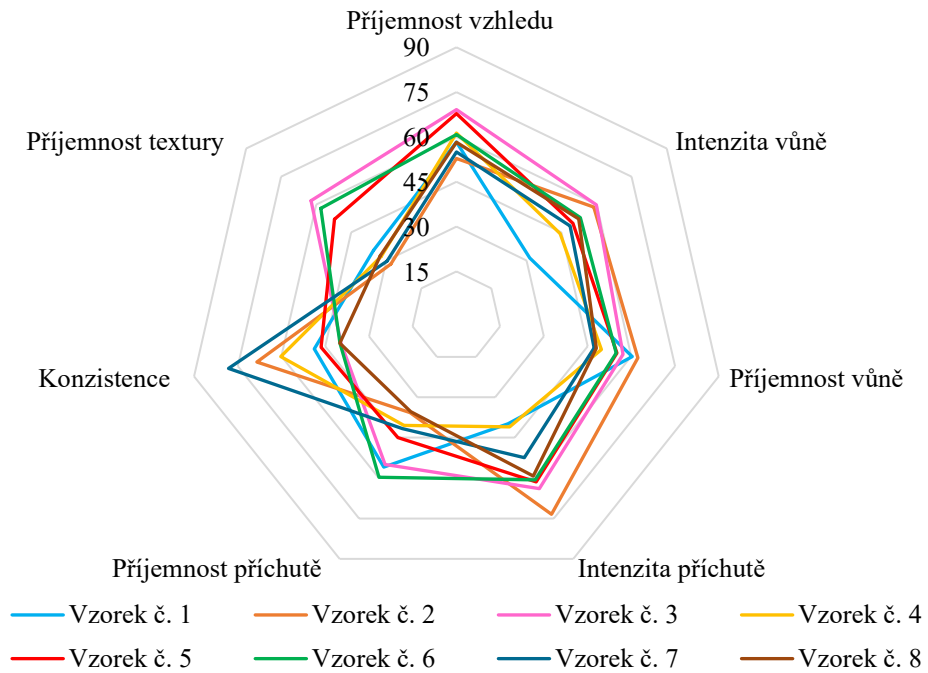
Nejatraktivnější z hlediska vzhledu byl vyhodnocen vzorek č. 3, který byl také nejlépe hodnocen jako vzorek s nejpříjemnější texturou. Naopak vzorek č. 2 byl hodnocen jako nejméně atraktivní a stejně tak byl nejhůře hodnocen z hlediska příjemnosti textury. Zároveň byla příchut' tohoto vzorku vnímána jako nejvíce intenzivní, avšak nebyla vnímána dle hodnotitelů pozitivně, protože z hlediska její příjemnosti byl hodnocen jako druhý nejhorší. U vzorku č. 1 byla sice příchut' hodnocena jako nejméně intenzivní, ale z hlediska její příjemnosti byl hodnocen jako druhý nejlepší.

Z hlediska celkové chuti byl nejvíce příjemný vzorek č. 3, vzorek č. 6 a s velmi podobným hodnocením také vzorek č. 5. Všechny tyto tři vzorky byly v příchuti slané karamel a jejich bílkovinné zdroje obsahovaly kombinaci mléčného proteinu s pšeničným hydrolyzátem/glutaminovými peptidy. Nejméně příjemnou chuť měl vzorek č. 2, který jako bílkovinný zdroj obsahoval hrachový protein. Tento vzorek byl také vnímán jako nejméně výraznější v hořké chuti, což může být dáno zmíněným hrachovým proteinem, obsahem hořké čokolády nebo na to mohly mít vliv i arašídy, pokud by byly přepražené. I přesto, že vzorek č. 8 obsahuje hydrolyzovanou pšeničnou bílkovinu, u které je častou nevýhodou hořká chuť, byl vzorek hodnocen jako nejméně hořký. To může být dáno i tím, že neobsahuje pouze hydrolyzát, ale tato bílkovina je v kombinaci se sójovým a hrachovým proteinem.

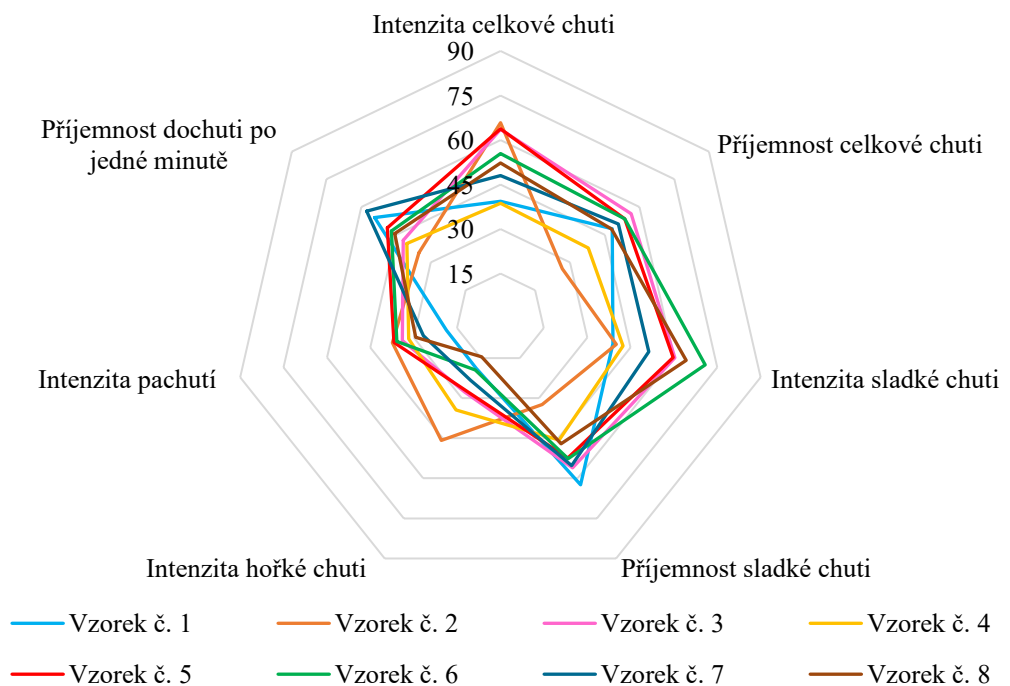
Nejintenzivnější sladká chuť byla hodnocena u vzorku č. 6, který obsahuje hnědý cukr a také inulin, avšak v rámci hodnocení příjemnosti sladké chuti se tento vzorek umístil až na pátém místě. Nejpříjemnější sladkou chuť měl vzorek č. 1, přestože intenzita jeho sladké chuti byla hodnocena jako nejméně výrazná. Tento vzorek vykazoval nejméně intenzivní pachut', což lze přičítat faktu, že neobsahuje rostlinné zdroje bílkovin, ale pouze mléčnou bílkovinu. Nejméně příjemnou dochuť po jedné minutě měl kromě vzorku č. 2 také vzorek č. 4, který sice z hlediska bílkovinného zdroje obsahuje mléčný protein (v kombinaci se sójovým proteinem), ale v jeho složení se nachází také sladidla (konkrétně maltitol) a aromata, která by dochuť mohla ovlivnit.

Celkové hodnocení je zobrazeno v tabulce č. 26. Nejlépe hodnocené byly vzorky č. 6 a č. 1 – oba obsahují mléčný protein (vzorek č. 6 v kombinaci s glutaminovými peptidy). Nejhůře hodnocené byly vzorek č. 2 a č. 4, který jako jediný ze všech vzorků obsahoval náplň s příchutí slaneého karamelu.

Graf č. 6: Výsledky senzoričké analýzy proteinových sušenek (část 1)



Graf č. 7: Výsledky senzoričké analýzy proteinových sušenek (část 2)



Tabulka č. 26: Celkové hodnocení proteinových sušenek

Číslo vzorku	1	2	3	4	5	6	7	8
Značka, název a příchuť	Vilgain Protein Cookie – čokoláda a karamel	Vilgain Plant Protein Mini Cookies BIO – arašídový se slaným karamel	GymBeam MoiMüv Protein Cookie – slaný karamel	MYPROTEIN Goopy Filled Cookie – dvojitá čokoláda a karamel	QNT Protein Cookie – slaný karamel	USN High Protein Cookie – slaný karamel	WEIDER Protein Cookie – karamelovo-čokoládový fondán	Mars HiProtein Cookie – slaný karamel
Nepřijatelný (5)	17 %	36 %	17 %	33 %	25 %	17 %	17 %	17 %
Ještě přijatelný (4)	17 %	27 %	17 %	25 %	17 %	0 %	25 %	17 %
Dobrý (3)	25 %	18 %	33 %	17 %	8 %	50 %	25 %	58 %
Velmi dobrý (2)	25 %	18 %	17 %	25 %	33 %	17 %	33 %	0 %
Vynikající (1)	17 %	0 %	17 %	0 %	17 %	17 %	0 %	8 %
Celkové hodnocení	2,92	3,82	3,00	3,67	3,00	2,83	3,25	3,33

Tabulka č. 27: Číselné hodnocení proteinových sušenek dle deskriptorů

Číslo vzorku	1	2	3	4	5	6	7	8
Značka, název a příchut'	Vilgain Protein Cookie – čokoláda a karamel	Vilgain Plant Protein Mini Cookies BIO – arašidy se slaným karamel	GymBeam MoiMüv Protein Cookie – slaný karamel	MYPROTEIN Goopy Filled Cookie – dvojitá čokoláda a karamel	QNT Protein Cookie – slaný karamel	USN High Protein Cookie – slaný karamel	WEIDER Protein Cookie – karamelovo-čokoládový fondán	Mars HiProtein Cookie – slaný karamel
Příjemnost vzhledu	58,33	52,82	69,17	61,33	67,83	60,83	55,00	58,25
Intenzita vůně	31,42	58,73	59,92	44,33	49,92	53,00	48,58	52,33
Příjemnost vůně	60,33	62,27	57,17	49,75	55,08	54,83	47,25	48,00
Intenzita celkové chuti	39,33	65,82	63,58	38,67	63,75	55,42	48,00	52,25
Příjemnost celkové chuti	48,25	26,64	56,42	37,92	53,58	53,67	50,83	48,00
Intenzita sladké chuti	38,92	40,09	60,33	42,42	59,75	70,83	51,33	64,25
Příjemnost sladké chuti	62,42	32,45	56,08	45,67	52,42	52,67	55,25	47,08
Intenzita hořké chuti	18,83	45,82	27,67	34,42	27,08	19,42	23,33	14,50

Číslo vzorku	1	2	3	4	5	6	7	8
Značka, název a příchuť	Vilgain Protein Cookie – čokoláda a karamel	Vilgain Plant Protein Mini Cookies BIO – arašídy se slaným karamel	GymBeam MoiMüv Protein Cookie – slaný karamel	MYPROTEIN Goocy Filled Cookie – dvojitá čokoláda a karamel	QNT Protein Cookie – slaný karamel	USN High Protein Cookie – slaný karamel	WEIDER Protein Cookie – karamelovo-čokoládový fondán	Mars HiProtein Cookie – slaný karamel
Intenzita příchutě	39,83	73,45	63,92	41,00	61,42	60,67	52,42	59,25
Příjemnost příchutě	55,92	35,64	54,92	40,50	45,00	59,67	41,67	35,33
Konzistence	48,75	68,45	39,67	60,25	46,42	39,92	78,17	40,00
Příjemnost textury	35,50	28,09	62,17	32,17	52,08	58,00	29,67	32,50
Intenzita pachutí	18,67	37,36	33,92	31,75	36,83	35,83	26,67	29,33
Příjemnost dochuti po jedné minutě	54,25	35,18	41,92	40,33	48,75	47,00	57,67	45,58

7.6.2 Senzorická analýza proteinových granol

Senzorická analýza proteinových granol z hlediska obsahu bílkovinných zdrojů zahrnovala dva vzorky (vzorek č. 11 a č. 16) obsahující pouze mléčné bílkoviny ve formě proteinových „crispies“ neboli křupek, které kromě bílkovin obsahují také například bramborový škrob či rýžovou mouku. Jeden vzorek (vzorek č. 12) s těmito mléčnými crispies byl obsažen v kombinaci se sójovými vločkami a pět vzorků (vzorek č. 9, č. 10, č. 13, č. 14 a č. 15) obsahovalo bílkoviny rostlinného původu – hrachového, sójového a pšeničného.

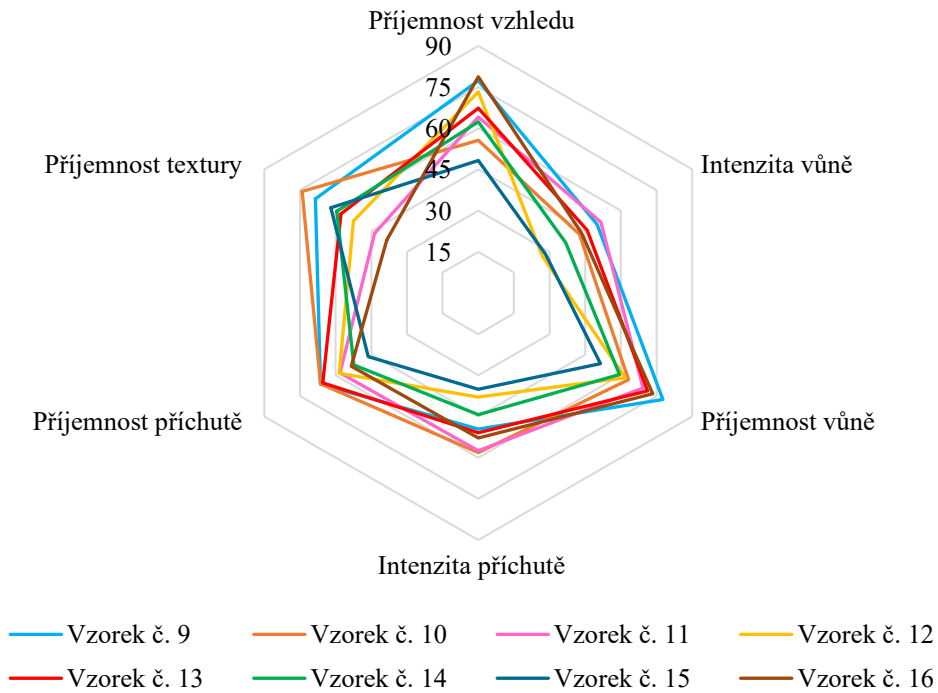
Proteinové granoly byly hodnoceny pomocí 13 deskriptorů se škálou 0–100, které jsou uvedeny v kapitole 6.5.2 v tabulce č. 15. Deskriptory byly zaměřeny na vzhled, vůni, chuť a texturu. Deskriptory a výsledky sensorické analýzy této kategorie produktů zobrazují graf č. 8 a 9. Tabulka č. 28 zobrazuje jejich celkové hodnocení, zatímco tabulka č. 29 zobrazuje přesné hodnoty jednotlivých deskriptorů.

Nejpříjemnější vzhled a vůni zaznamenali hodnotitelé u vzorků č. 16 a č. 9. U prvního z nich je to pravděpodobně dáno kontrastním vzhledem tmavé čokoládové granoly s lyofilizovanými jahodami. Naproti tomu byl v rámci těchto deskriptorů nejhůře hodnocen vzorek č. 15, který byl nejhůře hodnocen i z hlediska příjemnosti vůně. Tento vzorek byl také zaznamenán jako nejméně příjemný v rámci hodnocení příchuti produktů. S nejpříjemnější příchutí byly vnímány vzorek č. 9 společně s vzorkem č. 10, který byl zároveň nejlépe hodnocen i v intenzitě příchutě. Kromě toho obě granoly (č. 9 a č. 10) dosáhly nejlepších výsledků i v příjemnosti textury. Nepříjemnou texturou byly ohodnoceny vzorky č. 16 a č. 11, který však byla hodnocen jako druhý nejlepší intenzitou příchutě.

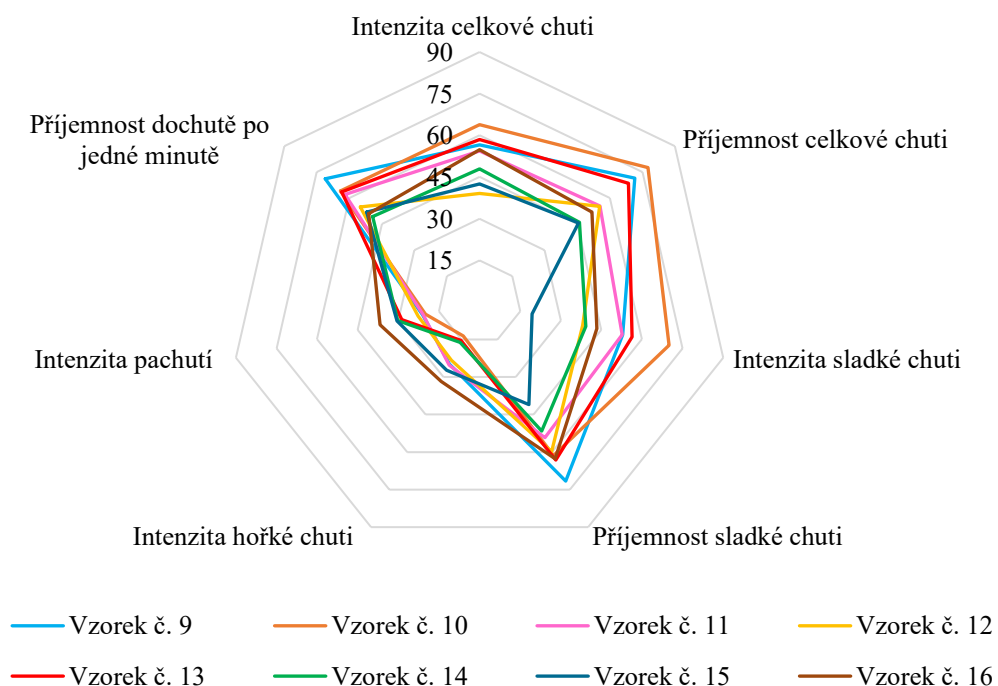
Nejintenzivnější a nejpříjemnější celkovou chuť měl dle hodnotitelů vzorek č. 10, který byl hodnocen nejlépe i z hlediska intenzity sladké chuti. Avšak z hlediska příjemnosti sladké chuti se umístil spíše uprostřed. Příjemnost sladké chuti byla nejpozitivněji hodnocena u vzorku č. 9. Oba tyto vzorky byly vnímány s nejméně intenzivní pachutí a to i přes to, že vzorek č. 9 obsahuje hrachový proteinový izolát. Oproti tomu nejintenzivnější pachutí a hořká chuť byla zaznamenána u vzorku č. 16, a to přesto, že neobsahuje rostlinné bílkoviny, ale „křupky“ z mléčného proteinu. Hořká chuť tohoto vzorku mohla být dána obsahem hořké čokolády a alkalizovaného kakaového prášku. Vzorek č. 14 byl také hodnocen negativně z hlediska intenzity pachutí, což je nejspíše z důvodu obsahu hrachového proteinu.

Celkové hodnocení je zobrazeno v tabulce č. 28. Nejlépe hodnocené byly vzorky č. 10, č. 9 a č. 13 a to navzdory tomu, že obsahuje hrachovou mouku a rozpustnou pšeničnou bílkovinu, která může vykazovat hořkou chuť, což však u tohoto vzorku nebylo pozorováno. Nejhůře hodnocené byly vzorky č. 14 a č. 15.

Graf č. 8: Výsledky sensorické analýzy proteinových granol (část 1)



Graf č. 9: Výsledky sensorické analýzy proteinových granol (část 2)



Tabulka č. 28: Celkové hodnocení proteinových granol

Číslo vzorku	9	10	11	12	13	14	15	16
Značka, název a příchut'	GymBeam Proteinová granola s čokoládou	Go On Proteinová granola – lískové ořechy, mandle, čokoláda	Vilgain Protein Granola – kakao a mléčná čokoláda	Mixit Proteinová granola z pece – Čokoláda a mandle	BIG BOY Proteinová granola s hořkou čokoládou by @kamilasikl	Graci GRANOLA High power protein	Sportness Bio Protein Granola	Topnatur Müsli srdcem Proteinové – jahoda&čokoláda
Nepřijatelný (5)	0%	0%	0%	0%	0%	8%	8%	0%
Ještě přijatelný (4)	0%	8%	15%	33%	8%	25%	42%	25%
Dobrý (3)	50%	23%	46%	33%	25%	50%	42%	50%
Velmi dobrý (2)	25%	46%	31%	33%	50%	0%	8%	25%
Vynikající (1)	25%	23%	8%	0%	17%	17%	0%	0%
Celkové hodnocení	2,25	2,15	2,69	3,00	2,25	3,08	3,50	3,00

Tabulka č. 29: Číselné hodnocení proteinových granol dle deskriptorů

Číslo vzorku	9	10	11	12	13	14	15	16
Značka, název a příchut'	GymBeam Proteinová granola s čokoládou	Go On Proteinová granola – lískové ořechy, mandle, čokoláda	Vilgain Protein Granola – kakao a mléčná čokoláda	Mixit Proteinová granola z pece – Čokoláda a mandle	BIG BOY Proteinová granola s hořkou čokoládou by @kamilasikl	Graci GRANOLA High power protein	Sportness Bio Protein Granola	Topnatur Müsli srdcem Proteinové – jahoda&čokoláda
Příjemnost vzhledu	77,33	55,62	64,08	73,25	67,33	62,33	48,25	78,75
Intenzita vůně	49,92	42,62	51,54	26,92	45,75	36,75	28,25	43,50
Příjemnost vůně	77,67	63,23	69,31	61,83	71,25	59,42	51,42	73,42
Intenzita celkové chuti	56,58	63,85	54,38	39,08	58,50	47,92	42,50	54,83
Příjemnost celkové chuti	71,50	77,54	55,38	55,33	68,50	46,08	45,58	51,83
Intenzita sladké chuti	52,83	70,00	52,69	38,08	56,33	39,25	19,42	43,33
Příjemnost sladké chuti	71,58	61,38	54,23	59,83	63,17	51,58	41,00	62,67
Intenzita hořké chuti	24,83	13,62	25,23	23,25	15,33	16,17	27,33	31,75
Intenzita příchutě	49,58	58,15	57,46	37,92	50,92	44,33	35,08	52,83

Číslo vzorku	9	10	11	12	13	14	15	16
Značka, název a příchut'	GymBeam Proteinová granola s čokoládou	Go On Proteinová granola – lískové ořechy, mandle, čokoláda	Vilgain Protein Granola – kakao a mléčná čokoláda	Mixit Proteinová granola z pece – Čokoláda a mandle	BIG BOY Proteinová granola s hořkou čokoládou by @kamilasikl	Graci GRANOLA High power protein	Sportness Bio Protein Granola	Topnatur Müsli srdcem Proteinové – jahoda&čokoláda
Příjemnost příchutě	66,33	66,31	58,15	58,50	65,42	52,42	46,33	53,42
Příjemnost textury	68,50	74,08	43,54	52,50	57,75	59,50	62,00	38,42
Intenzita pachutí	21,00	19,92	20,85	22,67	28,75	30,25	30,50	36,75
Příjemnost dochutě po jedné minutě	71,08	64,08	62,00	54,92	63,50	49,25	52,00	51,08

8. Diskuze

Cílem praktické části bakalářské práce bylo porovnat nutriční a senzoryckou hodnotu 16 vysokoproteinových výrobků, konkrétně proteinových sušenek a proteinových granol. Byl stanoven obsah sušiny, bílkovin, tuku, složení mastných kyselin a dopočtem sacharidy. Senzorická kvalita výrobků byla zhodnocena senzoryckou analýzou.

Z nutričního hlediska a zastoupení makroživin byly v obou kategoriích výrobků nejvíce zastoupené sacharidy, dále bílkoviny a nejméně tuky. Energetickou hodnotou byly vzorky poměrně podobné – proteinové sušenky deklarují průměrně 400 kcal/100 g a proteinové granoly pouze o 35 kcal více – 435 kcal/100 g. Při porovnání s referenčním energetickým příjmem, který je stanoven Nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 a činí 2000 kcal, by při konzumaci 100 g výrobku zastupovala jeho energetická hodnota 20–21,75 %. To představuje zhruba jednu pětinu referenčního příjmu. Proteinové sušenky se prodávají v gramážích v rozmezí 50–90 g. Nejčastější gramáží bylo 60 g, což by představovalo z průměrné energetické hodnoty 261 kcal/porce. Z referenčního energetického příjmu by při této hmotnosti porce zastupovaly pouze zhruba 13 %. Většina proteinových granol nemá uvedenou gramáž porce, což ztěžuje stanovení procentuálního zastoupení referenčního energetického příjmu.

Stanovený obsah bílkovin se pohyboval v rozmezí 17,77–28,10 g/100 g. U proteinových sušenek analýza stanovila průměrný obsah bílkovin na 24,00 g/100 g, zatímco u proteinových granol byla zjištěna průměrná hodnota nižší – 21,19 g/100 g.

Společnost pro výživu (2019) stanovuje doporučený příjem bílkovin pro dospělé na 0,8 g/kg/den nebo také průměrně 58,5 g bílkovin/den pro muže a 47 g/den pro ženy. Při konzumaci porce 60 g některého z analyzovaných výrobků by jedinec zkonsumoval zhruba 12,7–14,4 g bílkovin, což v porovnání s doporučeným příjmem zastupuje přibližně 24,6 % pro muže a 30,6 % pro ženy. Zvláště pro ženy se jedná o poměrně vysoké procento a jak popisují Kårlund *et al.* (2019), je vhodnější příjem bílkovin zajistit spíše z přirozených zdrojů bílkovin, jako jsou maso, vejce, mléčné výrobky, luštěniny a další potraviny přirozeně obsahující zdroje bílkovin.

Vzhledem k trendu narůstající poptávky vysokoproteinových potravin a díky tomu rozšířené dostupnosti je možná jejich nadměrná konzumace, která může vést k vyššímu příjmu bílkovin než je skutečně potřeba. Nelze však jednoznačně říci, že nadměrná

konzumace bílkovin by byla skutečně negativní a zdraví ohrožující nebo naopak výhradně příznivá. Vždy záleží na zdravotním stavu, životním stylu a potřebách jedince (Cuenca-Sánchez *et al.*, 2015; Společnost pro výživu, 2019). EFSA (2012) dokonce uvádí, že bez zjevného negativního či pozitivního vlivu byl pozorován i příjem až čtyřikrát vyšší, než je doporučený příjem bílkovin. Byly však také zjištěny případy, kdy příjem tvořící minimálně 45 % či více bílkovin z celkového energetického příjmu opravdu zapříčinil akutní negativní účinky. Zatím tedy nelze uvést maximální tolerovatelnou hranici, a potvrzuje se, že je téma stále předmětem diskuzí. Jako bezpečné množství tedy EFSA stanovuje až dvojnásobný příjem bílkovin v porovnání s doporučeným množstvím.

Navýšení bílkovin ve srovnání s uvedeným doporučeným příjmem lze považovat za vhodné u sportovců, kteří by měli konzumovat minimálně 1,4–2,0 g/kg tělesné hmotnosti, jak uvádí Jäger a kolektiv (2017).

Analyzované vzorky obsahovaly rozličné zdroje bílkovin. Z živočišných zdrojů se jednalo pouze o mléčné bílkoviny, zatímco rostlinné zdroje zahrnovaly proteiny pšeničného, hrachového či sójového původu. Kvalitu bílkovinných zdrojů lze určit pomocí metody PDCAAS, která je více popsána v kapitole 2.2.1 a hodnoty jednotlivých zdrojů jsou popsány v podkapitolách kapitoly 3. Za nejkvalitnější z použitých proteinů lze považovat mléčný a sójový protein. Oba dosahují nejvyšší možné hodnoty (1). Nevýhodou sójového proteinu je nižší zastoupení methioninu a cysteinu. Hrachová bílkovina má také nižší zastoupení sirných aminokyselin a dle metody PDCAAS dosahuje hrachový koncentrát hodnot 0,9, zatímco izoláty, které jsou ve výrobcích také obsaženy, dosahují nižších hodnot (0,82).

Lepek neboli pšeničná bílkovina je na základě PDCAAS hodnocena nejhůře (0,25). Je to především dáno nedostatkem esenciální aminokyseliny lysinu. V analyzovaných výrobcích je většinou kombinována s ostatními zdroji, což tento nedostatek doplní, protože například hrachové bílkoviny mají lysinu dostatek. Kombinace bílkovin luštěnin spolu s cereálními je vhodná díky doplnění sirných aminokyselin, které většinou postrádají nebo je obsahují v nižších množstvích, zatímco cereální výrobky jich mají dostatek. Dva výrobky z šestnácti – vzorek č. 7 – WEIDER Protein Cookie a č. 10 – Go On Protein Granola obsahují pouze pšeničný zdroj bílkovin, a proto je lze považovat za méně vhodné ve srovnání s ostatními vzorky. Vzorek č. 2 – Vilgain Plant Protein Mini Cookies BIO obsahuje pouze hrachový protein, který by bylo vhodnější kombinovat s bílkovinami

z obilovin či s mléčnou bílkovinou, aby byl doplněn nedostatek esenciálních aminokyselin methioninu a cysteinu.

Kromě nedostatku určitých esenciálních aminokyselin jsou ve srovnání s živočišnými zdroji další nevýhodou rostlinných zdrojů bílkovin přítomné antinutriční látky, kterými se zabývá kapitola 3.2.4. Antinutriční látky jsou nevhodné především z hlediska možného snížení vstřebatelnosti a stravitelnosti bílkovin či jiných živin a minerálních látek.

Praktická část bakalářské práce se také pokusila ověřit pravdivost výživových tvrzení, která souvisí s obsahem bílkovin ve vzorcích. 11 z 16 výrobků obsahuje výživové tvrzení „s vysokým obsahem bílkovin“, a proto je nutné, aby bílkoviny zastupovaly alespoň 20 % energetické hodnoty. Zbylých 5 výrobků je označeno tvrzením „zdroj bílkovin“, kde je podmínka nižší – 12 % energetické hodnoty. S výživovými tvrzeními také souvisí přísnější přípustné legislativní odchylky u stanoveného obsahu bílkovin. Stanovený obsah bílkovin může být oproti deklaraci na obalu nižší pouze o nejistotu měření.

Provedená analýza bílkovin zjistila, že deklarovaný obsah bílkovin nebyl potvrzen u 4 vzorků z 16. U vzorků č. 3 a č. 6 nebyl analyticky potvrzen deklarovaný obsah bílkovin. Vzorky č. 10 a č. 14 po stanovení obsahu bílkovin nesplňují minimální hranici 20 % pro uvedení tvrzení „s vysokým obsahem bílkovin“. Deklarovaná hodnota bílkovin vzorku č. 10 je 21 g/100 g, avšak stanovená hodnota byla 19,88 g/100 g, což ani s přičtením nejistoty měření a zaokrouhlením nedosahuje deklarovaných hodnot. U vzorku č. 14 bylo stanoveno 17,77 g/100 g, avšak na obalu je deklarováno 22 g bílkovin. Deklarovaný obsah bílkovin ve vzorku č. 16 byl sice analýzou potvrzen, ale deklarované hodnoty na obalu výrobku nesplňují podmínky výživového tvrzení. Výrobce uvádí 19,45 g bílkovin/100 g, což z celkové energetické hodnoty je pouze 19,75 %. Ani analyzovaná hodnota nepotvrdila možnost označení, protože i s přičtením nejistoty měření činí bílkoviny pouze 19,57 % z celkové energetické hodnoty.

Jedním z hlavních limitů této bakalářské práce je analýza obsahu bílkovin pouze v jednom balení, což může ovlivnit přesnost výsledků. Je tedy možné, že pokud by byl obsah bílkovin analyzován ve více baleních různých šarží výroby, deklarované hodnoty a výživová tvrzení by mohla být potvrzena.

SZPI (2020) také kontrolovala deklarované hodnoty bílkovin vysokoproteinových potravin. Kontrolovala to však u rozsáhlejšího souboru vysokoproteinových potravin – zahrnula proteinové tyčinky, proteinové prášky, cereální proteinové výrobky anebo také proteinové pomazánky na bázi skořápkových plodů. Všechny 16 výrobků mělo shodný obsah bílkovin s deklarovaným.

Tuky byly v analyzovaných vzorcích nejméně zastoupenou makroživinou. Stanovené hodnoty se pohybovaly v poměrně širokém rozmezí od 7,4–31,9 g/100 g a s povolenou legislativní odchylkou 15 z 16 vzorků vlastní deklaraci splnilo. Vzorek, který měl nižší obsah tuků než bylo deklarováno, byl vzorek č. 14, přestože byl jako jediný z tuků analyzován ve 2 měřeních. Hodnoty obou měření vyšly téměř identicky – 7,4 g a 7,5 g/100 g. Důvodem nesplněné deklarované hodnoty může být mimo jiné nestandardní poměr jednotlivých složek výrobku v analyzovaném balení. Ve složení proteinových sušenek byla často zahrnuta kombinace olivového oleje společně s kokosovým. U proteinových granol byl častým zdrojem tuku slunečnicový olej, řepkový olej a tuk přirozeně obsažený v ořeších. V obou kategoriích se často vyskytovalo kakaové máslo, které bylo ve vzorcích přítomné díky obsahu čokolády.

Vyšší obsah nasycených mastných kyselin byl zjištěn u proteinových sušenek. Nejvyšší zastoupení měl vzorek č. 7 – WEIDER Protein Cookie, který obsahoval 76,25 % nasycených mastných kyselin. Z proteinových granol měl nejvyšší zastoupení nasycených mastných kyselin vzorek č. 16 – Topnatur Müsli srdcem Proteinové obsahující 44,83 %. Oba vzorky obsahovaly kokos (č. 7 – kokosový olej, č. 16 – kokosové plátky) a kakaové máslo. Z hlediska nasycených mastných kyselin obsahují tyto zdroje vysoký podíl - kokosový olej obsahuje 86,5 g/100 g a kakaové máslo 59,7 g/100 g (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA), 2010). Nejnižší podíl nasycených mastných kyselin obsahoval vzorek č. 15 – Sportness Bio Protein Granola (11,9 %). Nasycené mastné kyseliny jsou nevhodné z hlediska možného negativního vlivu na kardiovaskulární onemocnění, a proto je doporučen jejich minimální denní příjem – maximálně do 10 % z celkového energetického příjmu. Za nepříznivé jsou také považovány *trans*-mastné kyseliny (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA), 2010). Nejvíce zastoupené byly *trans*-izomery mastných kyselin ve vzorku č. 1 – Vilgain Protein Cookie (0,57 %), což je dáno obsahem mléčného tuku a což lze považovat za nutričně nevýznamné.

Za pozitivní je naopak považován příjem omega-3 mastných kyselin. Byl analyzován obsah α -linolenové mastné kyseliny, která, vzhledem k tomu, že je esenciální mastnou kyselinou musí být přijímána skrze stravu. Z ní je tělo schopné syntetizovat další omega-3 mastné kyseliny, konkrétně kyselinu eikosapentaenovou (EPA) a kyselinu dokosahexaenovou (DHA), které mají pozitivní vliv na kardiovaskulární zdraví (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA), 2010). Nejvyšší obsah α -linolenové mastné kyseliny byl analyzován ve vzorku č. 15 – Sportness Bio Protein Granola (12,84 %) a ve vzorku č. 12 – Mixit Proteinová granola z pece (5,4 %).

Stanovený obsah sušiny byl vyšší u proteinových granol, což je pravděpodobně dáno výrobní technologií a složením výrobků. Proteinové granoly většinou obsahují více suchých ingrediencí, jako jsou ovesné vločky, semínka či ořechy. U proteinových sušenek je většinou zapotřebí vytvoření kompaktního těsta a tudíž musí být zastoupen vyšší obsah tekutých složek. Z hlediska textury či konzistence je spíše požadováno, aby si proteinové sušenky zachovaly vláčnost či měkkost, což naopak u granol není optimální.

Senzorická analýza byla uskutečněna ve dvou etapách a proteinové granoly získaly lepší celkové hodnocení v porovnání s proteinovými sušenkami. Průměrné celkové hodnocení bylo u proteinových granol 3,4, zatímco u proteinových sušenek 3,9, což nenaznačuje jejich předpokládanou chutnost. Z hlediska bílkovin obsahovaly nejlépe hodnocené vzorky granol pšeničnou, sójovou a hrachovou bílkovinu. Naopak u proteinových sušenek nejlépe hodnotitelé označili vzorky obsahující mléčné a pšeničné proteiny. Proteinové sušenky s obsahem hrachového či sójového proteinu se v rámci celkového hodnocení umístily nejhůře a byla jim vytýkána nepříjemná celková chuť a dochuť po jedné minutě.

Získané výsledky poskytují užitečné poznatky, týkající se nutriční a senzorické hodnoty proteinových sušenek a proteinových granol. Avšak potravin, které nesou stejná výživová tvrzení, je více, a proto by se výzkum mohl rozšířit i o další kategorie. Oblast výzkumu by se také mohla zaměřit na senzorické srovnání vysokoproteinových výrobků s jejich „neproteinovými“ alternativami, což by umožnilo výrobcům lépe pochopit vnímání senzorické jakosti u spotřebitelů a pomoci formulovat výrobky s lepšími senzorickými parametry vysokoproteinových potravin.

9. Závěr

Vysokoproteinové potraviny jsou narůstající kategorií potravin, které jsou více konzumovány nejen sportovci, ale i nespportující populací. Zároveň s tím narůstá i poptávka po rostlinných zdrojích bílkovin, vzhledem k jejich udržitelnosti z hlediska výroby. Problémem, který souvisí s rostlinnými alternativami, je však možný nedostatek esenciálních aminokyselin či přítomnost antinutričních látek.

Teoretická část popisuje problematiku vysokoproteinových výrobků, zabývá se podmínkami, které umožňují jejich označení zdravotním či výživovým tvrzením. Definuje bílkoviny a popisuje možnosti hodnocení jejich kvality. Dále jsou popsány bílkovinné zdroje, využití v analyzovaných vzorcích, a to z hlediska jejich nutričního složení, kvality, výroby a využití v potravinách.

Praktická část bakalářské práce byla realizována prostřednictvím chemických laboratorních analýz a senzorické analýzy. Byl stanoven obsah sušiny, tuku, složení mastných kyselin a bílkovin. Dopočtem byl zjištěn obsah sacharidů. Bylo analyzováno 16 vzorků – osm proteinových sušenek a osm proteinových granol.

Obsah sušiny byl vyšší u proteinových granol, které obsahují více syplých ingrediencí. Nižší obsah byl zjištěn u proteinových sušenek, které by si oproti proteinovým granolám měly zachovat vláčnou a měkkou strukturu.

Výsledky stanovení tuku ukázaly, že 15 z 16 výrobků splňuje deklarované hodnoty na obalech výrobků. Byl také stanoven obsah mastných kyselin, díky čemuž byla získány data týkající se jejich konkrétního zastoupení ve vzorcích. Nejvyšší zastoupení nasycených mastných kyselin měly vzorky s kokosovým tukem či jinou ingrediencí na bázi kokosu. Žádný ze vzorků neobsahoval více než 1 % *trans*-izomerů mastných kyselin. Nenasycené mastné kyseliny byly ve vzorcích zastoupeny zhruba dvojnásobně více než nasycené. Proteinové granoly měly větší zastoupení omega-3 mastných kyselin než proteinové sušenky.

Deklarovaný obsah bílkovin byl potvrzen u 12 z 16 výrobků. U vzorků č. 3 a č. 6 nebyl analyticky potvrzen deklarovaný obsah bílkovin. Zjištěný obsah bílkovin vzorků č. 10 a č. 14 nekoresponduje s deklarovaným obsahem a nesplňují hranici pro označení

výživovým tvrzením. Deklarované bílkoviny u vzorku č. 16 byly sice potvrzeny, ale nesplňují podmínku pro výživové tvrzení „s vysokým obsahem bílkovin“. Rozdílnost deklarovaných a zjištěných hodnot mohla být dána hlavním limitem této práce, kterým je zjištění obsahu bílkovin pomocí jednoho měření. Dalším důvodem může být nedostatečná homogenizace vzorků či podhodnocení bílkovin výrobcí.

Obsah sacharidů nebyl analyzován chemicky, ale byl stanoven dopočtem. Oproti deklaraci se 9 z 16 výrobků lišilo pouze do 5 g/100 g. Maximální rozdíl byl 10,28 g/100 g.

Proteinové granoly byly lépe sensoricky hodnoceny než proteinové sušenky. Zásadním rozdílem v sensorické analýze kategorií je, že pozitivně hodnoceny byly granoly s rostlinnými bílkoviny, zatímco u proteinových sušenek byly hodnoceny nejhůře. Naopak byly nejlépe hodnoceny vzorky obsahující mléčnou a pšeničnou bílkovinu.

Seznam použité literatury

- Adhikari, S., Schop, M., de Boer, I. J. M., & Huppertz, T. (2022). Protein quality in perspective: A review of protein quality metrics and their applications. *Nutrients*, *14*(5), 947. <https://doi.org/10.3390/nu14050947>
- Agarwal, S., Beausire, R. L. W., Patel, S., & Patel, H. (2015). Innovative uses of milk protein concentrates in product development. *Journal of Food Science*, *80*(Suppl 1), A23-29. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12807>
- Arenas-Jal, M., Suñé-Negre, J. M., Pérez-Lozano, P., & García-Montoya, E. (2019). Trends in the food and sports nutrition industry: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *60*(14), 2405–2421. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1643287>
- Argenta, A. B., & Scheer, A. D. P. (2019). Membrane separation processes applied to whey: A review. *Food Reviews International*, *36*(5), 499–528. <https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1649694>
- Aschemann-Witzel, J., Gantriis, R. F., Fraga, P., & Perez-Cueto, F. J. A. (2020). Plant-based food and protein trend from a business perspective: markets, consumers, and the challenges and opportunities in the future. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *61*(18), 3119–3128. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1793730>
- Azizi, R., Baggio, A., Capuano, E., & Pellegrini, N. (2024). Protein transition: Focus on protein quality in sustainable alternative sources. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–21. <https://doi.org/10.1080/10408398.2024.2365339>
- Berrazaga, I., Micard, V., Gueugneau, M., & Walrand, S. (2019). The role of the anabolic properties of plant- versus animal-based protein sources in supporting muscle mass maintenance: A critical review. *Nutrients*, *11*(8), 1825. <https://doi.org/10.3390/nu11081825>

- Bhat, M. Y., Dar, T. A., & Singh, L. R. (2016). Casein proteins: Structural and functional aspects. *Milk Proteins—From Structure to Biological Properties and Health Aspects*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/64187>
- Biesiekierski, J. R. (2017). What is gluten? *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 32(S1), 78–81. <https://doi.org/10.1111/jgh.13703>
- Boukid, F., Klerks, M., Pellegrini, N., Fogliano, V., Sanchez-Siles, L., Roman, S., & Vittadini, E. (2022). Current and emerging trends in cereal snack bars: Implications for new product development. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 73(5), 610–629. <https://doi.org/10.1080/09637486.2022.2042211>
- Boukid, F., Rosell, C. M., & Castellari, M. (2021). Pea protein ingredients: A mainstream ingredient to (re)formulate innovative foods and beverages. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 729–742. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.040>
- Carter, B. G., Cheng, N., Kapoor, R., Meletharayil, G. H., & Drake, M. A. (2021). Invited review: Microfiltration-derived casein and whey proteins from milk. *Journal of Dairy Science*, 104(3), 2465–2479. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18811>
- Codex Alimentarius Commission. (2022). *Standard for wheat protein products including wheat gluten (CXS-1987, amended 2022)*. Food and Agriculture Organization of the United Nations & World Health Organization. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B163-1987%252FCXS_163e.pdf
- Cuenca-Sánchez, M., Navas-Carrillo, D., & Orenes-Piñero, E. (2015). Controversies surrounding high-protein diet intake: Satiating effect and kidney and bone health. *Advances in Nutrition*, 6(3), 260–266. <https://doi.org/10.3945/an.114.007716>

- De Angelis, D., Latrofa, V., Caponio, F., Pasqualone, A., & Summo, C. (2024). Techno-functional properties of dry-fractionated plant-based proteins and application in food product development: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *104*(4), 1884–1896. <https://doi.org/10.1002/jsfa.13168>
- Devries, M. C., & Phillips, S. M. (2015). Supplemental protein in support of muscle mass and health: Advantage whey. *Journal of Food Science*, *80*(Suppl 1), A8–A15. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12802>
- EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA). (2010). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. *EFSA Journal*, *8*(3), 1461. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1461>
- EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). (2012). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for protein. *EFSA Journal*, *10*(2), 2557. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2557>
- El-Aidie, S. A. M., & Khalifa, G. S. A. (2024). Innovative applications of whey protein for sustainable dairy industry: Environmental and technological perspectives—A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *23*(2), e13319. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13319>
- Felix Da Silva, D., Ahrné, L., Ipsen, R., & Hougaard, A. B. (2018). Casein-based powders: Characteristics and rehydration properties. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *17*(1), 240–254. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12319>
- Fernan, C., Schuldt, J. P., & Niederdeppe, J. (2017). Health halo effects from product titles and nutrient content claims in the context of “protein” bars. *Health*

<https://doi.org/10.1080/10410236.2017.1358240>

- Flambeau, M., Redl, A., & Respondek, F. (2017). Proteins from wheat: Sustainable production and new developments in nutrition-based and functional applications. In S. R. Nadathur, J. P. D. Wanasundara, & L. Scanlin (Ed.), *Sustainable Protein Sources* (pp. 67–78). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802778-3.00004-4>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2013). *Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation, 31 March – 2 April 2011, Auckland, New Zealand* (FAO Food and Nutrition Paper No. 92). <https://www.fao.org/ag/humannutrition/35978-02317b979a686a57aa4593304ffc17f06.pdf>
- Gorissen, S. H. M., Crombag, J. J. R., Senden, J. M. G., Waterval, W. A. H., Bierau, J., Verdijk, L. B., & van Loon, L. J. C. (2018). Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates. *Amino acids*, 50(12), 1685–1695. <https://doi.org/10.1007/s00726-018-2640-5>
- Goulding, D. A., Fox, P. F., & O’Mahony, J. A. (2020). Milk proteins: An overview. In M. Boland & H. Singh (Ed.), *Milk Proteins: From expression to food* (3rd ed., pp. 21–98). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815251-5.00002-5>
- Grossmann, L. (2024). Structural properties of pea proteins (*Pisum sativum*) for sustainable food matrices. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(23), 8346–8366. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2199338>
- Hammam, A. R. A., Martínez-Montegudo, S. I., & Metzger, L. E. (2021). Progress in micellar casein concentrate: Production and applications. *Comprehensive Reviews in*

Food Science and Food Safety, 20(5), 4426–4449. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12795>

Henchion, M., Hayes, M., Mullen, A. M., Fenelon, M., & Tiwari, B. (2017). Future protein supply and demand: Strategies and factors influencing a sustainable equilibrium. *Foods*, 6(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/foods6070053>

Hertzler, S. R., Lieblein-Boff, J. C., Weiler, M., & Allgeier, C. (2020). Plant proteins: Assessing their nutritional quality and effects on health and physical function. *Nutrients*, 12(12), 3704. <https://doi.org/10.3390/nu12123704>

Huang, S., Wang, L. M., Sivendiran, T., & Bohrer, B. M. (2018). Review: Amino acid concentration of high protein food products and an overview of the current methods used to determine protein quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(15), 2673–2678. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1396202>

Huppertz, T., Fox, P. F., & Kelly, A. L. (2018). 3 – The caseins: Structure, stability, and functionality. In R. Y. Yada (Ed.), *Proteins in Food Processing* (2nd, pp. 49–92). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100722-8.00004-8>

Chatterjee, C., Gleddie, S., & Xiao, C.-W. (2018). Soybean bioactive peptides and their functional properties. *Nutrients*, 10(9), 1211. <https://doi.org/10.3390/nu10091211>

Chen, G. Q., Qu, Y., Gras, S. L., & Kentish, S. E. (2023). Separation technologies for whey protein fractionation. *Food Engineering Reviews*, 15(3), 438–465. <https://doi.org/10.1007/s12393-022-09330-2>

Irazoqui, J. M., Santiago, G. M., Mainez, M. E., Amadio, A. F., & Eberhardt, M. F. (2024). Enzymes for production of whey protein hydrolysates and other value-added products. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 108(1), 354. <https://doi.org/10.1007/s00253-024-13117-2>

- Jäger, R., Kerksick, C. M., Campbell, B. I., Cribb, P. J., Wells, S. D., Skwiat, T. M., Purpura, M., Ziegenfuss, T. N., Ferrando, A. A., Arent, S. M., Smith-Ryan, A. E., Stout, J. R., Arciero, P. J., Ormsbee, M. J., Taylor, L. W., Wilborn, C. D., Kalman, D. S., Kreider, R. B., Willoughby, D. S., Hoffman, J. R., Krzykowski, J. L., & Antonio, J. (2017). International Society of Sports Nutrition Position Stand: Protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *14*(1), 20. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0177-8>
- Jaiswal, L., & Worku, M. (2022). Recent perspective on cow's milk allergy and dairy nutrition. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *62*(27), 7503–7517. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1915241>
- Johnson, J., & Schuette, J. (2019). Breakfast cereals. In C. Beeren, K. Groves, & P. M. Titoria (Eds.), *Reducing Salt in Foods (2nd ed., pp. 231–253)*. Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100890-4.00010-X>
- Joye, I. (2019). Protein digestibility of cereal products. *Foods*, *8*(6), 199. <https://doi.org/10.3390/foods8060199>
- Kårlund, A., Gómez-Gallego, C., Turpeinen, A. M., Palo-oja, O.-M., El-Nezami, H., & Kolehmainen, M. (2019). Protein supplements and their relation with nutrition, microbiota composition and health: Is more protein always better for sportspeople? *Nutrients*, *11*(4), 829. <https://doi.org/10.3390/nu11040829>
- Khalesi, M., & FitzGerald, R. J. (2021). Insolubility in milk protein concentrates: potential causes and strategies to minimize its occurrence. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *62*(25), 6973–6989. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1908955>
- Kohout, P., Havel, E., Matějovič, M., & Šenkyřík, M. (2021). *Klinická výživa*. Galén.

- Lam, A. C. Y., Can Karaca, A., Tyler, R. T., & Nickerson, M. T. (2018). Pea protein isolates: Structure, extraction, and functionality. *Food Reviews International*, *34*(2), 126–147. <https://doi.org/10.1080/87559129.2016.1242135>
- López-Martínez, M. I., Miguel, M., & Garcés-Rimón, M. (2022). Protein and sport: Alternative sources and strategies for bioactive and sustainable sports nutrition. *Frontiers in Nutrition*, *9*, 926043. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.926043>
- Lu, Z. X., He, J. F., Zhang, Y. C., & Bing, D. J. (2020). Composition, physicochemical properties of pea protein and its application in functional foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *60*(15), 2593–2605. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1651248>
- Ma, C.-Y. (2016). Soybean: Soy concentrates and isolates. In C. Wrigley, H. Corke, K. Seetharaman, & J. Faubion (Eds.), *Encyclopedia of Food Grains* (2nd ed., pp. 482–488). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00170-4>
- Manzanilla-Valdez, M. L., Ma, Z., Mondor, M., & Hernández-Álvarez, A. J. (2024). Decoding the duality of antinutrients: Assessing the impact of protein extraction methods on plant-based protein sources. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *72*(22), 12319–12339. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.4c00380>
- Meena, G. S., Singh, A. K., Panjagari, N. R., & Arora, S. (2017). Milk protein concentrates: Opportunities and challenges. *Journal of Food Science and Technology*, *54*(10), 3010–3024. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2796-0>
- Mehra, R., Kumar, H., Kumar, N., Ranvir, S., Jana, A., Buttar, H. S., Telessy, I. G., Awuchi, C. G., Okpala, C. O. R., Korzeniowska, M., & Guiné, R. P. F. (2021). Whey proteins processing and emergent derivatives: An insight perspective from constituents,

- bioactivities, functionalities to therapeutic applications. *Journal of Functional Foods*, 87, 104760. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104760>
- Messia, M. C., Cuomo, F., Falasca, L., Trivisonno, M. C., De Arcangelis, E., & Marconi, E. (2021). Nutritional and technological quality of high protein pasta. *Foods*, 10(3), 589. <https://doi.org/10.3390/foods10030589>
- Messina, M., Duncan, A., Messina, V., Lynch, H., Kiel, J., & Erdman, J. W. (2022). The health effects of soy: A reference guide for health professionals. *Frontiers in Nutrition*, 9, 970364. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.970364>
- Minj, S., & Anand, S. (2020). Whey proteins and its derivatives: Bioactivity, functionality, and current applications. *Dairy*, 1(3), 233-258. <https://doi.org/10.3390/dairy1030016>
- Ministerstvo zemědělství. (2013). *Příručka pro provozovatele potravinářských podniků k nařízení (EU) č. 1169/2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům.*
- Moughan, P. J., & Lim, W. X. J. (2024). Digestible indispensable amino acid score (DIAAS): 10 years on. *Frontiers in Nutrition*, 11. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1389719>
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 ze dne 25. října 2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům, o změně nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006 a (ES) č. 1925/2006 a o zrušení směrnice Komise 87/250/EHS, směrnice Rady 90/496/EHS, směrnice Komise 1999/10/ES, směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/13/ES, směrnice Komise 2002/67/ES a 2008/5/ES a nařízení Komise (ES) č. 608/2004 (Text s významem pro EHP), Úřední věstník Evropské unie L 304 (2011). <http://data.europa.eu/eli/reg/2011/1169/oj/ces>

- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006 ze dne 20. prosince 2006 o výživových a zdravotních tvrzeních při označování potravin, Úřední věstník Evropské unie L 404 (2006). <http://data.europa.eu/eli/reg/2006/1924/oj/ces>
- Nařízení Komise (EU) č. 432/2012 ze dne 16. května 2012, kterým se zřizuje seznam schválených zdravotních tvrzení při označování potravin jiných než tvrzení o snížení rizika onemocnění a o vývoji a zdraví dětí (Text s významem pro EHP), Úřední věstník Evropské unie L 136 (2012). <http://data.europa.eu/eli/reg/2012/432/oj/ces>
- OpenAI. (2025). *ChatGPT (verze 4.0)* [Large language model]. Použito k opravě pravopisných, gramatických a interpunkčních chyb a k překladu českého textu do angličtiny. OpenAI. <https://openai.com/chatgpt>
- Ortega, R. M., Arribas-López, N., Salas-González, M. D., Aparicio, A., González-Rodríguez, L. G., Bermejo, L. M., Lozano-Estevan, M. D. C., Cuadrado-Soto, E., López-Sobaler, A. M., & Loria-Kohen, V. (2024). High-protein processed foods: Impact on diet, nutritional status, and possible effects on health. *Nutrients*, *16*(11), 1697. <https://doi.org/10.3390/nu16111697>
- Ortolan, F., & Steel, C. J. (2017). Protein characteristics that affect the quality of vital wheat gluten to be used in baking: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *16*(3), 369–381. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12259>
- Park, C. W., Stout, M. A., & Drake, M. (2016). The effect of spray-drying parameters on the flavor of nonfat dry milk and milk protein concentrate 70%. *Journal of Dairy Science*, *99*(12), 9598–9610. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11692>
- Partanen, M., Luhio, P., Gómez-Gallego, C., & Kolehmainen, M. (2024). The role of fiber in modulating plant protein-induced metabolic responses. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–16. <https://doi.org/10.1080/10408398.2024.2392149>

- Qin, P., Wang, T., & Luo, Y. (2022). A review on plant-based proteins from soybean: Health benefits and soy product development. *Journal of Agriculture and Food Research*, 7, 100265. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100265>
- Rajmicová, L. (2024). *Nutriční a senzorická hodnota alternativ mléčných kysaných výrobků* [Diplomová práce, Vysoká škola chemicko-technologická].
- Reitšpiesová, J. (2023). *Nutriční zhodnocení a senzorická jakost alternativ masa*. [Diplomová práce, Vysoká škola chemicko-technologická].
- Ryan, G., Nongonierma, A. B., O'Regan, J., & FitzGerald, R. J. (2018). Functional properties of bovine milk protein isolate and associated enzymatic hydrolysates. *International Dairy Journal*, 81, 113–121. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.01.013>
- Ryan, M. P., & Walsh, G. (2016). The biotechnological potential of whey. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 15(3), 479–498. <https://doi.org/10.1007/s11157-016-9402-1>
- Sá, A. G. A., Moreno, Y. M. F., & Carciofi, B. A. M. (2020). Food processing for the improvement of plant proteins digestibility. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(20), 3367–3386. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1688249>
- Samtiya, M., Aluko, R. E., & Dhewa, T. (2020). Plant food anti-nutritional factors and their reduction strategies: An overview. *Food Production, Processing and Nutrition*, 2(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s43014-020-0020-5>
- Senarathna, S., Mel, R., & Malalgoda, M. (2024). Utilization of cereal-based protein ingredients in food applications. *Journal of Cereal Science*, 116, 103867. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2024.103867>

- Shanthakumar, P., Klepacka, J., Bains, A., Chawla, P., Dhull, S. B., & Najda, A. (2022). The current situation of pea protein and its application in the food industry. *Molecules*, 27(16), 5354. <https://doi.org/10.3390/molecules27165354>
- Sharif, M. K., Saleem, M., Sharif, H. R., & Saleem, R. (2022). Enrichment and fortification of traditional foods with plant protein isolates. In A. Manickavasagan, L.-T. Lim, & A. Ali (Eds.), *Plant Protein Foods* (pp. 131–169). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91206-2_5
- Schopf, M., Wehrli, M. C., Becker, T., Jekle, M., & Scherf, K. A. (2021). Fundamental characterization of wheat gluten. *European Food Research and Technology*, 247(4), 985–997. <https://doi.org/10.1007/s00217-020-03680-z>
- Singh, R., Rathod, G., Meletharayil, G. H., Kapoor, R., Sankarlal, V. M., & Amamcharla, J. K. (2022). Invited review: Shelf-stable dairy protein beverages-Scientific and technological aspects. *Journal of Dairy Science*, 105(12), 9327–9346. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22208>
- Smithers, G. W. (2015). Whey-ing up the options – Yesterday, today and tomorrow. *International Dairy Journal*, 48, 2–14. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.01.011>
- Společnost pro výživu. (2019). *Referenční hodnoty pro příjem živin* (2. vyd.). Společnost pro výživu.
- Státní zemědělská a potravinářská inspekce. (2020). *Kontrola vysokoproteinových potravin potvrdila shodu mezi skutečným obsahem bílkovin a deklarovaným množstvím na obalech.* Potraviny na pranýři. <https://www.potravinynapranryi.cz/InspProduct.aspx?scontrol=110&lang=cs&design=default&archive=actual&listtype=tiles&page=1>

- Státní zemědělská a potravinářská inspekce. (2024). *Vodítka k problematice zdravotních a výživových tvrzení*. <https://www.szpi.gov.cz/clanek/voditka-k-problematice-zdravotnich-a-vyzivovych-tvrzeni.aspx>
- Surya Ulhas, R., Ravindran, R., Malaviya, A., Priyadarshini, A., Tiwari, B. K., & Rajauria, G. (2023). A review of alternative proteins for vegan diets: Sources, physico-chemical properties, nutritional equivalency, and consumer acceptance. *Food Research International*, *173*, 113479. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113479>
- Szydłowska, A., Zielińska, D., Łepecka, A., Trzaskowska, M., Neffe-Skocińska, K., & Kołożyn-Krajewska, D. (2020). Development of functional high-protein organic bars with the addition of whey protein concentrate and bioactive ingredients. *Agriculture*, *10*(9), 390. <https://doi.org/10.3390/agriculture10090390>
- Thrane, M., Paulsen, P. V., Orcutt, M. W., & Krieger, T. M. (2017). Soy protein: Impacts, production, and applications. In S. R. Nadathur, J. P.D. Wanasundara, & L. Scanlin, (Eds.), *Sustainable protein sources* (pp. 23–45). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802778-3.00002-0>
- Tranquet, O., Larré, C., & Denery-Papini, S. (2020). Allergic reactions to hydrolysed wheat proteins: Clinical aspects and molecular structures of the allergens involved. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *60*(1), 147–156. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1516622>
- Uluko, H., Liu, L., Lv, J.-P., & Zhang, S.-W. (2016). Functional characteristics of milk protein concentrates and their modification. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *56*(7), 1193–1208. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.758625>

- van den Berg, L. A., Mes, J. J., Mensink, M., & Wanders, A. J. (2022). Protein quality of soy and the effect of processing: A quantitative review. *Frontiers in Nutrition*, 9, 1004754. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1004754>
- van der Heijden, I., Monteyne, A. J., Stephens, F. B., & Wall, B. T. (2023). Alternative dietary protein sources to support healthy and active skeletal muscle aging. *Nutrition Reviews*, 81(2), 206–230. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuac049>
- Velisek, J. (2013). *The Chemistry of Food*. John Wiley & Sons.
- Wang, G., & Guo, M. (2019). Manufacturing technologies of whey protein products. In M. Guo (Ed.), *Whey Protein Production, Chemistry, Functionality, and Applications* (pp. 13–37). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119256052.ch2>
- Ye, A., Roy, D., & Singh, H. (2020). Structural changes to milk protein products during gastrointestinal digestion. In M. Boland & H. Singh (Eds.), *Milk Proteins* (3rd, pp. 671–700). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815251-5.00019-0>
- Yiğit, A., Bielska, P., Cais-Sokolińska, D., & Samur, G. (2023). Whey proteins as a functional food: Health effects, functional properties, and applications in food. *Journal of the American Nutrition Association*, 42(8), 758–768. <https://doi.org/10.1080/27697061.2023.2169208>
- Zhang, L., Li, Q., Zhang, W., Bakalis, S., Luo, Y., & Lametsch, R. (2024). Different source of commercial soy protein isolates: Structural, compositional, and physicochemical characteristics in relation to protein functionalities. *Food Chemistry*, 433, 137315. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137315>
- Zhang, T., Dou, W., Zhang, X., Zhao, Y., Zhang, Y., Jiang, L., & Sui, X. (2021). The development history and recent updates on soy protein-based meat alternatives.

Trends in Food Science & Technology, 109, 702–710.

<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.060>

Seznam použitých obrázků

Aktin.cz. (n.d.). *Vilgain Plant Protein Mini Cookies BIO – arašidy se slaným karamellem 50 g (2 x 25 g)*. [Fotografie produktu]. Aktin.cz. <https://aktin.cz/vilgain-plant-protein-mini-cookies-bio/arasidy-se-slany-karamellem-50-g-2-x-25-g-43541>

Aktin.cz. (n.d.). *Vilgain Protein Cookie - čokoláda a karamel 80 g*. [Fotografie produktu]. Aktin.cz. <https://aktin.cz/vilgain-protein-cookie/cokolada-a-karamel-80-g-45098>

Aktin.cz. (n.d.). *Vilgain Protein Granola – kakao a mléčná čokoláda 350 g*. [Fotografie produktu]. Aktin.cz. <https://aktin.cz/vilgain-protein-granola/kakao-a-mlecna-cokolada-350-g-42631>

Alza.cz. (n.d.). *BIG BOY Proteinová granola s hořkou čokoládou by @kamilasikl 360g* [Fotografie produktu]. Alza.cz. <https://www.alza.cz/sport/big-boy-proteinova-granola-s-horkou-cokoladou-by-kamilasikl-360g-d7009347.htm>

Dr. Max. (n.d.). *Graci GRANOLA High power protein 300 g*. [Fotografie produktu]. Dr. Max. <https://www.drmax.cz/graci-granola-high-power-protein-300-g>

Dr. Max. (n.d.). *Topnatur Müsli srdcem Proteinové jahoda&čokoláda 250 g*. [Fotografie produktu]. Dr. Max. <https://www.drmax.cz/topnatur-musli-srdcem-proteinove-jahoda-cokolada-250-g>

Dr. Max. (n.d.). *WEIDER Protein Cookie Caramel choco fudge sušenky 90 g*. [Fotografie produktu]. Dr. Max. <https://www.drmax.cz/weider-protein-cookie-90g-caramel-choco-fudge>

Fitness007.cz. (n.d.). *Mars Protein Mars HiProtein Cookie 60 g*. [Fotografie produktu]. Fitness007.cz. <https://www.fitness007.cz/mars-protein-mars-hiprotein-cookie-60-g/>

Fitness007.cz. (n.d.). *USN High Protein Cookie 60 g - slaný karamel*. [Fotografie produktu]. Fitness007.cz. <https://www.fitness007.cz/usn-high-protein-cookie-60-g-slany->

karamel/?utm_medium=product&utm_source=heureka.cz&utm_campaign=Heureka.cz-%7C-Jidlo-a-napoj-%7C-Sladkosti-%7C-Susenky&utm_content=USN-%28Ultimate-Sports-Nutrition%29&utm_term=0&hgtid=cd3356ce-d5e4-478c-856a-4d849f5d573c

GymBeam.cz. (n.d.). *MoiMüv Protein Cookie – GymBeam*. [Fotografie produktu].

GymBeam.cz. <https://gymbeam.cz/moimuv-protein-cookie-gymbeam.html>

GymBeam.cz. (n.d.). *Proteinová granola - Go On*. [Fotografie produktu]. GymBeam.cz.

<https://gymbeam.cz/proteinova-granola-go-on.html>

GymBeam.cz. (n.d.). *Proteinová granola s čokoládou - GymBeam*. [Fotografie produktu].

GymBeam.cz. <https://gymbeam.cz/proteinova-granola-s-cokoladou-gymbeam.html>

Insidefit.cz. (n.d.). *Protein Cookie - QNT, příchut' Salted Caramel 60 g*. [Fotografie produktu].

Insidefit.cz. [https://www.insidefit.cz/protein-cookie-qnt--prichut--salted-caramel-60-g/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwkN--BhDkARIsAD_mnIrkB-](https://www.insidefit.cz/protein-cookie-qnt--prichut--salted-caramel-60-g/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwkN--BhDkARIsAD_mnIrkB-1J1OqStxBfr11s8y2aUpuLXitkefaC5ZIdmUqBW3U2Z3taAsaAt28EALw_wcB)

[1J1OqStxBfr11s8y2aUpuLXitkefaC5ZIdmUqBW3U2Z3taAsaAt28EALw_wcB](https://www.insidefit.cz/protein-cookie-qnt--prichut--salted-caramel-60-g/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwkN--BhDkARIsAD_mnIrkB-1J1OqStxBfr11s8y2aUpuLXitkefaC5ZIdmUqBW3U2Z3taAsaAt28EALw_wcB)

Mixit.cz. (n.d.). *Proteinová granola z pece – Čokoláda a mandle*. [Fotografie produktu].

Mixit.cz. <https://www.mixit.cz/produkt/proteinova-granola-z-pece-cokolada-a-mandle>

Mojadm.sk. (n.d.). *Sportness Bio Proteinová granola, 300 g*. [Fotografie produktu].

Mojadm.sk. <https://www.mojadm.sk/sportness-bio-proteinova-granola-p4066447257564.html>

Vitamaker.it. (n.d.). *MyProtein Filled Protein Cookie 75g*. [Fotografie produktu].

Vitamaker.it. <https://vitamaker.it/nutrizione-sportiva/24113-myprotein-filled-protein-cookie-75g-5055534301012.html>

Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Průměrná potřeba esenciálních aminokyselin u dospělých osob	17
Tabulka č. 2: Nutriční složení MPC a MPI	21
Tabulka č. 3: Nutriční složení WPC a WPI	23
Tabulka č. 4: Složení sladké a kyselé syrovátky	24
Tabulka č. 5: Nutriční složení kaseinových produktů.....	27
Tabulka č. 6: Nutriční složení sójových proteinových produktů	30
Tabulka č. 7: Nutriční složení hrachových proteinů a mouky	33
Tabulka č. 8: Nutriční požadavky na produkty pšeničné bílkovinné dle Codex Alimentarius (CXS 163-1987).....	36
Tabulka č. 9: Seznam vzorků proteinových sušenek.....	40
Tabulka č. 10: Seznam vzorků proteinových granol.....	43
Tabulka č. 11: Deklarované nutriční hodnoty proteinových sušenek vztažené na 100 g výrobku	46
Tabulka č. 12: Deklarované nutriční hodnoty proteinových granol vztažené na 100 g výrobku	46
Tabulka č. 13: Relativní směrodatné odchylky a nejistoty měření	51
Tabulka č. 14: Deskriptory proteinových sušenek	55
Tabulka č. 15: Deskriptory proteinových granol	56
Tabulka č. 16: Výsledky obsahu sušiny ve vzorcích	57
Tabulka č. 17: Výsledky obsahu tuku ve vzorcích.....	59
Tabulka č. 18: Zastoupení mastných kyselin proteinových sušenek.....	61
Tabulka č. 19: Zastoupení mastných kyselin proteinových granol	62
Tabulka č. 20: Zastoupení nasycených mastných kyselin proteinových sušenek.....	62
Tabulka č. 21: Zastoupení nasycených mastných kyselin proteinových granol	63
Tabulka č. 22: Zastoupení nenasycených mastných kyselin proteinových sušenek.....	63
Tabulka č. 23: Zastoupení nenasycených mastných kyselin proteinových granol.....	64
Tabulka č. 24: Výsledky obsahu bílkovin ve vzorcích.....	65
Tabulka č. 25: Dopočtem stanovený obsah sacharidů (g/100 g).....	67
Tabulka č. 26: Celkové hodnocení proteinových sušenek	71
Tabulka č. 27: Číselné hodnocení proteinových sušenek dle deskriptorů	72
Tabulka č. 28: Celkové hodnocení proteinových granol.....	76

Tabulka č. 29: Číselné hodnocení proteinových granol dle deskriptorů.....	77
--	----

Seznam grafů

Graf č. 1: Stanovený obsah sušiny ve vzorcích	58
Graf č. 2: Stanovený obsah tuku ve vzorcích	60
Graf č. 3: Zastoupení nasycených, nenasycených a trans-mastných kyselin analyzovaných vzorků	61
Graf č. 4: Stanovený obsah bílkovin ve vzorcích	66
Graf č. 5: Stanovený obsah sacharidů ve vzorcích	68
Graf č. 6: Výsledky sensorické analýzy proteinových sušenek (část 1).....	70
Graf č. 7: Výsledky sensorické analýzy proteinových sušenek (část 2).....	70
Graf č. 8: Výsledky sensorické analýzy proteinových granol (část 1).....	75
Graf č. 9: Výsledky sensorické analýzy proteinových granol (část 2).....	75

Seznam použitých zkratek

DIAAS - Digestible Indispensable Amino Acid Score, skóre stravitelnosti nepostradatelných aminokyselin

DWG – Devitalized Wheat Gluten, devitalizovaný pšeničný lepek

EFSA – European Food Safety Authority, Evropský úřad pro bezpečnost potravin

EU – Evropská unie

FAO – Food and Agriculture Organization, Organizace pro výživu a zemědělství

GC-FID – Gas Chromatography with Flame Ionization Detection, plynová chromatografie s využitím plamenově ionizačního detektoru

LOD – Limit of Detection, limit detekce

LOQ – Limit of Quantification, limit kvantifikace

MPC – Milk Protein Concentrate, mléčný proteinový koncentrát

MPI – Milk Protein Isolate, mléčný proteinový izolát

PDCAAS - Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score, aminokyselinové skóre korigované na stravitelnost bílkovin

PPC – Pea Protein Concentrate, hrachový proteinový koncentrát

PPI – Pea Protein Isolate, hrachový proteinový izolát

SPC – Soy Protein Concentrate, sójový proteinový koncentrát

SPI – Soy Protein Isolate, sójový proteinový izolát

SWP – Solubilized Wheat Protein, rozpustná pšeničná bílkovina

SZPI – Státní zemědělská a potravinářská inspekce

VŠCHT – Vysoká škola chemicko-technologická

VWG – Vital Wheat Gluten, vitální pšeničný lepek

WHO – World Health Organization, Světová zdravotnická organizace

WPC – Whey Protein Concentrate, syrovátkový proteinový koncentrát

WPH – Whey Protein Hydrolysate, syrovátkový proteinový hydrolyzát

WPI – Whey Protein Isolate, syrovátkový proteinový izolát