



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ

FACULTY OF CHEMISTRY

ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

**VÝVOJ A CHARAKTERIZACE PROTEINOVÉHO DOPLŇKU
STRAVY Z PŠENIČNÝCH OTRUB**

DEVELOPEMENT AND CHARACTERIZATION OF PROTEIN FOOD SUPPLEMENT FROM WHEAT BRAN

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Kim Zhahlou

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jaromír Pořízka, Ph.D.

BRNO 2021

Zadání bakalářské práce

Číslo práce: FCH-BAK1705/2020 Akademický rok: 2020/21
Ústav: Ústav chemie potravin a biotechnologií
Student: **Kim Zhahlou**
Studijní program: Chemie a technologie potravin
Studijní obor: Potravinářská chemie
Vedoucí práce: **Ing. Jaromír Pořízka, Ph.D.**

Název bakalářské práce:

Vývoj a charakterizace proteinového doplňku stravy z pšeničných otrub

Zadání bakalářské práce:

1. Izolace proteinové frakce z pšeničných otrub
2. Charakterizace proteinového izolátu z hlediska čistoty a aminokyselinového profilu
3. Vývoj proteinových doplňků stravy ve formě tyčinek
4. Chemická a fyzikální charakterizace vyrobených produktů
5. Sensorická analýza vyrobených produktů

Termín odevzdání bakalářské práce: 6.8.2021:

Bakalářská práce se odevzdává v děkanem stanoveném počtu exemplářů na sekretariát ústavu. Toto zadání je součástí bakalářské práce.

Kim Zhahlou
student(ka)

Ing. Jaromír Pořízka, Ph.D.
vedoucí práce

prof. RNDr. Ivana Márová, CSc.
vedoucí ústavu

V Brně dne 1.2.2021

prof. Ing. Martin Weiter, Ph.D.
děkan

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zaměřuje na vývoj nového, proteinového doplňku stravy pro sportovce a vyznavače zdravého životního stylu. V současné době život je intenzivnější, čím dal víc. Z fyziologického hlediska člověk potřebuje dostatečné množství energie, kterou mu poskytuje pestrá strava složená z kvalitních nutrientů. V rámci experimentální části byly vyrobeny proteinové tyčinky s přídavkem lyofilizovaného proteinu izolovaného z pšeničných otrub. Pšeničné otruby byly vybrány jako vhodný zdroj bílkovin vzhledem k jejich dostupnosti, obsahu bílkoviny od 14 % do 18 % a relativní nenáročnosti metody izolace proteinu. Takto vyrobená proteinová tyčinka neobsahuje žádnou složku živočišného původu, čímž je vhodná pro vegetariány a vegany. Senzorickou analýzou byly porovnány texturní vlastnosti tyčinek s různým množstvím přídavku rostlinného materiálu. Pro názornější výsledky, byl výrobek také porovnán s tyčinkami vyrobenými stejným postupem, ale s přídavkem syrovátkového proteinu. U přídavku pšeničného lyofilizátu nad 5 % byl vyhodnocen negativní vliv na hodnocení texturních a chuťových vlastností tyčinek. Další studie by se mohly zaměřit na optimalizaci chuti a přídavku rostlinného proteinu.

ABSTRACT

The bachelor thesis focuses on the development of a new, protein dietary supplement for athletes and followers of a healthy lifestyle. Nowadays, life is more intense the more he gave. From a physiological point of view, a person needs enough energy, which is provided by a varied diet composed of quality nutrients. In the experimental part, protein rods were made with the addition of lyophilized protein isolated from wheat bran. Wheat bran was selected as a suitable source of protein due to its availability, protein content from 14 % to 18 % and the relative simplicity of the protein isolation method. The protein bar thus produced does not contain any ingredient of animal origin, making it suitable for vegetarians and vegans. The textural properties of sticks with different amounts of plant material were compared by sensory analysis. For more illustrative results, the product was also compared with bars made by the same procedure, but with the addition of whey protein. With the addition of wheat lyophilisate over 5%, the negative effect on the evaluation of the textural and taste properties of the sticks was evaluated. Further studies could focus on optimizing the taste and addition of plant protein.

KLÍČOVÁ SLOVA

Proteinová tyčinka, protein z pšeničných otrub, syrovátkový protein, senzorická analýza, doplňky stravy.

KEY WORDS

Protein bar, wheat bran protein, whey protein, sensory analysis, dietary supplements.

ZHAHLOU, Kim. *Vývoj a charakterizace proteinového doplňku stravy z pšeničných otrub* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-08-06]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/131837>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie potravin a biotechnologií. Vedoucí práce Jaromír Pořízka.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citoval. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího bakalářské práce a děkana FCH VUT.

.....
podpis studenta

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Jaromíru Pořízkovi, Ph.D. za obrovský zájem, odborné vedení, cenné rady, trpělivost a víru v moje síly celou dobu vypracování bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval Ing. Zuzaně Slavíkové za motivaci, kvalitní pomoc, odborné vedení a trpělivost. Velký díky také rodině a přátelům za podporu, pomoc v provedení degustace tyčinek a inspiraci v průběhu mého fantastického studia.

OBSAH

1	ÚVOD	7
2	TEORETICKÁ ČÁST.....	8
2.1	Význam proteinů ve výživě	8
2.2	Proteinové doplňky stravy	9
2.3	Proteinové tyčinky	11
2.3.1	Přehled vybraných proteinových tyčinek na trhu	11
2.4	Výroba proteinových tyčinek.....	13
2.4.1	Suroviny pro proteinové tyčinky	14
2.5	Otruby jako zdroj proteinu	17
2.5.1	Pšeničné otruby.....	18
2.6	Izolace proteinů.....	21
2.7	Analýza proteinů.....	21
2.8	Senzorická analýza.....	22
2.8.1	Metoda deskriptivních specifikací (DS) – high QC	22
2.8.2	Metoda škálování – medium QC	23
2.8.3	Test 1 ze 3, nebo Triagle test – low QC	23
2.9	Statistické zpracování a vyhodnocení senzorické analýzy	23
2.9.1	Testování vědeckých hypotéz.....	23
2.9.2	ANOVA	24
3	PRAKTICKÁ ČÁST (EXPERIMENTALNÍ)	25
3.1	Chemikálie	25
3.2	Přístroje	25
3.3	Laboratorní pomůcky	25
3.4	Pšeničné otruby	25
3.5	Proces izolace proteinů	25
3.6	Suroviny a postup přípravy proteinových tyčinek	27
3.7	Senzorická analýza vyrobených tyčinek	28
3.7.1	Metoda škálování (včetně cíleného škálování).....	28
3.7.2	Test 1 ze 3, nebo Triagle test	29
3.8	Statistické porovnání vyrobených tyčinek	29
4	VÝSLEDKY A DISKUZE	30
4.1	Chemické složení a nutriční vlastností vyrobených proteinových tyčinek.....	30
4.2	Profil aminokyselin v testovaných tyčinkách	32
4.2.1	AMK-profil (esenciální AMK).....	32

4.2.2	AMK-profil (neesenciální AMK)	34
4.3	Senzorická analýza vyrobených proteinových tyčinek	35
4.3.1	Výsledky testu 1 ze 3	39
4.3.2	Vliv přídavku proteinového materiálu na flavour proteinových tyčinek... ..	39
5	ZÁVĚR.....	41
6	ZDROJE	42
7	SEZNAM ZKRATEK.....	48
8	PŘÍLOHA.....	50

1 ÚVOD

Dostupnost kvalitní a zdravé výživy je aktuálním problémem nejenom současné doby rychlého života ale i minulých století. Kvůli nedostatku času je strava lidí obvykle málo pestrá nebo nevyvážená, přijímají nedostatečná množství různých nutrientů. Poté mají lidé snahu obohatit svoje jídelníčky potřebnými vitaminy, minerály a nutrieny. Jedním z nejdůležitějších nutrientů ve stravě jsou bílkoviny. Potřebuje je každý člověk, nejenom z hlediska růstu a udržení svalové hmoty, ale i například pro správné fungování centrálního nervového systému. Potřebné množství bílkovin se může lišit v závislosti na fyzické aktivitě člověka. Jednou z možností, jak doplňovat nedostatečný příjem proteinů ve stravě, je konzumace proteinových tyčinek.

Vzhledem k rozšíření veganství a vegetariánství je důležitá produkce výrobků pouze z rostlinných zdrojů. Proto je nutné najít rostlinné suroviny s pestrým a bohatým složením nutričně významných složek. Dobrým rostlinným zdrojem bílkovin jsou například pšeničné otruby. Obsahují 14–16 % bílkovin a z nutričního hlediska se jeví jako vhodné pro zařazení do stravy.

Proteinovou frakci lze z pšeničných otrub izolovat pomocí metody pH-shift. Proteiny jsou nejprve z matrice extrahovány vodným roztokem o pH 11. Vodná frakce s proteiny je pomocí centrifugace oddělena od zbytku odtrub. Po úpravě pH vodného roztoku na hodnotu 4 proteiny precipitují a mohou být odděleny opět pomocí centrifugy. Takto získaný izolát lze po lyofilizaci použít k přípravě proteinových tyčinek.

Komerční proteinové tyčinky jsou nejčastěji obohaceny syrovátkovým proteinem, který má živočišný původ. Kvůli tomu jsou tyto typy tyčinek nevhodné pro vegany. Tento problém lze vyřešit nahrazením syrovátkového proteinu izolovaným proteinem z pšeničných otrub. Vliv použití otrubového proteinu jako suroviny pro výrobu proteinových tyčinek na texturní a chuťové vlastnosti je nutné posoudit pomocí senzorycké analýzy.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Význam proteinů ve výživě

Příjem kvalitních živin by měli sledovat nejen sportovci, ale každý, kdo má zájem o zdravý životní styl. Vyvážená strava má zásadní vliv na psychický i fyzický stav. Potravinami, s vysokým obsahem bílkovin, jsou například vejce, maso, ryby, luštěniny, mléčné výrobky nebo obiloviny. Proteiny ve stravě poskytují oproti sacharidům nebo tukům vyšší pocit sytosti, což může být jejich velkou výhodou [1][2].

Makroživiny proteiny jsou složeny z 20 aminokyselin, jenom dvanáct z nich lidské tělo dokáže vytvořit. Ostatních devět – arginin, valin, leucin, izoleucin, fenylalanin, tryptofan, lysin, methionin a threonin je esenciálních – člověk je musí přijímat s potravou. Organismus využívá bílkoviny pro stavbu a regeneraci svalových buněk a tkání, plní transportní a regulační funkci organismu [3].

Ve zdravé stravě se obecně propaguje příjem základních živin v trojpoměru, který udává, že člověk by měl přijmout denně 1 díl proteinů, 1 díl lipidů a 4 díly sacharidů. Po přepočtu na přijímanou energii to činí 14 % (v období růstu dítěte 18 %) proteinů, 28-30 % tuků a 56 % sacharidů. Poměr živočišných a rostlinných bílkovin by měl být přibližně 1:1. Nedostatečný přívod bílkovin může vést k poruchám duševního i tělesného vývoje, ke snížení odolnosti k infekcím, ke zhoršení hojení ran po úrazech apod [4]. V případě lidí trpících metabolickou disfunkcí ledvin dieta s vysokým obsahem bílkovin (HP dieta) může způsobit ledvinové kameny a onemocnění ledvin [5]. Adekvátní denní příjem bílkovin také závisí na věku a úrovni fyzické aktivity člověka. Konkrétní hodnoty jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1 Denní požadavky na bílkoviny [1]

směrnice	skupina	RDI [g/kg/den]
minimum (rdi)	dospívající	0,8
	dospělý	1
	dítě	1,5
úroveň aktivity	střední	1
	umírněný	1,3
	intenzivní	1,6
	udržení svalové hmoty	1,4-2,2
speciální cíl	růst svalové hmoty	1,4-3,3
	kalorické omezení (deficit)	2,3-3,1

Kromě množství přijímaných proteinů je důležitým parametrem kvalita konzumované bílkoviny. Kvalita bílkoviny je daná zejména jejím zdrojem (živočišný, rostlinný), od kterého se odvíjí její aminokyselinové složení. Ovšem může být také zásadně ovlivněna procesy úpravy potravin před konzumací (například tepelným ošetřením) [1].

Porovnání proteinů rostlinného a živočišného původu

Klinický a spotřebitelský trh se stále více zaměřuje na používání rostlinných proteinů jako složek stravy, zejména kvůli ochraně nebo zvýšení svalové hmoty. Je ovšem známo, že konzumace rostlinných proteinů (například sójových, pšeničných nebo rýžových) nemá za následek takové zvýšení svalové hmoty, ke které dochází po zvýšeném příjmu živočišných

proteinů. To může být způsobeno nižší stravitelností bílkovin rostlinných materiálů, ve srovnání s bílkovinami živočišného původu [6]. Stravitelnost bílkovin je charakterizována hodnotou PER, což je poměr přírůstku hmotnosti testovaného subjektu s jeho příjmem konkrétního potravinového proteinu během testovacího období. PDCAAS uvádí skóre aminokyselin korigované na stravitelnost proteinu. Využití čistého proteinu (NPU) a biologická hodnota měří stejný parametr retence dusíku. Jediný rozdíl, že biologická hodnota se vypočítává z absorbovaného dusíku, zatímco NPU pochází z požitého dusíku. Tyto parametry jsou pro různé typy proteinů uvedeny v tabulce 2 [7][8].

Tabulka 2 Hodnocení kvality bílkovin [85]

Druh proteinu	PER*	biologická hodnota	NPU*	PDCAAS*
Hovězí	2,9	80	73	0,92
Černé boby	0	-	0	0,75
Kasein	2,5	77	76	1,00
Vaječný	3,9	100	94	1,00
Mléčný	2,5	91	82	1,00
Arašídový	1,8	-	-	0,52
Sójový protein	2,2	74	61	1,00
Pšeničný gluten	8,0	64	67	0,25
Syrovátkový protein	3,2	104	92	1,00

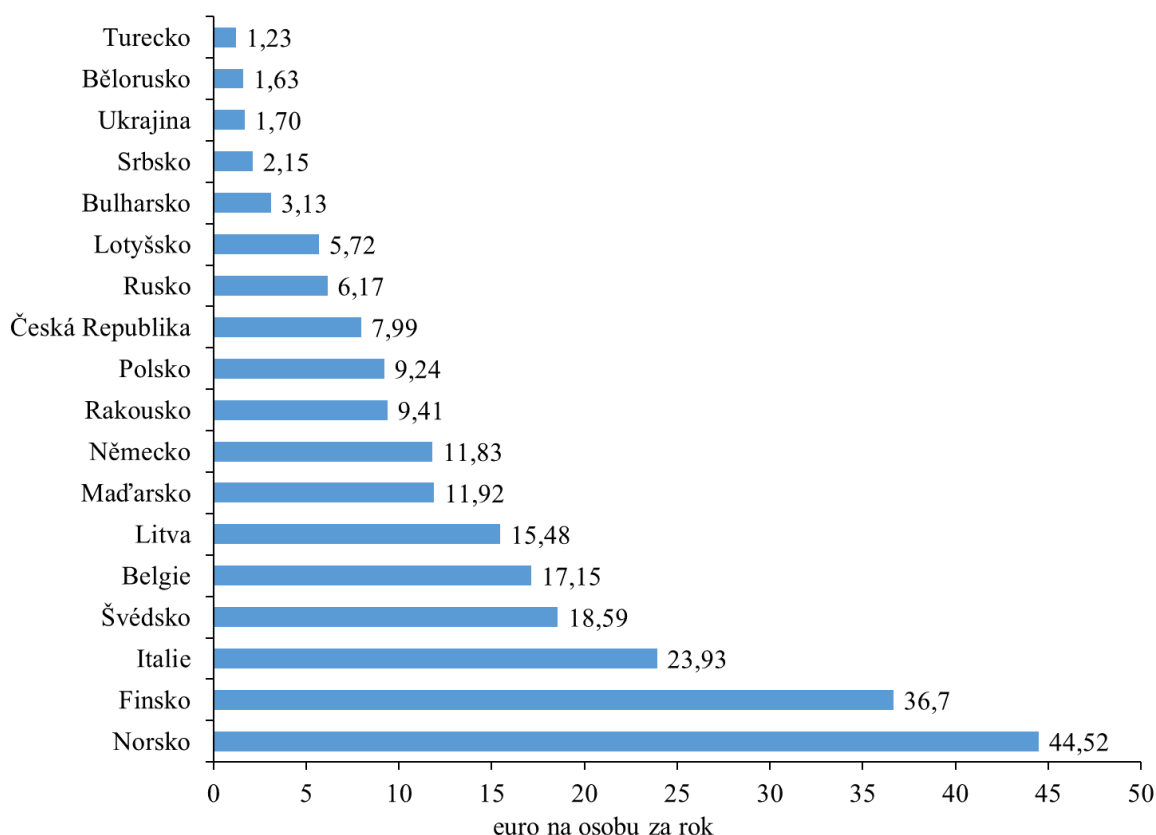
Další nevýhoda rostlinných proteinů oproti živočišným může souviset s relativním nedostatkem specifických esenciálních aminokyselin v rostlinách – na rozdíl od živočišných proteinů. Například většina rostlinných bílkovin má relativně nízký obsah leucinu, methionine, cysteine, a nižší celkový obsah esenciálních kyselin. Naproti jsou bohatší na Arginin, kyselinu Glutamovou a jsou srovnatelné v zastoupení kyseliny skupiny BCAA (Ile, Leu, Val) [9].

Rostlinné proteiny mají oproti živočišným horší nutriční vlastnosti. Byly ovšem navrženy strategie, díky kterým lze získat plnohodnotnou vyváženou stravu i pouze se zařazením rostlinných proteinů. Jde například o: 1) obohacení rostlinných zdrojů bílkovin o aminokyseliny methionin, lysin a / nebo leucin; 2) selektivní šlechtění rostlinných zdrojů za účelem zlepšení profilů aminokyselin; 3) spotřebu většího množství rostlinných zdrojů bílkovin; nebo 4) požití více zdrojů bílkovin pro zajištění vyváženějšího profilu aminokyselin. Účinnost těchto strategií je však třeba ještě studovat, aby bylo možné definovat preferované zdroje proteinů, které pozitivně ovlivní podporu přírůstku nebo udržení hmoty kosterního svalstva u zdravé i klinické populace [6].

2.2 Proteinové doplňky stravy

Produkty pro sportovní výživu jsou vyvíjeny a cíleny hlavně na sportovce, aby zlepšily jejich příjem živin, výkon a růst svalů. Nejrychleji rostoucí spotřebitelskou skupinou pro tyto produkty jsou rekreační sportovci a vyznavači zdravého životního stylu. Sportovci mohou mít zvýšené fyziologické požadavky na bílkoviny. Nedostatečný příjem bílkovin je poté častější u rekreačních sportovců, ale i lidí se sedavým zaměstnáním. Řešením nedostatečného příjmu bílkovin ve stravě je konzumace proteinových doplňků stravy. Jejich popularita mezi

spotřebiteli roste, od čehož se odvíjí také růst hodnoty trhu s doplňky stravy v jednotlivých státech (viz obrázek 1) [10].

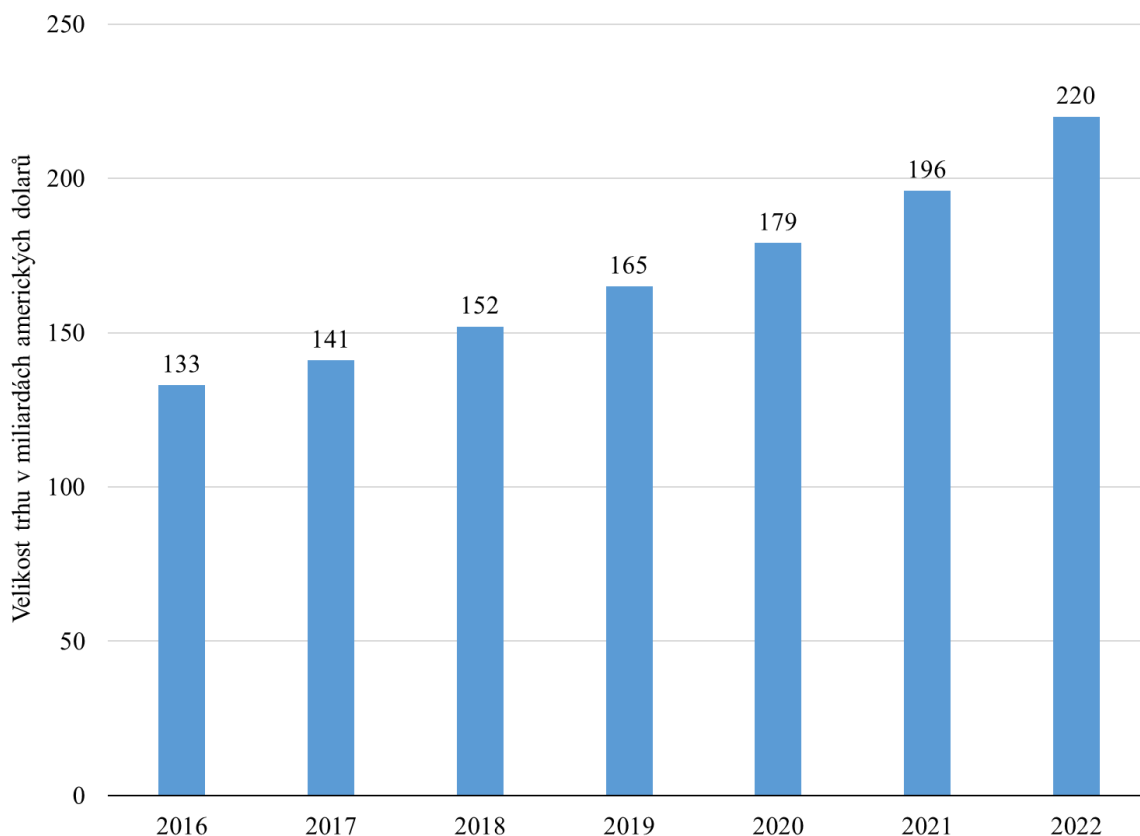


Obrázek 1 Hodnota trhu s doplňky stravy na obyvatele v Evropě v roce 2015 [10].

V zákoně č. 110/1997 Sb. o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů jsou doplňky stravy definovány jako potravinu, která má za úkol doplňovat běžnou stravu, je koncentrovaným zdrojem vitaminů a minerálních látek nebo dalších látek s nutričním nebo fyziologickým účinkem, které jsou v potravine obsaženy samostatně nebo v kombinaci. Doplňky stravy jsou určeny k přímé spotřebě v malých odměřených množstvích [11]. Ve směrnici Evropského parlamentu a Rady č. 2002/46/ES je dále popsáno, že doplňky stravy se mohou vyskytovat ve podobě dávek (tobolky, pastilky, tablety apod.), v sypké formě nebo jako kapalina [12].

Při označování doplňků stravy jim dle legislativních předpisů nelze přisuzovat léčebné ani preventivní vlastnosti a nesmí být naznačováno, že pestrá strava neobsahuje dostatečné množství nutrientů [11].

Statistika popsána na obrázku 2 ukazuje vývoj hodnoty globálního trhu s doplňky stravy od roku 2016 do roku 2022. Do roku 2022 se předpokládá, že trh s doplňky stravy vygeneruje celosvětově kolem 220 miliard amerických dolarů [13].



Obrázek 2 Graf světového růstu poptávky po doplňcích stravy v čase [13]

2.3 Proteinové tyčinky

Proteinové tyčinky jsou jedním z populárních doplňků stravy navržené jako koncentrovaný zdroj proteinů. Nutriční složení proteinových tyčinek se značně liší podle výrobce, ale i konkrétní příchuti, pro kterou je nutné použít daných přísad. To ovlivňuje energetickou hodnotu, obsah základních složek jako jsou bílkoviny, tuky, sacharidy a vláknina a také množství vitaminů a minerálů, které proteinová tyčinka obsahuje [14].

Obecně platí, že průměrná proteinová tyčinka má 150–400 kalorií a obsahuje 10–20 gramů bílkovin, některé až 30 gramů bílkovin na porci. Co se týká ostatních komponentů, tuků by mělo být 5–10 gramů, sacharidů 25–35 gramů a vlákniny 5–10 gramů [14].







2.3.1 Přehled vybraných proteinových tyčinek na trhu

Jak už bylo řečeno výše, nutriční složení tyčinek se liší v závislosti na použitých přísadách pro určitou příchut'. To přímo ovlivňuje hodnotu zastoupené bílkoviny. Trh proteinových tyčinek není prozkoumaný až tak moc, ale výrobců tyčinek je hodně, a druhů tyčinek ještě více. Na výrobu těchto doplňků se využívá řada různých komponentů a každá má vliv na nutriční složení. Nutriční složení vybraných proteinových tyčinek je uvedeno v tabulce 3 sestupně dle obsahu bílkoviny. V tabulce 4 jsou pak zobrazeny odpovídající proteinové tyčinky dostupné na českém trhu.

Tabulka 3 Nutriční zastoupení prozkoumaných výrobků

Jednotky	Energie		Bílkoviny	Sacharidy	Tuky	Cukr	Vláknina	Cena
	[kJ]	[kcal]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[Kč]
1	1591	379	50	31,4	11,6	1,9	0	50
2	1825	435	39	29	17	3,9	5	72
3	1513	362	36	27	14	2,8	8,5	64
4	1327	316	33	40	10	1,7	27	75
5	1520	365	32	25	15	3,1	17	83
6	1413	338	32	15	15	2,2	21	50
7	1585	379	25	29,8	17	25	9,6	43
8	1816	433	24,6	43,5	17,5	32,5	1,4	53
9	2138	514	22,9	24	33,8	15,5	11,2	67
10	1699	407	20,6	42,5	18,6	31,6	6,6	40
Průměr	1643	393	31,51	30,72	16,95	12,02	10,73	60
Opříměr	1573	378	18,7	23,8	21,5	2,1	6,8	
Sprůměr	1580	380	18,4	24,1	21,8	2,5	6,4	

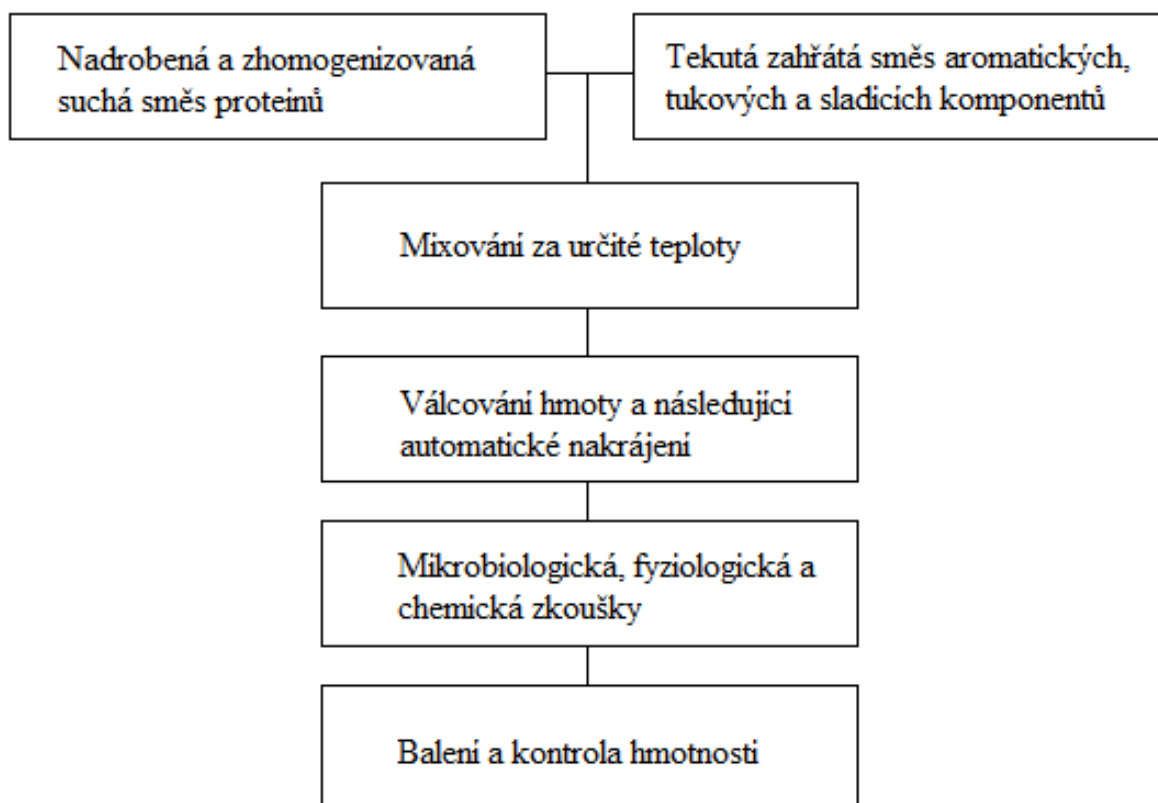
Tabulka 4 Přehled trhu proteinových tyčinek

 <p>1</p>	 <p>2</p>
 <p>3</p>	 <p>4</p>
 <p>5</p>	 <p>6</p>



2.4 Výroba proteinových tyčinek

Proces výroby proteinových tyčinek se může lišit v závislosti na výrobci, ovšem základ technologie je stejný, je znázorněn schématem na obrázku 3 [15].



Obrázek 3 Schéma procesu výroby proteinových tyčinek

Podle výše uvedeného schématu se dá proces optimalizovat a skoro zcela automatizovat za použití technologické linky. Linka na výrobu tyčinek se skládá z až čtyř potravinářských strojů:

- stroj na vaření cukru, kde se za stálého míchání při určité teplotě promíchávají tekuté složky tyčinek (pojídlo);
- automatický stroj na míchání cukrovinek, kde probíhá homogenizace suché směsi a následující přidání pojídla za účelem přípravy těsta pro budoucí tyčinky;
- automatický řezací stroj na granulovou tyčinku, dlouhý pohybující se pas, kde předem nachystaná hmota podléhá tepelnému ošetření a nakrájí se;
- stroj na potahování čokolády na ozdobení čokoládou.

Posledním výstupem je balicí stroj, kde se proteinové tyčinky balí do obalů s uvedeným složením a výživovými hodnotami. Takto sestavená linka přístrojů se vyznačuje velkou výtěžností, jednoduchým ovládním a vysokou účinností. Další výhodou je vysoká míra automatizace a bezpečnost pracovníků, jejichž počet se navíc díky automatizaci snížil [16].

2.4.1 Suroviny pro proteinové tyčinky

Jako suroviny pro výrobu proteinových tyčinek se používá celá řada různých komponent. Lze je rozdělit na skupiny podle funkcí, které splňují ve vyrobených tyčinkách. Na základě provedeného průzkumu trhu vybraných tyčinek byly identifikovány nejčastěji používané komponenty. Nejčastěji se využívá kombinace složek, za účelem zisku pestřejšího profilu [17]. Jako zdroje tuků pro výrobu proteinových tyčinek se nejčastěji používá arašídové máslo, arašídový olej, kakaové máslo, ořechy různých druhů, mléčný tuk. Zdroj sacharidů slouží ovesné vločky, rostlinná vláknina, sušené ovoce nebo plody a ostatní hlavní složky tyčinky, které kromě tuků a bílkovin těž obsahují i sacharidy. Přidávaný protein se rozděluje podle svého původu na živočišný a rostlinný. Mezi živočišné řadíme koncentrát syrovátkový, mléčný, vaječný protein a hovězí, a mezi rostlinné sójový, hráškový, pšeničný. Další přidávanou látkou, která ovlivňuje zejména chuť výrobku, je sladidlo. Často jsou používána sladidla bez nutriční hodnoty, například stévie, erythritol, maltitol a další. Dále budou popsány jednotlivé skupiny, charakteristika zástupců a jejich benefity, dávkování a kontraindikace.

Syrovátkový protein je nejpoužívanější živočišná bílkovina, která se prostřednictvím sražení a odstraňováním tvarohu získává z mléčné syrovátky. Syrovátkové proteiny tvoří asi 20 % bílkovin kravského mléka, 80 % bílkovin reprezentují kaseiny. Hlavní výhodou mléčného proteinu je dobrá stravitelnost a poměrně vysoké aminokyselinové skóre (tabulka 2), čímž splňuje nároky vyvážené stravy na esenciální a rozvětvené aminokyseliny [18]. V závislosti na požadované koncentraci bílkoviny ve výrobku rozdělujeme produkty se syrovátkovými proteiny na (1) práškové, kde se zůstávají skoro všechny složky syrovátky kromě vody, (2) koncentrát, který je ochuzen nejenom o vodu, ale i laktózu, popel a některé minerály, a (3) izoláty, které jsou nejčistším dostupným zdrojem bílkoviny, neobsahují ani laktózu ani mléčný tuk a koncentrace proteinu je vyšší než 90 %. Konkrétní složení každé z forem mléčné bílkoviny je uvedeno v tabulce 5.

Tabulka 5 Procentuální složení (%) různých forem syrovátkového proteinu [18]

Komponenta	Práškový	Koncentrát	Izolát
Protein	11 – 14,5	25 – 89	90 +
Laktóza	63 – 75	10 – 55	0,5
Mléčný tuk	1 – 1,5	2 – 10	0,5

Hlavní nevýhodou procesu získávání syrovátkového proteinu je možná denaturace bílkovin, při které dochází k rozbití jejich struktury a ztrátě peptidových vazeb, čímž se snižuje využitelnost proteinu. Všechny tyto suplementy mají velkou popularitu mezi sportovci a lidmi, kterým v jídelníčku chybí dostatečné množství bílkovin [18].

Mléčný proteinový izolát se často využívá jako součást proteinové směsi spolu se sójovým izolátem a hydrolyzovanou hovězí želatinou. Směs tvoří hlavní proteinovou součást tyčinek, čímž zajišťuje pestřejší AMK – profil, než kdyby byl použit jen jeden druh proteinového prášku [7].

Sójový protein je nejvíce prostudovaným rostlinným proteinem, stejně jako syrovátkový vyskytuje se v několika formách – práškový, koncentrát a izolát. Izolát je nejbohatší na proteinovou hmotu (až 90 %), avšak běžně používanou formou je také ta nejméně rafinovaná sójová mouka s 50 % obsahem bílkoviny. Nevýhodou oproti živočišným proteinům je nízké PER (tabulka 2), ale to přemáhá skóre AMK korigovaných na stravitelnost proteinu 1,0 tady maximálně možná hodnota (PDCAAS) [7]. Kromě toho má sója další pozitivní účinky, např. obsahuje fyziologicky významné aktivní složky jako jsou fytoosteroly, saponiny a isoflavony [19]. Bylo zaznamenáno, že tyto složky mohou snižovat hladinu tuků, zvyšují oxidaci LDL – cholesterolu a mají příznivé účinky na snižování krevního tlaku. Výhodou sójového proteinu je, že neobsahuje lepek ani laktózu, a proto se hodí i pro alergiky [7].

Ovesné vločky jsou dlouhou dobu považované za fitness potravinu. Jídlo z ovesných vloček dodá tělu velké množství energie, která se bude uvolňovat postupně díky obsahu komplexních sacharidů, které tvoří 66 % ovesných vloček. Dále obsahují 16 % bílkovin, 7 % tuku a 13 % vlákniny. Ovesné vločky jsou také výborným zdrojem vlákniny a obsahují velké množství vitaminů a minerálů. Mezi nejvýznamnější vitaminy patří vitamin A, B1, B2, D, E, kyselina listová a kyselina pantothenová. Také obsahují velké množství železa, jehož zastoupení ve vločkách je srovnatelné s obsahem v mase. Z důležitých minerálních látek obsahují vápník, draslík, fosfor, hořčík, zinek, měď a mangan. Ovesné vločky pomáhají i při trávení a střevních potížích, mají pozitivní vliv na imunitní systém a snižují zvýšenou funkci štítné žlázy. Ovesné vločky přirozeně neobsahují lepek, tudíž jsou vhodné i pro osoby trpící celiakií [20].

Arašídové máslo je častou surovinou v řadě receptů na proteinové tyčinky, získalo svou popularitu nejenom mezi sportovci ale i u dalších spotřebitelů. Tuky tvoří téměř polovinu nutričního zastoupení produktu, přičemž nasycené mastné kyseliny tvoří 20 %, mononenasycené 50 % a polynenasycené mastné kyseliny 30 % [21]. Mononenasycené (MUFA) a polynenasycené (PUFA) mastné kyseliny jsou pro naše zdraví velmi výhodné. Oproti nasyceným MK pomáhají udržet normální hladinu cholesterolu, což působí jako prevence proti rozvoji kardiovaskulárních onemocnění [22]. Arašídové máslo je nejbohatší na kyselinu olejovou patřící mezi MUFA. Co se týče polynenasycených mastných kyselin, jsou arašídové máslo skvělým zdrojem omega-6 mastných kyselin (33 %) oproti stopovému množství omega-3 mastných kyselin [21].

Glycerol je běžně používán v potravinářském průmyslu jako přidaná látka (zahušťovadlo, zvlhčující látka) a má kód E 422. Glycerol se používá do potravin pouze v množství potřebném, není pro něj stanoveno maximální množství (Nařízení Komise /EU/ č. 1129/2011). Glycerol je velmi slabě jedovatý. Po trávení je velmi rychle resorbován a distribuován do tkání a dále metabolizován a vylučován. Převážná část je metabolizována v játrech na glukózu a glykogen, tedy metabolismu vlastní látky, které představují zdroje energie. Toxicita glycerolu je spojena s distribuční cestou. Způsobuje podráždění trávicího traktu. V dvouleté krmné studii s glycerolem na laboratorních potkanech byl stanoven NOEL=10000 mg/kg t. hm. Přijatelná denní hodnota příjmu glycerolu (ADI) není pro člověka specifikován [23].

Kokosový olej obsahuje vysoký podíl tzv. nasycených mastných kyselin, čímž se podobá spíše živočišným tukům, které zastupují například máslo nebo vepřové sádlo. Nasycené mastné kyseliny činí 80 – 90 % jeho složení. Největší zastoupení má kyselina laurová, která může tvořit až polovinu všech mastných kyselin. Naopak kokosový olej obvykle obsahuje velmi málo (méně než 2 %) polynenasycených mastných kyselin, které jsou považované za tělu prospěšné. Kokosový olej je v porovnání s ostatními rostlinnými oleji chudý na obsah vitamínu E. Postrádá esenciální mastné kyseliny. Často se ovšem používá jako veganská alternativa másla.

Glukozo-fruktozový sirup nebo isoglukosa (anglicky HFCS) je tekutou sladkou látkou, která se v potravinářském průmyslu využívá na oslazení cukrovinek, pečiva, sніdaňových cereáliích, proteinových tyčinek, müsli tyčinek atd. Z chemického hlediska se jedná o enzymaticky hydrolyzovaný škrob na glukózu, která je dále částečně konvertována na fruktózu. Díky obsažené fruktóze má sirup větší sladivost než stolní cukr [24]. Dalšími důvody využití sirupu je nízká výrobní cena oproti řepnému cukru a přirozená tekutost. Sirup lze tak pohodlněji přidat do výrobků, přičemž některým dodává vláčnost a stravitelnost [25]. Hlavním problémem HFCS jsou možné negativní zdravotní účinky, jako například zvýšení tělesné váhy a hladiny cholesterolu, vysoký krevní tlak, nárůst rizika diabetu a další [25].

Stévie je alternativa cukru extrahovaná z listů rostliny Stévie rebaudiana. Tyto listy se užívají pro svou sladkost, ale také jako bylinný lék k léčbě vysoké hladiny cukru v krvi již po stovky let. Její sladká chuť je dána molekulami glykosidů steviolu, které jsou 250–300krát sladší než běžný cukr. K dispozici jsou také ekvivalenty cukru na bázi stévie. Tyto produkty obsahují plniva jako maltodextrin, ale mají stejný objem a sladivost jako sacharosa, neobsahují žádné kalorie ani sacharidy. Lze je použít jako náhradu 1: 1 při pečení a vaření, Stévie je v podstatě bez kalorií a sacharidů. Jelikož je mnohem sladší než cukr, malá množství nepřidávají stravě žádnou kalorickou hodnotu. Z toho důvodu se často používá při snaze o redukci váhy. Zároveň dodává také pocit sytosti [26]. Nevýhodou ale je narůstající s koncentrací přidané stévie hořkost výrobku slazených steviol-glykosidů. Délka řetězce glukonu, poloha dvojně vazby a počet substituovaných pyranos kalibrují bilanci hořkosti a sladkosti stévie [27].

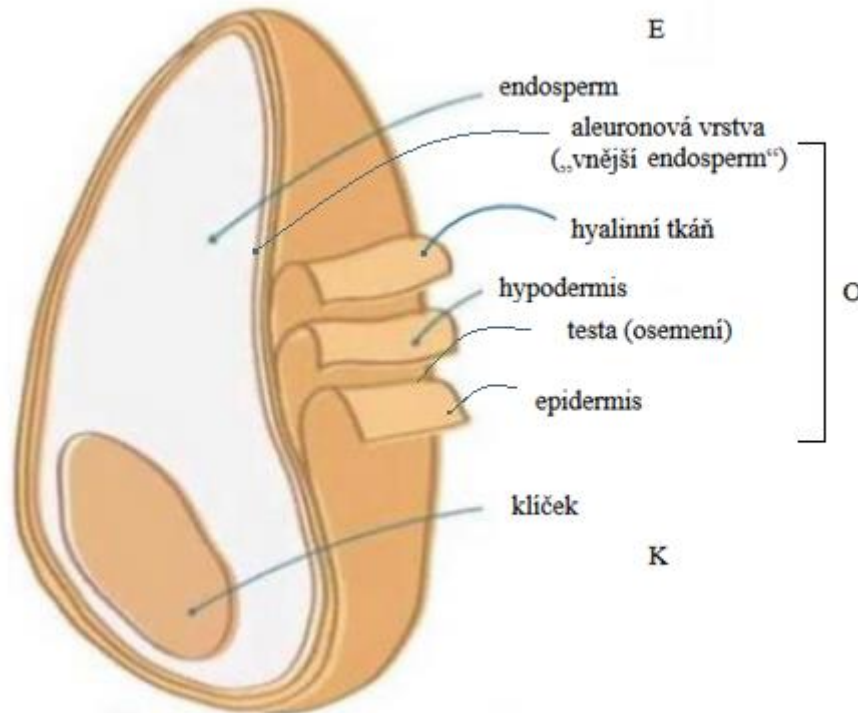
Erythritol patří do skupiny látek polyolů, jako jsou xylitol a sorbitol. Tyto látky se podobně jako sacharidy zcela přirozeně vyskytuje v některých druzích ovoce. Erythritol tvoří 70 % sladivosti od běžného rafinovaného cukru, což znamená o 30 % méně sladký [28][29]. Další výhodou je nižší energetická hodnota, jen 0,24 kcal/g oproti 4 kcal/g stolního cukru nebo cca 3 kcal/g včelího med [30]. Při konzumaci erythritolu nedochází ke změně hladiny cukru v krvi, čímž je vhodný pro osoby trpící cukrovkou. Rovněž neovlivňuje hladinu cholesterolu, triglyceridů nebo jiných biomarkerů [31].

Alergeny v proteinových tyčinkách

Vzhledem k tomu, že jsou proteinové tyčinky určeny pro běžnou konzumaci, je důležité zmínit, že mohou obsahovat alergeny, nejčastěji lepek a arašídové máslo (stopy arašídů). Dle nařízení Komise Evropské Unie č 828/2014 o požadavcích na poskytování informací o nepřítomnosti a sníženém obsahu lepku v potravinách spotřebiteli se za bezpečnou potravinu může označovat výrobek s maximálním množstvím lepku 20 mg/kg výrobku. V případě arašídového másla jsou hlavními alergeny bílkoviny vicilin a konglutinin, představují 20 % a 10 % všech proteinů arašídů. Minimální dávka vyvolávající alergickou reakci u většiny alergiků je 1000 mg, cca hmotnost jednoho arašídového jádra. Proteinové tyčinky s obsahem arašídového másla tedy nelze považovat za bezpečné pro lidi trpící alergií na arašidy [32].

2.5 Otruby jako zdroj proteinu

Cereálie jsou jedním z nejvýznamnějších zemědělských produktů. Hlavní části cereálních zrn jsou endosperm, klíček a otruby. Otruby, což jsou obalové vrstvy zrna, se dále dělí na oplodí a osemení. Oplodí chrání zrno před mechanickým poškozením, účinky vody a jiných cizorodých látek. Jeho hlavní složkou jsou nerozpustné a těžce bobtnající materiály, konkrétně celulóza. Osemení obsahuje barviva, tím určuje vnější barvu zrna. Dále obsahuje polysacharidy, jejichž účelem je bobtnání a vázání vody, což přispívá k udržování hladiny vlhkosti. Struktura jednotlivých částí zrna je zobrazená na řezu, obrázek 4.



Obrázek 4 Podélný řez pšeničným zrnem se znázorněním jeho morfologických vrstev. Vrstvy přicházející při mletí: O – do otrub, E – do mouky, K – odstraňované s klíčkem [33].

Mezivrstvu na rozhraní endospermu a otruby tvoří aleuronová vrstva. Její zastoupení v otrubách je dáno podmínkami mletí zrn. Otruby obohacuje zejména o proteiny, jejichž zastoupení v aleuronové vrstvě je přibližně 30 %. To je téměř 3krát víc než v samotném endospermu zrna [34].

Otruby jsou součástí zrn kukuřice, rýže, ovsa, pšenice, prosa, žita a ječmene. Všechny zmíněné typy obsahují dostatečné množství vlákniny a pro člověka jsou významným zdrojem bílkovin, vitaminů spolu s vitamíny, bílkovinami, škrobem, omegami a minerály, díky nimž jsou zdrojem pro člověka významných živin [35]. Bílkoviny otrub jsou albuminy a globuliny, prolaminy a gluteliny, konkrétní zástupci jsou popsány v kapitole 2.5.1.1 .

Pšeničné otruby mají nízký obsah celkového tuku 4,3 g / 100 g z toho 0,6 g nasycených tuků, a ještě méně cholesterolu. Větší zastoupení sacharidů v otrubách tvoří vlákniny. Konkrétně 100 g pšeničných otrub poskytuje téměř 43 gramů dietárních pšeničných vláken, což téměř dvojnásobek denní normy. Vlákna působí jako zdroj potravy střevních bakterií, zvyšuje jejich počet, což podporuje zdraví střev [36][37].

Další významnou složkou otrub je vláknina, která má řadu zdravotních benefitů. Pravidelná konzumace otrub, a tedy vlákniny, podporuje zažívání, snížení rizika vzniku hemoroidů, zácpy, úniku stolice a dalších problémů. Některé studie odhalily, že strava obsahující otruby je účinná v boji proti rozvoji rakoviny tlustého střeva. Konzumace otrub podporuje peristaltiku, a tak omezuje expozici buněk tlustého střeva karcinogenům. Příjem otrub také napomáhá snížit krevní tlak a také zpomalit rozvoj kardiovaskulárních chorob. Vysoký krevní tlak je zodpovědný za způsobení nadměrného namáhání a poškození tepen. Otruby také v značné míře mohou ovlivňovat hladinu cholesterolu v krvi, a tak snižovat riziko mrtvice, srdečních chorob, cukrovky a obezity [35].

Další výhodou otrub je schopnost absorbovat vodu, díky níž se člověk cítí plný, a zabraňují nadměrné konzumaci potravy, což má za následek nižší hmotnost a také snížení pravděpodobnosti srdečních problémů.

2.5.1 Pšeničné otruby

Pšeničné otruby představují tvrdou, vnější vrstvu obilného zrna pšenice. Vznikají jako vedlejší produkt mletí při výrobě pšeničné mouky. Otruby obsahují převážně polysacharidy (kolem 65 %), avšak mají i relativně vysoké zastoupení bílkovin (cca 16 %). Celkové složení otrub je zobrazeno v tabulce 6. Zastoupení hlavních složek, vitaminů a minerálů závisí na mnoha faktorech jako je odrůda pšenice, podmínky růstu rostliny, podmínky skladování a následujícího zpracování zrn.

Pšeničné otruby mají příznivé účinky na zažívací a kardiovaskulární zdraví. Jelikož jsou skvělým zdrojem vlákniny, podporují trávení a dodávají stolici objem, což automaticky poskytuje úlevu od hemoroidů, zácpy, úniku stolice a dalších gastrointestinálních potíží. Konzumace pšeničných otrub zvyšuje pocit sytosti a zabraňuje návalům hladu.

Pšeničné otruby jsou vynikajícím zdrojem vlákniny, která má zásadní roli při udržování tělesné hmotnosti. Je to skvělý zdroj antioxidantů a chemikálií, které působí proti volným radikálům a zabraňují vážným zdravotním stavům, jako je rakovina nebo špatné trávení. Pšeničné otruby obsahují některé enzymy, které aktivují trávení tím, že pomáhají při přenosu potravy. Stačí půl lžičky otrubového prášku před a po jídle, pro odstranění nežádoucích zažívací potíže, kolitidu a nadýmání [35][36].

Tabulka 6 Příklad zastoupení hlavních složek pšeničných otrub na 100 g [38];

Látka	Množství [g]	Látka	Množství [g]
Voda	9,9	Tuk	4,3
Proteiny	15,5	Nasycené tuky	0,6
Sacharidy	64,5	Mononenasycené	0,6
Vláknina	42,8	Polynenasycené	2,2
Cukry	0,4	Popel	2,989

Jako rostlinný zdroj proteinu pšeničné otruby mají dostatečnou široky AMK – profil, který ukazuje tabulka 7. Například zastoupení esenciálních aminokyseliny Arginin, Valin a Leucin,

kteří jsou nezbytné pro organismu. Nejzastoupenější mezi neesenciální AMK jsou kyselina glutamová, kyselina asparagová a glycin.

Tabulka 7 Příklad zastoupení AMK pšeničných otrub na 100 g [38];

Aminokyseliny	Množství [mg]	Aminokyseliny	Množství [mg]
Tryp	282	Val	726
Thre	500	Tyr	436
Ile	486	Cys	371
Leu	928	Ala	765
Lys	600	Asp	1130
Met	234	Glu	2874
His	430	Gly	898
Phe	595	Pro	882
Arg	1087	Ser	684

Kromě bílkovin a dalších hlavních nutričních složek pšeničné otruby jsou zdrojem některých nezbytných vitamínů. Velké množství cholinu (B4), niacinu (B3) a kyseliny pantothenové (B5). Tabulka 8 zahrnuje vše přítomné vitamíny.

Tabulka 8 Příklad zastoupení vitamínů pšeničných otrub na 100 g [38];

Vitamíny	Množství [mg]	Vitamíny	Množství [mg]
Niacin	13,6	E	1,5
B6	1,3	Thiamin	0,5
Kys. pantothenová	2,2	Riboflavin	0,6
Cholin	74,4		

2.5.1.1 Proteiny a aminokyseliny pšeničných otrub

Pšeničný protein je jedním z často používaných rostlinných proteinů (spolu se sójou), díky vlastnostem lepku. Pšeničný lepek má vláknitou strukturu a vynikající schopnost vázat vodu. Funkčnost glutenového proteinu závisí na zdroji pšenice a procesu přípravy (separace, sušení, vytlačování atd.) Po smíchání s vodou může vytvořit viskoelastickou hmotu [39]. Obsah pšeničných bílkovin je důležitým hlediskem při pečení a při výrobě těstovin a nudlí. Všechny ostatní faktory jsou stejné, pšenice s vyšším obsahem bílkovin má vyšší schopnost absorbovat vodu a větší objemový potenciál bochníku a uvádí se, že má lepší kvalitu uchování. Obsah bílkovin v pšenici a otrubách se velmi liší v závislosti na druhu nebo třídě pšenice, podmínkách pěstování a vstupech hnojiv, zejména dusíku. Odrůdy v rámci třídy pšenice jsou obvykle

vyvíjeny chovateli s ohledem na cílové použití, a tedy na rozsah cílového obsahu bílkovin. Obsah bílkovin je přirozenou genetickou vlastností, a proto je kritériem výběru ve šlechtitelských programech pšenice. Úrodnost půdy a aplikace dusíkatých hnojiv má také silný dopad na obsah bílkovin v pšenici a pšeničných otrubách [39].

Zastoupení bílkovin v pšeničných otrubách je okolo 16 %. Tvoří je albuminy, globuliny, prolaminy a gluteliny. Albuminy a globuliny jsou nelepivé proteiny z pšeničné mouky. Jsou ve vodě rozpustné, obsahují asi 50 % veškerého lysinu pšeničných zrn. Albuminy a globuliny pšeničných otrub plní často funkci enzymů. Některé vysokomolekulární albuminy a určité globuliny (triticiny) jsou považovány za skladovací (zásobní) bílkoviny [40][41].

Prolaminy a gluteliny jsou hydrofobní proteiny. Jsou charakterizovány špatnou rozpustností ve vodě a vysokým obsahem prolinu a glutaminu. Prolaminy jsou hlavní zásobní bílkovinou v obilovinách (kromě rýže a ova, kde jsou zastoupeny zejména gluteliny a globuliny). Prolaminům jsou přiřazeny triviální názvy podle druhu obiloviny, jako je gliadin (pšenice), hordein (ječmen), zein (kukuřice), secalin (žito) nebo avenin (oves). Obilné prolaminy jsou přítomny jako monomery nebo malé agregáty, zatímco gluteliny tvoří velké agregáty vázané disulfidem. Obě skupiny bílkovin jsou bohaté na asparagin (a aspartát), glutamin (a glutamát) a arginin. Prolaminy a globuliny jsou skupinami bílkovin, kam patří většina známých potravinových alergenů třídy 1 [42].

Gluten neboli lepek je dalším heterogenní zásobní proteinem nacházejícím se v pšenici. Jeho nejvýznamnější funkcí je tvorba struktury těsta různých pečárenských výrobků. Konečné použití v potravinách určuje množství a typ lepku (kupř. polymerní nebo monomerní). Pro dosažení požadovaných vlastností potraviny obsahující lepek procházejí kombinací tepelného i netermického zpracování, které může ovlivnit strukturu lepku a jeho vlastnosti. U osob trpících celiakií lepek může způsobovat vážné zdravotní problém. K detekci přítomnosti lepku jsou k dispozici různé analytické metody zajišťující, bezpečnost potravin neobsahujících lepek [43].

AMK-profil

Aminokyseliny jsou organické sloučeniny složené z dusíku, uhlíku, vodíku a kyslíku spolu se skupinou variabilních postranních řetězců. Člověk potřebuje 20 různých aminokyselin, pro růst a splnění biologických funkcí. Devět aminokyselin řadíme mezi esenciální [44]. Jedná se o histidin, isoleucin, leucin, lysin, methionin, fenylalanin, threonin, tryptofan a valin. Na rozdíl od neesenciálních aminokyselin si esenciální aminokyseliny nedokáže vytvořit tělo člověka samo a je třeba je přijímat se stravou. Arginin a histidin jsou považovány za semiesenciální aminokyseliny [45]. Nejlepším zdrojem esenciálních aminokyselin jsou živočišné bílkoviny, jako je maso, vejce a drůbež. Bílkoviny se štěpí na aminokyseliny, které pak slouží tělu jako stavební kameny při různých procesech, jako je budování svalů či regulace imunitní reakce [46]. Mezi neesenciální řadíme alanin, asparagin, kyselinu asparagovou, glutamin, kyselinu glutamovou, tyrosin, glycin, prolin a serin. Z hlediska esenciálních aminokyselin, pšeničný protein obsahuje největší množství argininu, valinu a leucinu a neesenciální kyselinu glutamovou, asparagovou a glycin. Téměř každá aminokyselina se může vyskytovat ve dvou různých formách L nebo D. Formy mají stejný chemický vzorec, ale jejich molekulární struktury jsou navzájem zrcadlovými obrazy, které v organismu plní různé funkce [47].

L-Arginin je semiesenciální aminokyseliny, která je nejvíce zastupovanou AMK proteinů pšeničných otrub. Arginin je substrátem pro produkci oxidu dusnatého vaskulárními endoteliálními a imunitními buňkami. Produkce oxidu dusnatého těchto buněk je nezbytná jak pro regulaci krevního tlaku, tak pro regulaci imunity. Omezené důkazy naznačují, že doplňky

L-argininu mohou zvýšit výkon při cvičení zvýšením oxidu dusnatého v těle, což zlepšuje průtok krve a okysličování svalů [48][49].

Valin je proteinogenní aminokyselina, která má v proteinu pšeničných otrub vyšší zastoupení. Valin je alifatická a extrémně hydrofobní esenciální aminokyselina. Nachází se většinou uvnitř globulárních proteinů. Valinové doplňky se používají pro růst svalů, regeneraci tkání a pro získání energie [50]. Příjem valinu je 32 mg na 1 g bílkoviny v potravě [51].

L-leucin je esenciální aminokyselina s rozvětveným řetězcem. Patří do skupiny BCAA aminokyselin. Je zvláště důležitý pro obnovu a budování svalů. Jelikož je leucin esenciální aminokyselina, člověk ho musí přijímat ve stravě. Přestože je nedostatek leucinu vzácný, jeho dostatek je důležitý pro řízení hladiny cukru v krvi a pro prevenci úbytku svalů, zejména u starších lidí [52][53]. Dobrým zdrojem leucinu jsou vejce, semena ovesa nebo luštěnin a také sportovní doplňky stravy jako jsou tyčinky a koktejly s BCAA. Pro většinu dospělých je doporučený denní příjem 55 mg na kg tělesné hmotnosti [54].

Glutamát neboli kyselina L-glutamová je opticky aktivní formou a proteinogenní aminokyselinou. Kyselina glutamová je nejčastějším excitacním neurotransmiterem v CNS a je nejhojnější aminokyselinou v krvi a dalších tělesných tekutinách [55]. Doporučená denní dávka těchto doplňků se může pohybovat od 500 do 2 000 mg [56].

Glycin pomáhá tělu vytvářet glutathion, důležitý antioxidant, který chrání buňky před oxidačním poškozením způsobeným volnými radikály [57]. Užívání 3 gramů glycinu před spaním snižuje dobu usínání, čímž se zlepšuje kvalita spánku, snižuje se ospalost během dne a zvyšuje se soustředěnost [58].

Kyselina asparagová, L-forma je neesenciální aminokyselina. D-forma hraje roli při tvorbě a uvolňování hormonů v těle. Kyselina D-asparagová může zvýšit uvolňování hormonu v mozku, což nakonec povede k produkci testosteronu [47]. Tyto funkce jsou důvodem, proč je kyselina D-asparagová populární v doplňcích stravy [59].

2.6 Izolace proteinů

Nejpoužívanější metodou pro izolaci proteinů z rostlinných materiálů je pH-shift. Základem této metody posunu pH je solubilizace proteinů v alkalickém prostředí (pH 11,0) a jejich následné srážení při dosažení izoelektrického bodu proteinů v kyselém prostředí (pH 4–5). Solubilizace probíhá za stálého míchání, proteiny jsou extrahovány vodnou frakcí, která je následně oddělena centrifugací. V takto získaném supernatantu se po úpravě pH na hodnotu 4,5-5 začnou srážet bílkoviny. Precipitaci lze podpořit ochlazením supernatantu. Srážené bílkoviny se od vodné frakce oddělí opět centrifugací. Nakonec je vzorek zmražen na $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$, zlyofilizuje se, čímž se získá se bílkovinný izolát [60].

2.7 Analýza proteinů

Kjeldahlova metoda

Metoda dle Kjeldahla má univerzální použití pro vzorky potravin a potravinářských surovin, u nichž není obsah dusíku příliš nízký, a pro vzorky neobsahující větší množství dusitanů a dusičnanů. Dusíkaté látky přítomné ve vzorku jsou nejprve převedeny na amonné ionty (síran amonný) mineralizací varem s koncentrovanou kyselinou sírovou za přítomnosti katalyzátoru. Z těchto iontů se alkalizací uvolní amoniak, který se po destilaci s vodní parou jímá do předlohy s přebytkem kyseliny sírové za vzniku síranu amonného. Množství nezreagované kyseliny sírové se stanoví titračně, vypočítá se obsah dusíku a následně s využitím příslušného přepočítávacího faktoru obsah hrubé bílkoviny [61].

Analyzátory CHNS

Elementární analyzátory CHNS poskytují prostředky pro rychlé stanovení uhlíku, vodíku, dusíku a síry v organických matricích a jiných typech materiálů. Jsou schopny zpracovat širokou škálu typů vzorků, včetně pevných látek, kapalin, těkavých a viskózních vzorků v oblasti farmaceutik, polymerů, chemikálií, životního prostředí, potravin a energie.

Ve spalovacím procesu (pec při asi 1000 °C) se uhlík ve vzorku přeměňuje na oxid uhličitý; vodík na vodu; dusík na dusík na oxidy dusíku a plynný dusík a síra na oxid siřičitý. Pro odstranění nechtěných produktů spalování jsou používány adsorbenty. Produkty spalování jsou vymetány ze spalovací komory inertním nosným plynem, jako je helium, a vedeny přes zahřátou (asi 600 °C) vysoce čistou měď. Tato měď může být umístěna na dně spalovací komory nebo v samostatné peci. Funkcí této mědi je odstranit veškerý kyslík nespotřebovaný při počátečním spalování a přeměnit všechny oxidy dusíku na plynný dusík. Plyny pak procházejí absorpčními lapači, aby zůstal pouze oxid uhličitý, voda, dusík a oxid siřičitý. Detekce plynů může být prováděna různými způsoby, včetně (1) separace GC následované kvantifikací pomocí detekce tepelné vodivosti (2) částečné separace pomocí GC následované detekcí tepelné vodivosti, nebo (3) sérií samostatných infračervených a tepelných vodivostních článků pro detekci jednotlivých sloučenin. Kvantifikace prvků vyžaduje kalibraci pro každý prvek pomocí je acetanilidu a kyseliny benzoové [62].

2.8 Senzorická analýza

Pojem sensorická (organoleptická, smyslová) analýza zahrnuje hodnocení vzorku všemi pěti lidskými smysly: zrakem, čichem, chutí, hmatem a sluchem. Lidský faktor ovlivňuje posouzení parametru provedené sensorické analýzy. Každý hodnotitel lehce jinak cítí texturu tyčinky na základě individuálního smyslového vnímání. Vjemy jsou pak zpracovány centrálním nervovým systémem, kde nervy ústí do určitých oblastí podle toho, jaký druh informace přenášejí. Signály generované v nervových zakončeních jsou přenášena přes centrální nervový systém do mozku, kde každý smysl má svou určitou oblast v mozkové kůře a dále jsou integrovány/asociovány s minulými zkušenostmi, očekáváními a další koncepční faktory [63][64][65][66].

Senzorická analýza slouží k charakterizaci a optimalizaci kvality produktu. Organoleptické testování se využívá při vývoji nových produktů (např. srovnávání s konkurencí – konzumentské a akceptační testy), zlepšování výrobků a technologických postupů, stanovení doby minimální trvanlivosti a sledování změn během skladování. Všechny analýzy musí probíhat v prostorách upravených k tomuto účelu dle normy ČSN EN ISO 8589 (změna A1 02.15) za podmínek, které zajišťují objektivní, přesné a reprodukovatelné měření [65].

Existuje řada různých sensorických metod, které jsou k dispozici pro kvalitní kontrolu v potravinářském průmyslu. Dále budou stručně popsány vybrané metody a diskutovány, včetně jejich výhod a nevýhod, příkladů použití atd. Testy se podle vyžadovaného proškolení účastníků/hodnotitelů a relevance kontroly (QC) kvality nejčastěji rozděluje na 3 hlavní skupiny: vysoké, střední a nízké:

2.8.1 Metoda deskriptivních specifikací (DS) – high QC

Základem metody deskriptivních specifikací je vývoj sensorických specifikací pro hotové výrobky a zajištění jejich kvality. Metoda přesně popisuje, jak by měl produkt vypadat, vonět a chutnat a lze jej snadno rozšířit na měření textury tam, kde je to nutné.

Metoda je velmi objektivní, protože není závislá na subjektivním vnímání produktu hodnotiteli. Výsledky lze korelovat s instrumentálním i spotřebitelským měřením. Je vyžadován dobře vyškolený senzorický panel s přibližně 10 prověřenými účastníky.

Požadované množství vychází z toho, že každý účastník senzorického testu provede jedno posouzení ze všech způsobů uvažovaných ve specifikaci. Toho lze dosáhnout s docela jednoduchým papírovým hlasováním nebo pomocí standardního senzorického softwaru [67].

2.8.2 Metoda škálování – medium QC

Škálování může být užitečné tam, kde je jednotka kvality úzce přiřazena k výzkumu a vývoji, a proto využívá panel pro kvantitativní popisný profilování výzkumu a vývoje. Metoda umožňuje hodnotit rozdíly mezi několika vzorky na základě intenzity nebo příjemnosti vybraného parametru nebo celkového dojmu. Tato metoda je úzce spojena s kvantitativním profilováním, ale obecně se používá pro zjišťování senzorického rozdílu mezi vzorky. Metoda je vhodná pro hodnocení třídění rozdílných vzorků nebo určení různých vlivů na velikost intenzity jednoho nebo více parametrů (např. ředění, vliv surovin, vlivy výroby nebo skladovacích podmínek) na základě popisného kritéria nebo podle preferencí příjemnosti a k určení pořadí preferencí při zkoušce celkové příjemnosti.

Zkouška spočívá v tom, že hodnotitel obdrží v náhodném pořadí skupinu vzorků a jeho úkolem je ohodnotit vzorky podle příjemnosti nebo intenzity vlastností (např. sladkost, tvrdost, lepivost atd.). Vzorky jsou kódovány třímístnými čísly a prezentovány každému členovi panelu v náhodně vyváženém pořadí. Hodnocení lze provést pomocí papírových dotazníků. Pro určení preferencí konzumenty je doporučované minimum 30 posuzovatelů. Všechny vzorky musí být připravovány a podávány za stejných podmínek a musí být zakódované. Užitečnou adaptací této metody je změna měřítka pouze jednoho atributu. Toto se nazývá cílené škálování [67][68].

2.8.3 Test 1 ze 3, nebo Triagle test – low QC

Podstatou triangle testu je ze skupiny 3 kódovaných vzorků určit ten, který se liší. Metoda může být velmi citlivá na malé rozdíly, a proto může také vytvářet mnoho falešných pozitiv. Doporučuje se tento test provádět s šestinásobky počtu hodnotitelů (6, 12, 18 atd.) Norma ISO (ČSN EN ISO 4120) pro zkoušky testem 1 ze 3 definuje požadovaný počet hodnotitelů v závislosti na cíli testu. K testu mohou být přiloženy další otázky pro získání podrobnější informace o povaze rozdílů. Pokud pro hodnotitele není jisté, který ze vzorků je odlišný, použije se nucená volba, při které musí hodnotitel jeden ze vzorků označit jako odlišný. Hodnotiteli nelze vybrat volbu „bez rozdílů“ [67][68]. Příklad dotazníku je uveden v příloze.

2.9 Statistické zpracování a vyhodnocení senzorické analýzy

Pro objektivní zpracování experimentálních dat se standardně využívají hypotézové testy. Nejčastěji používanými testy jsou studentův T-test a analýza rozptylu (ANOVA).

2.9.1 Testování vědeckých hypotéz

Z hlediska statistického vyhodnocení, před prováděním jakýchkoli experimentálních měření je nezbytné uvést testovanou navrhovanou hypotézu – H_1 , a nulovou hypotézu – H_0 . Navrhovaná hypotéza obvykle ukazuje, že studovaný faktor skutečně způsobuje nějaký „účinek“ nebo „změna hodnoty“. Nulová hypotéza obvykle ukazuje „žádný faktorový účinek“ nebo „Status quo“. Vědecký experiment musí být přesný ohledně předmětu měření. Indikátorem se při výběru, která hypotéza je považována za správnou vystupuje měřená fyzikální, chemická nebo biologická proměna. Je také důležité, aby jakákoli „vágní“ terminologie byla přesně definována [86].

2.9.2 ANOVA

ANOVA tvoří soubor analytických testů, které lze použít k identifikaci možných rozdílů průměrných hodnot více než dvou vzorků dat. Provádí ANOVA F-test k posouzení, zda je celkový rozptyl v hodnotách dat ze všech vzorků výrazně větší, než vlastní experimentální rozptyl v každém vzorku. Pokud F-test poskytne významný výsledek, pak lze usoudit, že existuje významný rozdíl mezi středními hodnotami vzorků [86].

3 PRAKTICKÁ ČÁST (EXPERIMENTALNÍ)

3.1 Chemikálie

Demineralizovaná voda, destilovaná voda, roztok hydroxidu sodného 1 mol/dm³, roztok kyseliny citronové 1 mol/dm³.

3.2 Přístroje

Míchačka hřídelová (BIOSAN Multi Mixer MM-1000), centrifuga (Hittech ROTINA 420 R), pH – elektroda, předvážky (DENVER INSTRUMENT S – 4002), mrazárna na -80 °C, stolní lyofilizátor (FreeZone 1L firmy Labconco), kuchyňské přístroje a přístroje na analýzu.

3.3 Laboratorní pomůcky

Běžné laboratorní sklo (Simax), plastové zkumavky se závitovým uzávěrem 50 ml, automatické pipety (Thermo Scientific), plastové špičky, plastové centrifugační zkumavky 600 ml.

3.4 Pšeničné otruby

Pro účely dané bakalářské práce byly použity pšeničné otruby od firmy Mlýny J. Voženílek, spol. s r. o. z Předměřic nad Labem, Česká republika. Otruby přetříděné z obilných zrn pšenice se skládají z vnější vrstvy zrna a zbytku dalších částí zrna, kromě endospermu. Přibližná hodnota vlhkosti materiálu je 15 %, obsah bílkoviny cca 14 %, ale využití množství je jen 8 % z důvodu použité metody pro izolaci proteinu. Skladování otrub v namletém stavu proběhlo za pokojové teploty. Celkové složení pšeničných otrub uvedeno v tabulce 9.

Tabulka 9 Složení pšeničných otrub „Mlýny J. Voženílek“

Parametr	Jednotky	Výsledek	Směrodatná odchylka
Sušina	% ve vzorku	86	1,8
Spalitelné látky	% v sušině	94,1	1,9
Škrob	% ve vzorku	11,9	0,7
Redukující sacharidy	% ve vzorku	4,73	0,2
Tuk celkový	% ve vzorku	4,94	0,3
polynenasycené mastné kyseliny	% zastoupení v tuku	60,4	2,1
Mononenasycené mastné kyseliny	% zastoupení v tuku	22,6	1,4
Nasycené mastné kyseliny	% zastoupení v tuku	17,1	1,1
Dusík celkový	% ve vzorku	2,63	0,15
Sodík	% ve vzorku	0,009	0,001
Vápník	% ve vzorku	0,075	0,01
Draslík	% ve vzorku	1,27	0,21
Hořčík	% ve vzorku	0,45	0,09
Fosfor	% ve vzorku	1,37	0,07

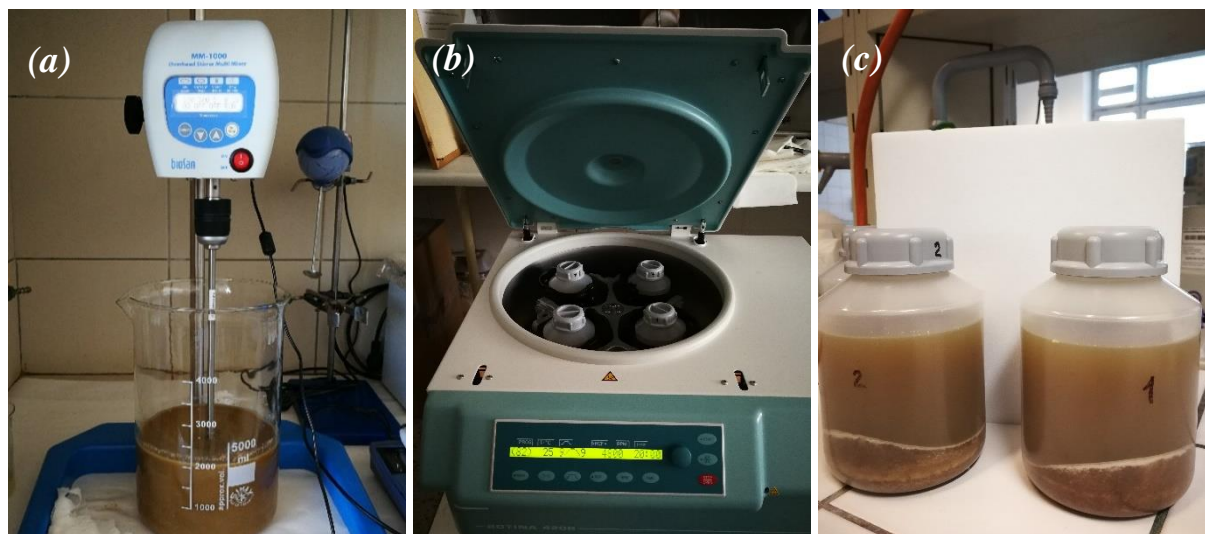
3.5 Proces izolace proteinů

Izolace proteinu probíhala podle postupu dle Hubáčová [38] s názvem „Výroba a charakterizace proteinových koncentrátů z pšeničných otrub“. První fází izolace bylo namletí otrub. Mletí bylo realizováno pomocí kuchyňského stolního mlýnku, zobrazeného na obrázku 5. Dále byly připraveny roztoky 1M NaOH a 1M kyseliny citronové.



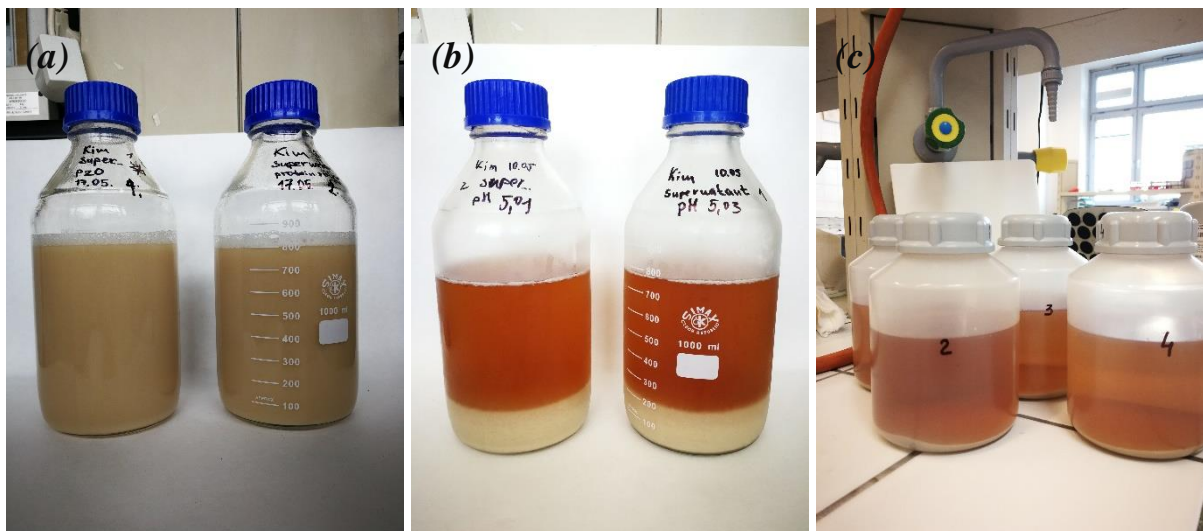
Obrázek 5 Mletí pšeničných otrub

Následně bylo do kádinky o objemu 5 l přidáno 125 g předem namletých otrub a 1,8 litru destilované vody. Tato suspenze byla upravena na pH 11 pomocí 1M roztoku NaOH. Směs byla dále promíchávána po dobu 2 hodin pomocí míchacího zařízení Biosan MM-1000 nastaveného na 130 ot./min (ob). Během míchání byla udržována stabilní hodnota pH, která byla kontrolována pomocí pH – elektrody.



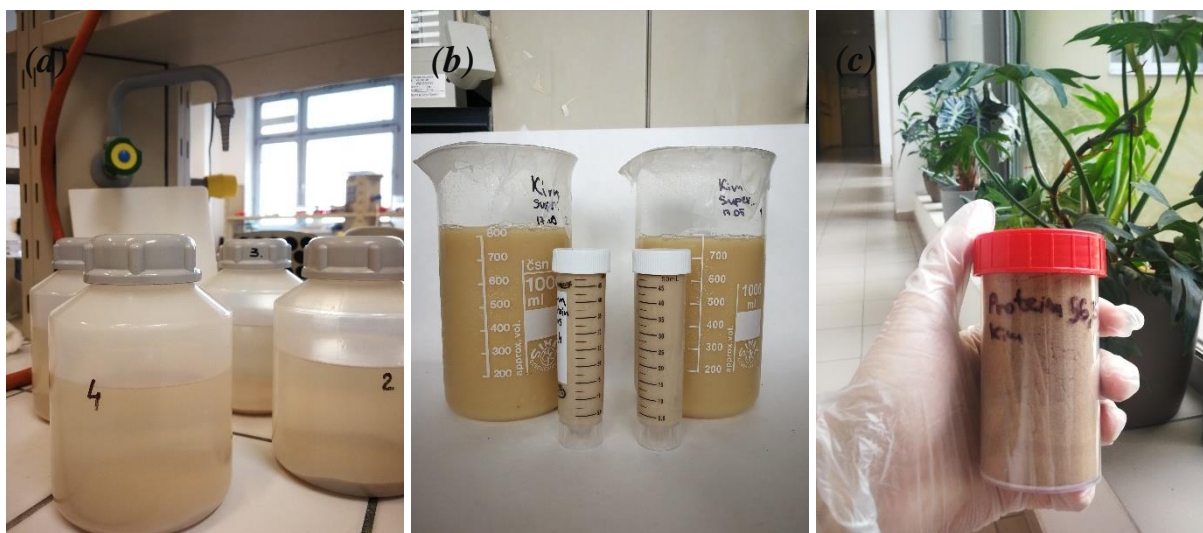
Obrázek 6 Extrakce (a); centrifugace (b); vzorek po centrifugaci (c)

Po ukončení extrakce byl vzorek kvantitativně převeden do 4 velkých centrifugačních zkumavek o objemu 600 ml. Před samotnou centrifugací byly paralelní zkumavky vyváženy s přesností na 0,1 g. Centrifugace probíhala 20 min při nastavení 4800 RPM, akcelerace 9, teplota 26 °C. Při centrifugaci byl úspěšně oddělen pevný a kapalný podíl předchozí suspenze, jak je zobrazeno na obrázku 6. V dalším kroku byl supernatant slit do dvou lahví o objemu 1 l, hodnota pH byla pomocí 1M kyseliny citrónové upravena na hodnotu 4,5 – 5, čímž došlo k precipitaci bílkovin. Po okyselení se supernatant přes noc umístil do lednice (4 °C), což podpořilo srážení bílkovin z roztoku. Průběh precipitace bílkovin je znázorněn na obrázku 7.



Obrázek 7 Vzorek před vysrážením (a); po vysrážení (b); po odstředění (c)

Po době cca 24 hodin bylo pH roztoku ještě jednou zkontrolováno, pak byl roztok převed do centrifugačních zkumavek a centrifugován (obrázek 7 c). Odstředěný protein byl izolován z roztoku a následně promýván cca 400 ml destilované vody. Po opětovné centrifugaci byl bílkovinný sediment kvantitativně převeden do menších zkumavek o objemu 50 ml a po zmražení na $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ byl lyofilizován. Lyofilizované izoláty proteinu byly homogenizovány pomocí třecí misky s tloučkem a byly použity na výrobu proteinových tyčinek. Provedení izolace se provádělo podle metody dle Piotrowicz [60].



Obrázek 8 Vzorek po čištění (a); před lyofilizací (b); po lyofilizaci (c)

3.6 Suroviny a postup přípravy proteinových tyčinek

Bylo vyrobeno celkem 6 vzorků proteinových tyčinek. Složení vzorků bylo koncipováno s cílem ověřit vliv přídatku syrovátkového a otrubového proteinu na chemické a senzorické vlastnosti výrobku. Byly testovány různé přídatky proteinových izolátů. Tabulka 10 uvádí

složení vybraných surovin, podrobné složení tyčinek je popsáno v tabulce 11 Základními surovinami pro výrobu proteinových tyčinek byly:

- Ovesné vločky;
- Arašídové máslo;
- Voda;
- Proteinový koncentrát ze syrovátky/otrub;
- Stévie.

Do mísy mixéru byly nasypány vločky a proteinový prášek. Tato suchá směs byla homogenizována a následně se k ní byly přidány tekuté složky (arašídové máslo, voda, stévie), vše za pokojové teploty. Těsto bylo zpracováno do stejnorodé konsistence, ze kterého byl vyválen plát o tloušťce cca 1 cm. Nakonec bylo dílo vloženo do mrazáku. Takto upravené těsto se nechává chladit cca 1 hodinu. Po hodině se vytáhne z mrazáku a ostrým nožem se nakrájí na menší tyčinky.

Tabulka 10 Složení jednotlivých komponentů tyčinek na 100 g výrobku

	Vilgain* Minutové ovesné vločky	Vilgain Arašídové máslo	Vilgain Whey Protein	K113
Energetická hodnota	1522	2596	1683	1542
Kalorická hodnota	364	627	398	369
Tuky	7,5	51,7	7	1,01
- z toho nasycené MK	1,3	7,5	4,4	0
Sacharidy	54	11,8	6	0
- z toho cukry	1,1	4,8	6	0
Vláknina	11	6,8	0	6,30
Bílkoviny	14	25,2	78	84,65
Sůl	0,01	0	0,38	0

* společnost poskytující komponenty

Tabulka 11 Složení a označení jednotlivých vzorků tyčinek

	S1	S2	S3	O1	O2	O3
Ovesné vločky [g]	50	50	50	50	50	50
Arašídové máslo [g]	50	50	50	50	50	50
Voda [g]	30	30	30	30	30	30
Stévie [g]	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Protein [g]	2,5	7,5	12,5	2,5	7,5	12,5

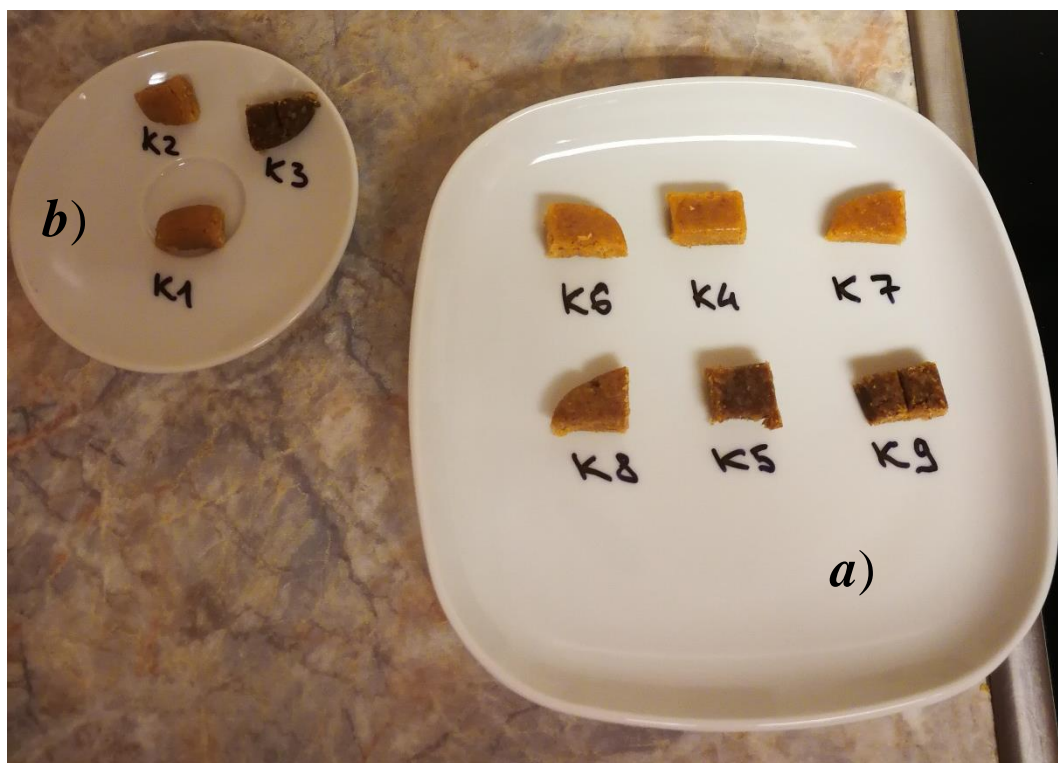
3.7 Senzorická analýza vyrobených tyčinek

Kapitola poskytuje přehled dvou provedených testů. Jejich princip a postup provedení, přehled a očekávané výsledky. Testy byly provedeny ve specializované pro senzorickou analýzu laboratoři fakulty chemické na VUT v Brně. V analýze se zúčastnilo celkem 27 hodnotitelů. Na hodnocení a posouzení vyrobených tyčinek byl nachystaný dotazník předem dohodnutý s vedoucím bakalářské práce (více příloha).

3.7.1 Metoda škálování (včetně cíleného škálování)

Za cílem celkového vyhodnocení proteinových tyčinek vyrobených z otrubového lyofilizátu a syrovátkového proteinu byla provedena senzorická analýza metodou škálování. Stručný popis této metody je uveden v kapitole 2.8.2. Celkem 6 vzorků proteinových tyčinek bylo aseptický

nakrájeno a nachystáno pro následující konzumaci (obrázek 9). Kousíčky tyčinek byly uspokojivé velikosti pro posouzení sensorických vlastností předložených v dotazníku ke vyhodnocení. Jako normalizátor chutě byla použita voda. Na základě testu byla obdržena data, která byla dále zpracovaná a popsána ve výsledné diskusi v kapitole 4.3.



Obrázek 9 Přehled vzorků pro sensorickou analýzu: a) Metoda škálování; b) Triangle test

3.7.2 Test 1 ze 3, nebo Triagle test

Za účelem posouzení sensorické odlišnosti tyčinek byl proveden Trianglovy test, popsány v 2.8.3. Rozpoznávání rozdílů probíhalo mezi tyčinkou S2 vyrobené se středním přídatkem 5 % syrovátkového proteinu a tyčinkou O2 se středním množstvím přidaného otrubového lyofilizátu 5 %. Na základě testu byla obdržena data, která byla dále zpracovaná a popsána ve výsledné diskusi v odkazů.

3.8 Statistické porovnání vyrobených tyčinek

Na základě sensorické analýzy proteinových tyčinek byl sestaven dataset, který byl dále statisticky zpracován. Pro posouzení rozdílů mezi vyrobenými proteinovými tyčinkami byl aplikován Kruskal-Wallisova ANOVA. Pracovalo se se dvěmi hypotézami: H_0 – mezi proteinovými tyčinkami není rozdíl, H_1 – mezi tyčinkami rozdíl je. Testování hypotéz bylo realizováno na hladině významnosti $\alpha=0,05$. Hlavním výstupem K-W ANOVA byly P hodnoty pro jednotlivé proměnné. V případě, kdy $P > \alpha$, byla zachována nulová hypotéza. V opačném případě byla nulová hypotéza zamítnuta.

4 VÝSLEDKY A DISKUZE

4.1 Chemické složení a nutriční vlastností vyrobených proteinových tyčinek

V rámci této bakalářské práce bylo vyrobeno celkem 6 druhů proteinových tyčinek. Pro výrobu byly použity dva základní proteinové prášky: komerční syrovátkový koncentrát se zastoupením bílkoviny 78 % (vzorky S) a v laboratoři izolovaný protein z pšeničných otrub s obsahem bílkovin 85 % (vzorky O). Doplnky stravy byly vyrobené dle postupu popsaného v kapitole 3.6. Vzhledem k tomu že s 750 g otrub bylo vyizolováno cca 56,3 g lyofilizátu z pšeničných otrub, účinnost pšeničného lyofilizátu činí 7,5 %. Kompozice surovin v jednotlivých tyčinkách je prezentována v tabulce 11. Nutriční hodnoty jednotlivých vzorků jsou prezentovány v tabulce 12.

Tabulka 12 Celkové výživové údaje vyrobených proteinových tyčinek

g na 100 g výrobku	Průměr trhu	S1 (2%)*	S2 (5%)*	S3 (9%)*	O1 (2%)*	O2 (5%)*	O3 (9%)*
Energetická hodnota [kJ]	1643	1576	1580	1584	1574	1573	1572
Kalorická hodnota [kcal]	393	379	380	381	379	378	378
Tuky	16,95	22,3	21,8	21,3	22,2	21,5	20,7
- z toho nasycené mastné kyseliny	0	3,4	3,4	3,5	3,3	3,2	3,1
Sacharidy	30,72	24,8	24,1	23,5	24,7	23,8	23,0
- z toho cukry	12,02	2,33	2,46	2,58	2,21	2,13	2,06
Vláknina	10,73	6,7	6,4	6,2	6,796	6,778	6,761
Bílkoviny	31,51	16,2	18,4	20,5	16,3	18,8	21,1

* vzorky se liší přidavkem proteinu: S – syrovátkový, O – otrubový. V závorkách je uvedeno množství přidavku daného proteinu

Z hlediska energetické a kalorické hodnoty se od sebe tyčinky obohacené syrovátkovým a otrubovým proteinem zásadně neliší. Energetická hodnota produktů se pohybuje od 1572 kJ do 1584 kJ. Tyto parametry jsou z hlediska sportovní výživy zásadní. Při porovnání s obdobnými výrobky na trhu mají předkládané tyčinky mírně nižší nebo srovnatelnou energetickou a kalorickou hodnotu. Standardní energetický výdej sportovců se značně liší. Energetické nároky jsou závislé na intenzitě výkonu, délce trvání, frekvenci a váze osoby. Energie je potřebná pro všechny biosyntetické reakce a pro udržení vnitřního prostředí organismu. Vzhledem k tomu je důležitá dostatečná kalorická hodnota tyčinky pro splnění všech bazálních potřeb organismu. Energetický výdaj organismu související s činností svalů je závislá na druhu vykonávané aktivity – aktivita pracovní, rekreační nebo sportovní [69]. Na základě hodnot energetických výdajů, uvedených v tabulce 13, by proteinová tyčinka o hmotnosti 50 g (doplnit konkrétní hodnotu energie) mohla vyvážit energetickou potřebu po aktivitách lehčího charakteru. Může sloužit jako dobrá svačina nejenom po lehkém tréninku, ale i v průběhu běžných aktivit v domácnosti. V případě 100 g tyčinek se tento žebříček rozšiřuje o intenzivnější aktivity, například volejbal, plavání nebo kondiční posilování. Konzumace 2 proteinových tyčinek by teoreticky měla pokryt energetické nároky 70 kg jedince na uběhnutí maratonu (cca 3000 kJ) [69]. Nemohou však zastávat pozici hlavního dietárního příjmu.

Tabulka 13 Hodnoty energetických výdajů pro vybrané činnosti a sportovní aktivity [70]

kJ/h	kcal/h	Standardní domácí a fyzické aktivity
do 400	do 96	spánek, čtení, psaní, práce na PC, sledování televize, řízení auta
400 - 800	96 - 191	žehlení, jídlo a vaření, praní a hygiena, oblékání, mytí nádobí, biliard
800 - 1000	191 - 239	vytírání podlah, zahradničení, lite aerobic, nakupování, chůze (4 km/h)
1000 - 1500	239 - 359	drhnutí podlah, vysávání, čištění oken, stolní tenis, volejbal, tanec, chůze (6 km/h), většina rekreačních sportů
1500 - 1900	359 - 454	běh (8 km/hod), bruslení, sexuální aktivita, intenzivní aerobik, fotbal, horská turistika, plavání na prsou, kondiční posilování
1900 - 2100	454 - 502	jízda na kole (20 km/hod), alpské lyžování, tenis, kanoistika, chůze po schodech, štípaní dřeva, tanec (soutěžní), plavání - kraul, basketbal
2100 - 2500	502 - 598	rychlý běh, X-country lyžování, plavání (závodní), horolezectví, odklizení sněhu, florbal, skákání přes švihadlo, squash, badminton

Další významnou nutriční charakteristikou vyrobených proteinových tyčinek je obsah tuku. Zastoupení tuku v produktech se pohybuje od 22,3g do 20,7 g. Při porovnání s analogickými výrobky na trhu mají navrhované tyčinky o 33 % vyšší hodnotu obsaženého tuku. Takže z hlediska obohacení jedlička rostlinným tukem předkládané tyčinky jsou výhodnější. Se zvyšujícím se podílem přidaného proteinu se marginálně snižuje podíl tuků. Rozdíl v obsahu tuku mezi tyčinkami ze syrovátkového a otrubového proteinu je minimální. Při porovnání s obdobnými výrobky na trhu mají předkládané tyčinky vyšší obsah tuku vzhledem k použití arašídového másla, jako majoritního zdroje tuků a bílkovin. Dietní doporučení týkající se příjmu tuků pro sportovce se zásadně neliší od standardní diety. Údržba energetické bilance, doplnění mezipřevodných zásob triacylglycerolu a adekvátní konzumace esenciálních mastných kyselin jsou pro sportovce důležité a všechny slouží jako důvody pro zvýšený příjem dietních tuků [71]. Množství doporučeného denního příjmu tuků se může lišit v závislosti na intenzitě tréninků. Doporučuje se příjem nižšího množství tuku pro sportovce (přibližně 30 % jejich denního kalorického příjmu), přičemž jejich podíl je až 50 % denních kalorií mohou sportovci bezpečně přijmout během pravidelných velkoobjemových tréninků [71].

Z hlediska povahy vyráběných doplňků stravy je obsah proteinu nejvýznamnějším parametrem. Zastoupení bílkovin v připravených produktech se pohybuje od 16,2 g do 21,1 g. Vzorčky vyráběné ze syrovátkového a otrubového proteinu se z pohledu obsahu hrubé bílkoviny neliší. Rozdílný je však aminokyselinový profil (viz kapitola 2.5.1.1). Při porovnání s obdobnými výrobky na trhu mají předkládané tyčinky nižší obsah bílkovin. Rozdíl se pohybuje od 34 % do 48 % v závislosti na množství přidaného proteinového materiálu. Nižší obsah bílkoviny lze odůvodnit použitím arašídového másla jako majoritního komponentu tyčinek (činí cca 36 % hm. tyčinky). Za účelem optimalizace nutričního složení tyčinek z hlediska obsahu bílkovin, by arašídové máslo mohlo být částečně nahrazeno méně tučným rostlinným zdrojem bílkoviny. Jak už bylo zmíněno v kapitole 2.1, standardní doporučená denní dávka bílkovin je 0,8 – 1,0 g/kg tělesné váhy, ale mění se vzhledem k aktivitě jedince. Doporučuje se, aby sportovci v mírně intenzivním tréninku konzumovali 1,2–2,0 g/kg/den bílkovin, zatímco při tréninku o velkém objemu a intenzitě 1,7–2,2 g/kg/den bílkovin [72][73]. Tato potřeba bílkovin by pokryla konzumace 3 – 15 porcí kuřete nebo ryby (90 g) denně

pro sportovce s tělesnou váhou 50–150 kg [72][74]. Vyrobené tyčinky pokryjou 25 až 30 % standardní denní potřebu bílkovin osoby o hmotnosti 70 g. Však v rámci tréninku o velkém objemu u sportovců s tělesnou vahou 70-150 kg, tyčinka poskytne přibližně od 6 % do 13 % denní dávky bílkovin.

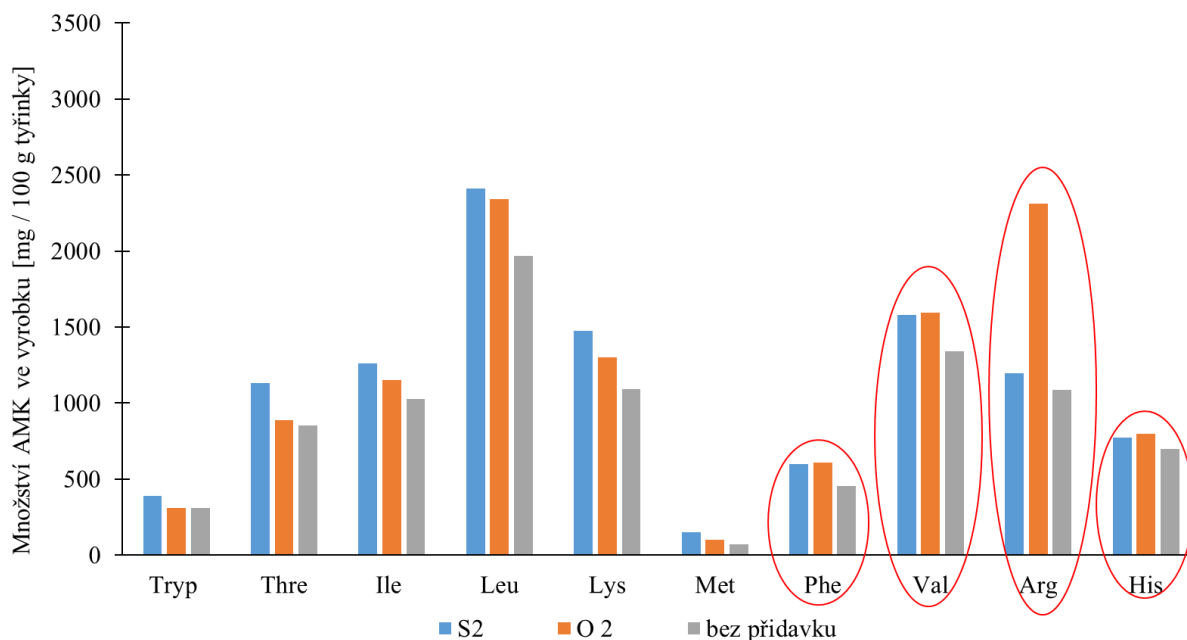
Z výše uvedených faktů lze vyplývá, že nutriční složení vyrobených tyčinek splňuje požadavky na kvalitní doplněk stravy pro sportovce. Nemohou však zastávat pozici hlavního zdroje všech nutričně významných látek.

4.2 Profil aminokyselin v testovaných tyčinkách

V rámci experimentální práce byly Na základě hodnot uvedených v tabulce 11 vyhodnoceny aminokyselinové profily obou druhů tyčinek (obrázek 10 a obrázek 11). Vyhodnocení bylo omezeno na tyčinky s průměrným obsahem přidaného proteinu, tedy na výrobky s označením S2 a O2, kde přídavek bílkoviny činil 5 % celkové hmotnosti produktu.

Červeně zakroužkované aminokyseliny na obrázcích 10 a 11 jsou nejvíce zastoupené u tyčinek s přídavkem bílkovinného lyofilizátu z pšeničných otrub. Následně jsou popsány dietární efekty každé aminokyseliny.

4.2.1 AMK-profil (esenciální AMK)



Obrázek 10 Zastoupení esenciálních AMK (střední hodnota přídavku proteinu, S2 a O2)

Arginin je semiesenciální aminokyseliny, která je nejvíce zastupovanou AMK u tyčinek s přídavkem bílkovinného izolátu z pšeničných otrub (např. tyčinka O2 – 2,3 g). Arginin je substrátem pro produkci oxidu dusnatého vaskulárními endoteliálními a imunitními buňkami. Produkce oxidu dusnatého těchto buněk je nezbytná jak pro regulaci krevního tlaku, tak pro regulaci imunity. Konkrétním příkladem je studie na 144 lidech, trpících poruchou regulace krevního cukru. Bylo zjištěno, že 6,4 g L-argininu denně po dobu 18 měsíců snižuje šance na rozvoj diabetu po dobu 90 měsíců ve srovnání se skupinou s placebem [75]. Lze posoudit, že tyčinka O2 splňuje víc než 1/3 denní dávky argininu za účely prevence rozvoje diabetu. Studie naznačují, že doplňky L-argininu mohou zvýšit výkon při cvičení zvýšením oxidu dusnatého v těle, což zlepšuje průtok krve a okysličování svalů [48][49].

Valin je proteinogenní aminokyselina a další majoritní AMK s větším zastoupením u tyčinek z rostlinného proteinu (např. O2). Valin udržuje duševní vitalitu, svalovou koordinaci a citový klid [50]. Denní potřeba je 32 mg na 1 g bílkoviny přijímanou s potravou [51]. Tyčinka O2 s přídatkem otrubového proteinu splní denní potřebu pro 50 g přijímané bílkoviny, což podle tabulky 1 je víc než polovina denní normy pro dospělého člověka o hmotnosti 70 kg.

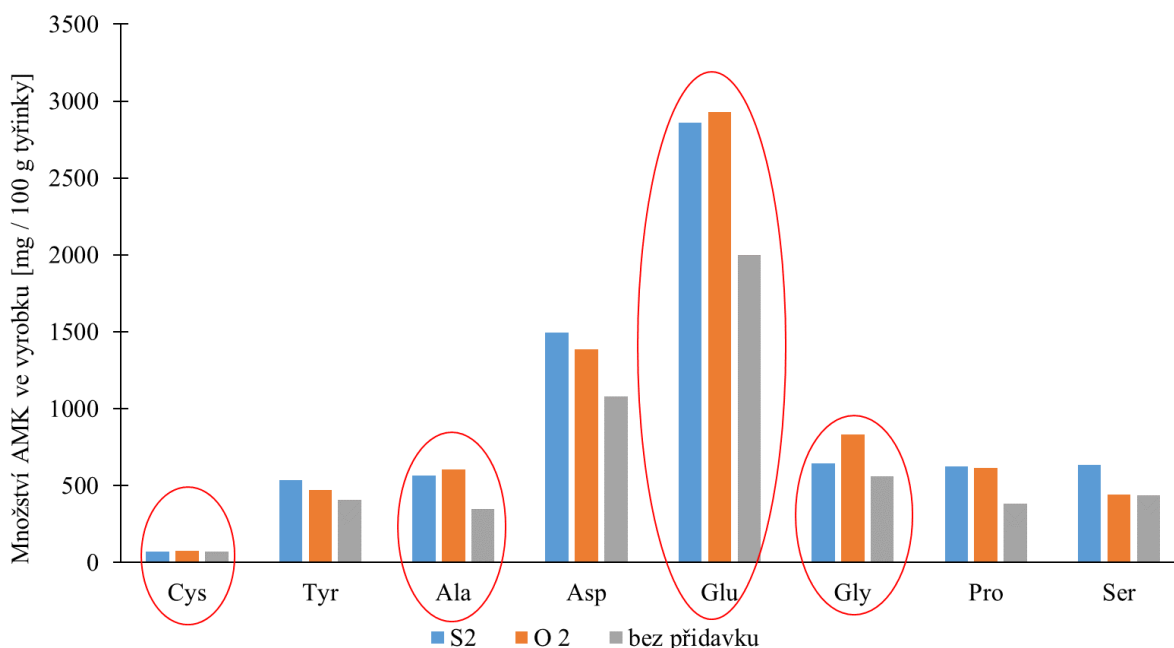
Histidin je další semiesenciální aminokyselina (děti by ji měly získávat z potravy) potřebná u lidí pro růst a regeneraci tkání. Množství histidinu jenom málo vzroste s přídatkem rostlinného proteinu místo syrovátkového. Histidin se používá k výrobě histaminu, neurotransmiteru, který je nezbytný pro imunitní odpověď, trávení, sexuální funkce a cykly spánku a bdění. Je důležitý pro udržení myelinového obalu, ochranné bariéry, která obklopuje nervové buňky. Histidin je také nezbytný pro výrobu krevních buněk a chrání tkáň před poškozením způsobeným radiací a těžkými kovy [50]. Denní potřeba histidinu je 18 mg na 1 g bílkoviny přijímanou s potravou [51]. Z toho vyplývá, že vyrobená tyčinka O2 splní přibližně 50 % od denní normy dospělého.

Fenylalanin hraje klíčovou roli v biosyntéze dalších aminokyselin a je důležitý ve struktuře a funkci mnoha proteinů a enzymů. Jeho množství ve 100 g tyčince splňuje cca 1/3 denní potřeby dospělé osoby o hmotnosti 70 kg [76]. Fenylalanin se přeměňuje na tyrosin, který je prekurzorem neurotransmiterů dopaminu a norepinefrinu. L-forma fenylalaninu je začleněna do proteinů. Ke kvantifikaci množství bílkovin se používá absorpce ultrafialového záření fenylalaninem [77]. Denní potřeba fenylalaninu 47 mg na 1 g bílkoviny přijímanou s potravou [51].

Prostudováním AMK profilu obou typů tyčinek byl pozorován jen malý rozdíl v zastoupení kyselin Ile, Leu a Val, které patří do skupiny BCAA. Tyčinky v značné míře obsahují tyto kyseliny. Tyčinky obohacené otrubovým proteinem obsahují celkem 5091 mg BCAA, kdežto tyčinky se syrovátkovým proteinem 5253 mg. I tak oba typy tyčinek splňují přibližně poloviční denní dávku BCAA, minimálně 9 g pro ženy a 12 g pro muže. Z hlediska zastoupení těchto AMK lze ohodnotit tyčinky jako průměrné tyčinkám představeným na trhu [9].

4.2.2 AMK-profil (neesenciální AMK)

Příjem neesenciálních AMK není tak nezbytný z hlediska přijímání potravou, protože si je náš organismus dokáže vytvořit sám. Avšak jejich množství musí být také dostatečné, protože jsou hlavními stavebními jednotkami bílkovin. Jak je zobrazeno na obrázku 11, nejvíce zastoupené neesenciální AMK v tyčinkách s obsahem bílkovin izolovaných z pšeničných otrub jsou následující čtyři aminokyseliny:



Obrázek 11 Zastoupení neesenciálních AMK (střední hodnota přídavku proteinu, S2 a O2)

Glutamát je nejvíc zastupovanou neesenciální AMK u tyčinek s přídavkem bílkovinného izolátu z pšeničných otrub (2,9 g v případě tyčinky O2). Doplnky stravy nejčastěji obsahuje glutamin, který je úzce spojen s kyselinou glutamovou. Doporučená denní dávka těchto doplňků se může pohybovat od 500 do 2 000 mg. Takže tyčinka splní celou denní potřebu [56].

Glycin pomáhá tělu vytvářet glutathion, důležitý antioxidant, který pomáhá chránit buňky před oxidačním poškozením způsobeným volnými radikály, o nichž se předpokládá, že jsou základem mnoha nemocí [57]. Podle grafu je vidět, že množství glycinu přibývá u tyčinky rostlinného původu. Kromě toho, užívání 3 gramů glycinu před spaním snižuje dobu usínání, čímž se zlepšuje kvalita spánku, snižuje se ospalost během dne a zlepšuje se poznávání [58]. Množství glycinu v tyčince O2 činí 0,8 g, což splňuje cca 1/3 doporučeného množství glycinu před spaním.

Alanin další neesenciální aminokyselina, která spolu s histidinem produkuje karnosin, který se poté ukládá do kosterních svalů [78]. Tím se snižuje jejich kyselování během cvičení s vysokou intenzitou, a tím pádem snižuje celkovou únavu [79]. Nelze objektivně posoudit o účinnosti tyčinek v případě zastoupení alaninu vzhledem k malému množství této kyseliny v tyčinkách.

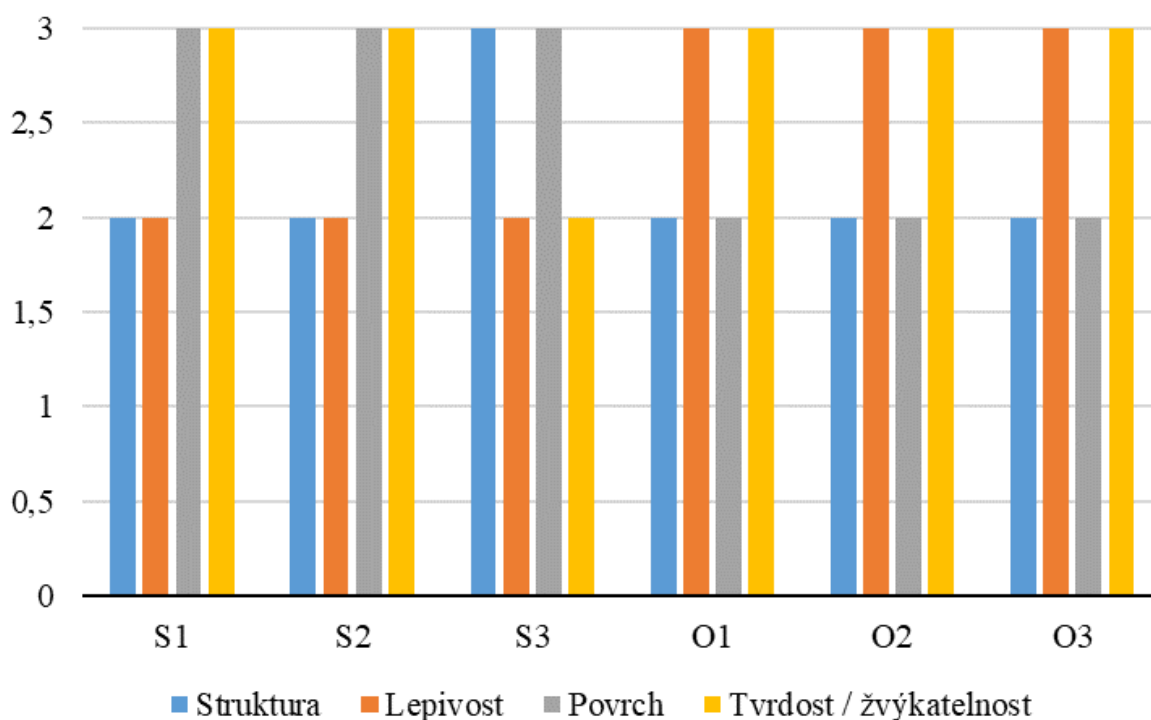
Cystein je neesenciální standardní aminokyselina, která může lidské tělo syntetizovat za normálních fyziologických podmínek, pokud je k dispozici dostatečné množství methioninu. Cystein je aminokyselina obsahující síru, která se nachází v potravinách. Funguje jako antioxidant při produkci kolagenu a v těle se také používá k tvorbě glutathionu, dalšího

důležitého antioxidantu [80]. Denní potřeba je 25 mg na 1 g bílkoviny přijímanou s potravou [51]. Z toho vyplývá, že vyrobená tyčinka O2 není dobrým zdrojem cysteinu.

Zbylé aminokyseliny vyskytují se v tyčinkách vyrobených s přidavkem otrubového lyofilizátu v menším množství.

4.3 Senzorická analýza vyrobených proteinových tyčinek

Senzorické vlastnosti doplňků stravy jsou zásadní pro celkovou přijatelnost spotřebitelem. Senzorická analýza vyrobených proteinových tyčinek byla provedena ve specializované senzorické laboratoři dle postupu popsaného v kapitole 3.7. Celkové senzorické hodnocení vzniklo získáním hodnocení 27 nezávislých hodnotitelů. V první řadě byly posuzovány texturní parametry Struktura, Lepivost, Povrch, Tvrdost/Žvýkatelnost. Vyhodnocení těchto parametrů je zobrazeno na obrázku 12.



Obrázek 12 Přehled hodnocení texturních vlastností tyčinek na základě senzorické analýzy

Struktura je prvním parametrem v popisu texturních vlastností. V rámci senzorického dotazníku, strukturou výrobku bylo myšleno hodnocení pevnosti, soudržnosti a sypkosti tyčinek. Všechny tyčinky mají medián hodnocení 2, kromě vzorku S3 ($P = 0,0008$). Toto pravděpodobně souvisí s nejvyšším přidaným množstvím syrovátkového proteinu do výrobku, tyčinka S3 proto hodnocena jako nejvíc soudržná. Pevnost tyčinky zajišťuje syrovátkový koncentrát. Sušená syrovátka je hygroskopická, reakcí s přidanou vodou se vytvoří gelová struktura, která drží všechny komponenty pohromadě [81]. Se zvýšením přidaného množství proteinového materiálu u tyčinek vyrobených s přidavkem syrovátky se zlepšuje hodnocení kvality struktury tyčinky (vzorek S3). V případě tyčinek s přidavkem lyofilizátu z pšeničných otrub ke zpevnění struktury nedocházelo. Z výsledků senzorické analýzy však nebyl tento efekt potvrzen. Při podrobnějším rozboru struktury však bylo patrné, že větší přídavek proteinu z otrub do výrobků měl negativní vliv na strukturu – byly méně soudržné. Na základě korelační analýzy ale bylo stanoveno, že parametr struktura nekoreloval s celkovým hodnocením produktu (korelační koeficient 0,102).

Lepivost se na základě analýzy rozptylu tyčinek ($p = 0,00001$) liší v závislosti na druhu přidané bílkoviny. Tyčinky s přidavkem proteinového lyofilizátu z pšeničných otrub nebyly hodnoceny jako lepivé (medián hodnocení 3), oproti tyčinkám obohaceným syrovátkovým proteinem (medián hodnocení 2). Tento rozdíl je pravděpodobně způsoben složením živočišného proteinu o čemž se těžko posoudit u komerčního materiálu. Zvýšení přidávaného množství syrovátkového proteinu mírně zvyšovalo skoré hodnocení lepivosti tyčinek. Přidavek rostlinného lyofilizátu lepivost neovlivňoval. Dále lepivost tyčinek ovlivňují cukernaté složky. Surovátkový protein, použitý na výrobu tyčinek S1, S2, S3, oproti otrubovému lyofilizátu v tyčinkách O1, O2, O3 obsahuje laktosu (6 g / 100 g). Přestože rozdíl obsaženého množství cukru v samotných tyčinkách činí jen 0,5 g/100g tyčinky, byl zaznamenán statisticky významný rozdíl. Vliv na lepivost tyčinek může mít také teplota. Lepivost tyčinek mohla ovlivnit také přítomnost kyseliny mléčné v syrovátkovém koncentrátu [81]. Parametr lepivost jen málo negativně koreloval s celkovým hodnocením (korelace -0,078), ale měl 5krát vyšší následky na hodnocení struktury (korelace -0,354). Byly sledovány negativní účinky lepivosti na vjem struktury tyčinky.

Povrch výrobku je dalším posuzovaným parametrem v rámci senzoričké analýzy. Výrobky obohacené proteinovým lyofilizátem z otrub vykazovaly signifikantně ($p = 0,0003$) hrubší povrch než výrobky obohacené proteinem syrovátkovým (obrázek 12). To je pravděpodobně spojeno s vyšším obsahem vlákniny v otrubovém izolátu, která může ovlivňovat celistvost povrchu. Takže hodnocení povrchu tyčinek klesalo se zvýšením přidávaného množství proteinového lyofilizátu z otrub. Toto zjištění je podpořeno i korelační analýzou (tabulka 14), kdy parametr povrch vykazoval slabě pozitivní korelaci s parametrem celkového hodnocení a chuti (0,304 a 0,411). Jedná se tak o poměrně důležitou texturní vlastnost.

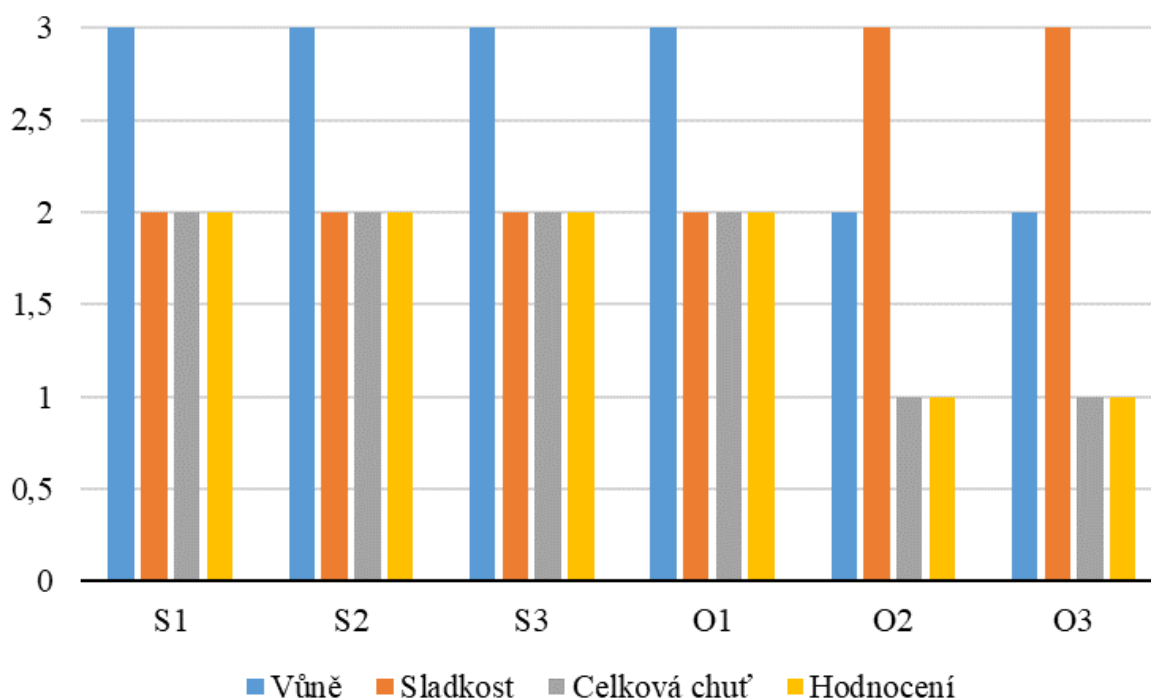
Tvrdość je poslední hodnocenou texturní charakteristikou vyrobených tyčinek. Z hlediska tvrdosti se vyrobené tyčinky od sebe neliší ($p = 0,3874$). Množství ani druh přidaného proteinu neměl zásadní vliv na tvrdost vyrobených tyčinek (viz tabulka 14) Parametr tvrdosti tyčinek také nekoreloval s žádnou jinou senzoričkou vlastností včetně celkového hodnocení výrobku.

Tabulka 14 Korelační hodnoty vyhodnocených vlastností tyčinek

Variabilita	Struktura	Lepivost	Povrch	Vůně	Tvrdość	Sladkost	Chuť	Celkové hodnocení
Struktura	1,000	-0,354	0,167	0,170	-0,005	-0,005	0,096	0,102
Lepivost	-0,354	1,000	-0,040	-0,147	0,061	0,055	-0,121	-0,078
Povrch	0,167	-0,040	1,000	0,268	-0,038	-0,058	0,411	0,304
Vůně	0,170	-0,147	0,268	1,000	0,114	-0,187	0,178	0,187
Tvrdość	-0,005	0,061	-0,038	0,114	1,000	-0,129	-0,012	0,001
Sladkost	-0,005	0,055	-0,058	-0,187	-0,129	1,000	-0,304	-0,291
Celková chuť	0,096	-0,121	0,411	0,178	-0,012	-0,304	1,000	0,672
Celkové hodnocení	0,102	-0,078	0,304	0,187	0,001	-0,291	0,672	1,000

* Červeně označené korelační koeficienty jsou statisticky významně odlišné od 0.

Další fáze sensorického hodnocení byla zaměřena na parametry Vůně, Sladkost, Celková chuť a Celkové hodnocení. Vyhodnocení těchto parametrů ve formě mediánů je prezentováno na obrázku 13.



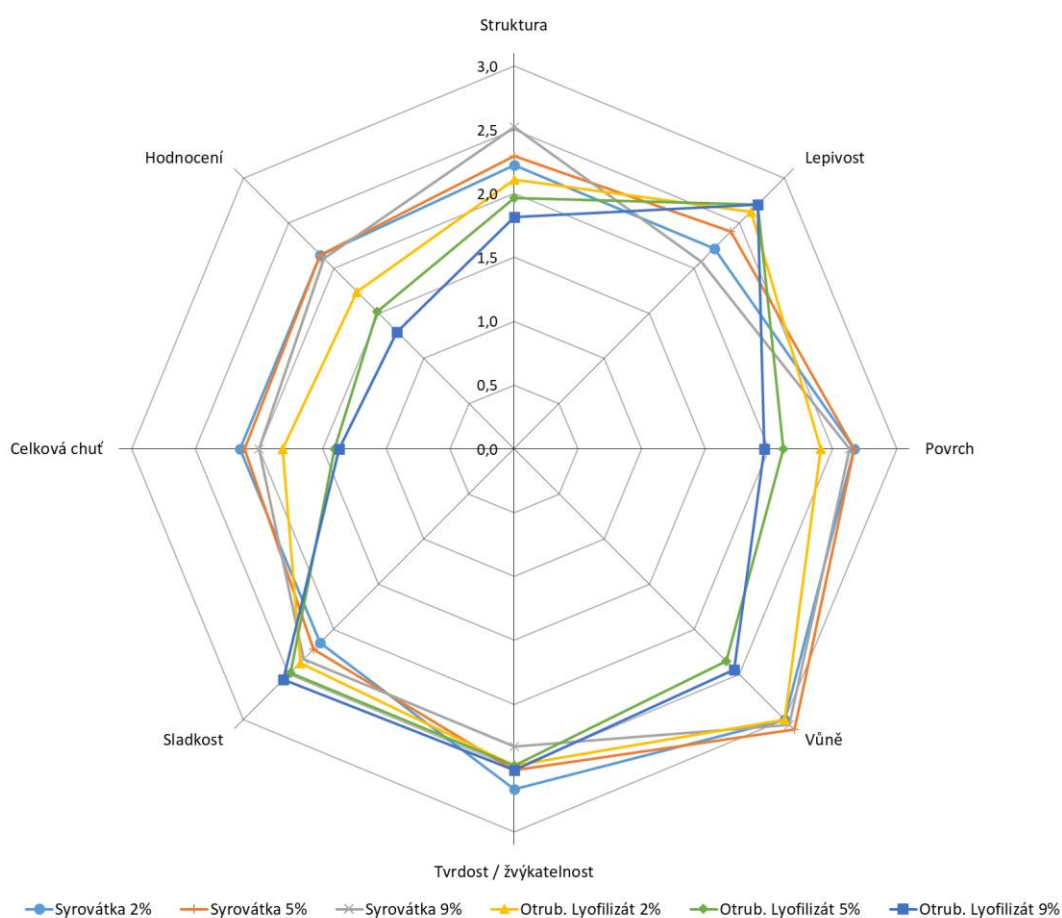
Obrázek 13 Přehled hodnocení ostatních sensorických vlastností a celkové hodnocení tyčinek na základě sensorická analýzy

Vůně tyčinek S1, S2, S3 a O1 byla v rámci sensorické analýzy vyhodnocena jako identicky příjemná. Odlišně byly hodnoceny vzorky O2 a O3, což jsou tyčinky s vyšším obsahem proteinového izolátu z otrub ($p = 0,00001$). V těchto tyčinkách bylo zaznamenáno specifické obilné aroma, hodnocené jako méně příjemné. Pšeničné otruby obsahují celou řadu aromatických látek, jako je D-simonen, hexanal, P-xylen, styren, kyselina kapronová, fenoly nebo například 2,6-dimethylpyrazin [82]. Část těchto aromatických složek může přecházet do proteinového izolátu a vytvářet tak specifický aromatický profil. Na základě korelační analýzy byla zaznamenána, že tento parametr téměř nekoreluje s celkovým hodnocením výrobku (korelace 0,187).

Sladkost tyčinek S1, S2, S3 a O1 byla v rámci sensorické analýzy vyhodnocena jako identická (medián hodnocení 2 – akorát sladká). Odlišně byly hodnoceny vzorky O2 a O3, což jsou tyčinky s vyšším obsahem proteinového lyofilizátu z otrub ($p = 0,0492$). Tyto tyčinky byly v mediánu hodnocení sladkosti oznámkovány hodnotou 3. To znamená, že byly hodnoceny jako nedostatečně sladké. Sladkost je parametrem, který roste přímo úměrně se zvýšením přídavku proteinu v případě tyčinek vyrobených se syrovátkového proteinu. Pravděpodobnou příčinou je mléčný cukr zastoupený v malém množství (6 g/100 g) v použitém syrovátkovém koncentráte. Oproti tomu, otrubový lyofilizát (rostlinným materiálem) obsahuje pouze polysacharidy. U tyčinek s přídavkem rostlinného otrubového proteinu naopak sladkost se zvýšením přídavku proteinu klesá (obrázek 13). Na základě korelačních koeficientů lze usuzovat, že čím vyšší sladkost (korelační hodnoty -0,304 a -0,291) tyčinky, tím lépe byla hodnocena celková chuť a celkové hodnocení této tyčinky (viz korelační tabulka 14).

Celková chuť a celkové hodnocení tyčinek S1, S2, S3 a O1 byla v rámci sensorický analýzy vyhodnocena jako identické. Odlišně byly hodnoceny vzorky O2 a O3, což jsou tyčinky s vyšším obsahem proteinového izolátu z otrub ($p = 0,00001$). Další významným parametrem, který ovlivňuje celkovou chuť a celkové hodnocení tyčinek, je povrch. Se zvýšením tohoto parametru, celkové hodnocení tyčinek se zvedalo. Celkové hodnocení nejvíce korelovalo s celkovou chutností (korelace 0,672). Tedy lze říct, že tyčinky obohacené větším množstvím rostlinného materiálu chutnaly nejméně nebo vůbec. Tak nízké hodnocení pravděpodobně souvisí s obsahem aromatických látek v proteinu pšeničných otrub, které byly popsány u parametru vůně. V případě zvyšování přídatku syrovátkového proteinu do tyčinek se hodnocení neměnilo.

Pro názornost a propojení všech prodiskutovaných parametrů, které byly v rámci sensorické analýzy proteinových tyčinek hodnoceny, byl vytvořen paprskový graf na obrázku 14.



Obrázek 14 Celkový přehled hodnocení všech vyrobených proteinových tyčinek

Nejvýraznější rozdíly mezi tyčinkami byly uváděny barva, chuť a vůně. Se zvážením přídatku otrubového lyofilizátu značně se měnila barva tyčinek. Výrobky s pšeničným proteinem výrazně tmavší oproti výrobkům s přídatkem syrovátkového proteinu. U vzorků O1, O2 a O3 se se zvyšujícím se přídatkem proteinu z otrub významně zvyšovala hořkost. Z hlediska vůně, tyčinky obohacené pšeničným lyofilizátem z otrub, disponovali specifickým obilninovým aroma.

4.3.1 Výsledky testu 1 ze 3

Na základě provedeného trojúhelníkového testu se vzorky S2 a O2 byly obdrženy výsledky, které byly dále zpracovány. Vzorek O2 byl od dvou zbylých vzorků S2 rozpoznán u všech hodnotitelů, a to zejména kvůli odlišné barvě. Tabulka 15 ukazuje množství hodnotitelů, které odhadli správně odlišnou proteinovou tyčinku na základě konkrétního parametru.

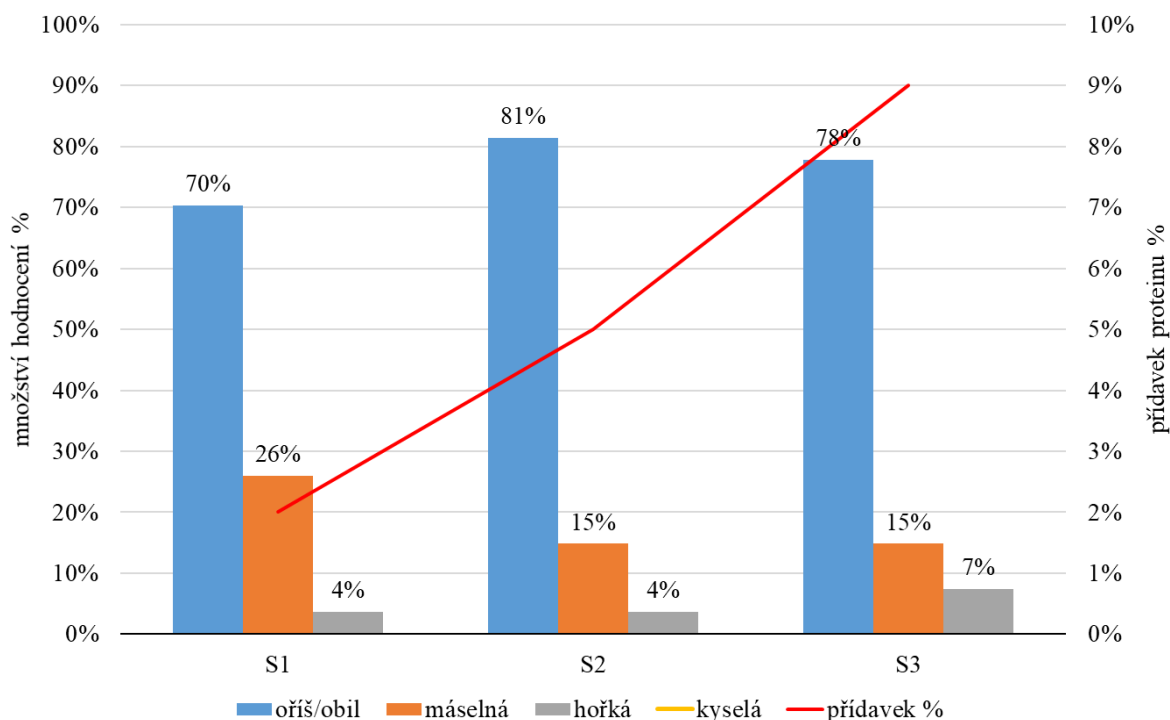
Tabulka 15 Výsledné hodnoty testu 1 ze 3

Parametr	Barva	Chuť	Vůně	Struktura	Všechny parametry
Odhad v % hodnotitelů	93 %	93 %	56 %	41 %	19 %

Podle výše uvedené tabulky 15 lze říct, že odlišná proteinová tyčinka O2 byla ve 100 % případů odhalena. Liší se uváděné parametry, dle kterých byla tyčinka rozpoznána. Barva a chuť jsou nejvýraznější parametry, pomocí kterých tyčinka byla rozpoznána. Je též jediným samotným faktorem odlišnosti tyčinky. Z toho vyplývá, že tyčinka vyrobená s přídavkem pšeničného lyofilizátu se významně liší od tyčinky s proteinem syrovátkovým.

4.3.2 Vliv přídavku proteinového materiálu na flavour proteinových tyčinek

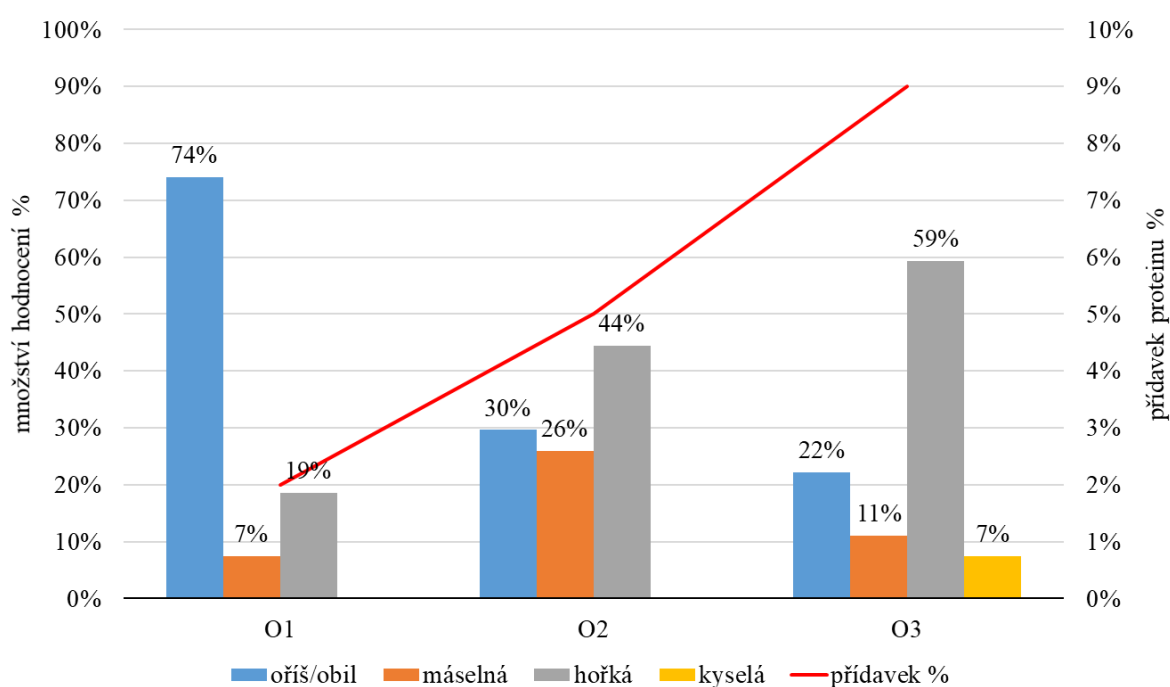
V rámci optimalizace chutě vyrobených tyčinek byly prostudovány vliv koncentrace přídavku proteinu na jejich chuťové vlastnosti. Na základě senzorycké analýzy (popsané v kapitolách 2.8 a 3.7) tyčinky vyrobené ze syrovátkového proteinu (S1, S2, S3) skoro neprokázaly nežádoucí kyselé příchutě při zvyšující se koncentraci přidané bílkoviny. Podle obrázku 15 lze posoudit vliv množství přidaného syrovátkového proteinu, na hodnocení vyrobených proteinových tyčinek. Z hlediska obsahu bílkoviny má tyčinka S1 nejmenší přídavek, což zvýšilo mazlavost tyčinky a snížilo intenzitu oříškové/obilné příchutě. Tyčinky S2 a S3 se jen málo liší přítomností hořké příchutě (obrázek 15).



Obrázek 15 Vliv koncentrace přidaného syrovátkového proteinu na příchut'

V případě tyčinek z otrubového lyofilizátu (O1, O2, O3) senzorická analýza ukázala na značné změny v hodnocení produktu, konkrétně přírůst hořké příchutě se zvýšením hodnoty přidavku proteinu. U tyčinek O3 byla zaznamenána kyselá chuť, která pravděpodobně důsledkem hořké příchutě stévie a nejvyšší koncentrace lyofilizátu. Čím vyšší množství lyofilizátu, tím více aromatických látek, které mohou přidat kyselost [82]. Obrázek 16 podrobně popisuje výše zmíněnou závislost.

Vzniku nežádoucí hořké až kyselé přikuté tyčinek vyrobených s přidavkem otrubového lyofilizátu lze přisoudit několik pravděpodobných příčin. Větší obsah AMK L-fenylalanin oproti tyčinkám se syrovátkou. V kombinaci z L-izoleucinem L-fenylalanin zvyšuje hořkost tyčinky [83]. Dalším faktorem, který může zvyšovat hořkost výrobku je použité sladidlo ze stévie. Hořkost stévie (steviol-glykosidů) závisí na délce řetězce glykonu, substituci molekulami pyranos a poloze dvojně vazby. Se snížením počtu nevázaných glukos roste sladkost, a naopak hořkost klesá [84].



Obrázek 16 Vliv koncentrace přidaného otrubového lyofilizátu na příchut'

Vzhledem k závislosti mezi dvěma výše uvedenými parametry se dá posoudit vliv přidavku proteinu z otrub, a tedy aromatických látek na celkové hodnocení výrobku. Pro většinu konzumentů se vnímání nežádoucí příchutě zvyšovalo s rostoucím přidavkem proteinu (obrázek 16). Vhodným řešením je buď snížení koncentrace otrubového lyofilizátu v produktu, nebo selektivní maskování příchutě pomocí přísad, jako jsou čokoláda, karamel nebo vanilin, případně pomocí přidavku kombinace aminokyselin a roztoku NaCl [17].

5 ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývá výrobou proteinových tyčinek jako doplňku stravy pro sportovce a zájemce o zdravou výživu. K obohacení tyčinek byl použit protein izolovaný z pšeničných otrub. Obsah proteinu v lyofilizátu byla cca 85 %, účinnost izolace činila 7,5 %. Pšeničné otruby byly vybrány jako vhodný zdroj proteinu jejich obsahu bílkovin a bohatému aminokyselinovému profilu. Mají významné zastoupení některých aminokyselin, jako jsou arginin, glycin, kyselina glutamová, alanin nebo leucin. Pro výrobu tyčinek byly použity typické suroviny pro proteinové tyčinky. Na slazení tyčinek bylo použito sladidlo rostlinného původu Stévie, které ale mělo zásadní vliv na hodnocení některých tyčinek. Za účelem posouzení vlivu přídatku rostlinného proteinu z otrub na senzorycké vlastnosti tyčinek byly připraveny tyčinky obohacené syrovátkovým proteinem.

Nutriční složení, aminokyselinový profil, texturní a dalších senzorycké vlastnosti byly u tyčinek se syrovátkovým proteinem a proteinem z pšeničných otrub porovnány. Z hlediska nutričního složení byly zaznamenány jen malé rozdíly v zastoupení hlavních nutričních složek. Protein byl do proteinových tyčinek přidán v 2, 5, a 9 % hmotnostním přídatku. Rozdíl v zastoupení bílkovin mezi tyčinkami se syrovátkovým a otrubovým proteinem činil 0,1 g, 0,4 g a 0,6 g s narůstajícím přídatkem. Rozdíl v zastoupení ostatních složek, jako jsou tuky a sacharidy, nebyl zaznamenán. Nejvýraznější nárůst byl pozorován v zastoupení argininu u tyčinek obohacených proteinem z pšeničných otrub, rozdíl oproti tyčinkám se syrovátkovým proteinem činil cca 1115 mg. Nárůst byl pak pozorován také v případě glycinu a kyseliny glutamové.

V rámci provedené senzorycké analýzy obou druhů tyčinek bylo zjištěno, že se zvyšujícím přídatkem proteinů se texturní vlastnosti tyčinek mění v případě obou druhů tyčinek. U tyčinek obohacených syrovátkovým proteinem se hlavně zvyšuje lepivost (nižší skóre hodnocení), ale struktura a vůně byla ohodnocena líp než u tyčinek s rostlinným materiálem. Tyčinky obohacené větším množstvím bílkovinného lyofilizátu z pšeničných otrub (5 % a 9 %) byly ohodnocené jako méně lepivé, ovšem jejich sladkost a chutnost byly ohodnocené jako akorát nebo nedostatečně sladké. Navíc více než polovina hodnotitelů u těchto vzorků uváděla přítomností hořké chutě. U tyčinky s přídatkem 2 % proteinu z otrub, byly pozorovány stejné výsledky jako tyčinky s přídatkem syrovátky, navíc byly její texturní vlastnosti pozitivně ohodnocené. Tyčinku je možné optimalizovat přídatkem proteinu do 5 hmotnostních % nebo maskováním nežádoucích příchutí.

Použití pšeničných otrub jako zdroje bílkovin se z nutričního hlediska jeví jako výhodné. Přídatkem izolovaných bílkovin do proteinových tyčinek tento výrobek obohatí o řadu nutričně významných látek. Ovšem výše přídatku zásadně ovlivní senzorycké vlastnosti výrobku. Negativní vliv měl vyšší obsah otrubového proteinu v tyčinkách zejména na chuťové vlastnosti výrobků, proto by bylo vhodné zaměřit se dále na maskování těchto nežádoucích chutí.

6 ZDROJE

- [1] HUECKER, M., M. SARAV, M. PEARLMAN a J. LASTER. Protein Supplementation in Sport: Source, Timing, and Intended Benefits. *Current Nutrition Reports* [online]. Springer, 2019, 8(4), 382-396 [cit. 2021-6-29]. ISSN 21613311. Dostupné z: doi:10.1007/s13668-019-00293-1
- [2] *Kalorický obsah základních nutričních složek: Bílkovina, tuky, sacharidy* [online]. Food and Nutrition Information Center [cit. 2021-6-29]. Dostupné z: <https://www.nal.usda.gov/fnic/how-many-calories-are-one-gram-fat-carbohydrate-or-protein>
- [3] KOTLÍK, Bohumír a Květoslava RŮŽIČKOVÁ. *Chémia II. v kocke*. 1. vydání. Havlíčkův Brod : Fragment, 1996. 135 s. ISBN 80-88879-97-3
- [4] *Chemie potravin I: Peptidy, bílkoviny* [online]. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická [cit. 2021-8-5]. Dostupné z: https://moodle-archiv-2019-2020.ro.vutbr.cz/pluginfile.php/272243/mod_resource/content/2/peptidy_b%C3%ADlkoviny.pdf
- [5] CALVEZ, J., N. POUPIN, C. CHESNEAU, C. LASSALE a D. TOME. Protein intake, calcium balance and health consequences. *European Journal of Clinical Nutrition* [online]. Nature Publishing Group, 2012, 66(3), 281 [cit. 2021-6-29]. ISSN 0954-3007. Dostupné z: doi:10.1038/ejcn.2011.196
- [6] Stephan van Vliet, Nicholas A Burd, Luc JC van Loon, The Skeletal Muscle Anabolic Response to Plant- versus Animal-Based Protein Consumption, *The Journal of Nutrition*, Volume 145, Issue 9, September 2015, Pages 1981–1991, <https://doi.org/10.3945/jn.114.204305>
- [7] Hoffman JR, Falvo MJ. Protein - Which is Best? *J Sports Sci Med*. 2004 Sep 1;3(3):118-30. PMID: 24482589; PMCID: PMC3905294
- [8] Schaafsma, G. (2000). The Protein Digestibility–Corrected Amino Acid Score. *The Journal of Nutrition*, 130(7), 1865S–1867S. doi:10.1093/jn/130.7.1865s
- [9] 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*. doi:10.1007/s00726-018-2640-5
- [10] Kårlund A, Gómez-Gallego C, Turpeinen AM, Palo-oja O-M, El-Nezami H, Kolehmainen M. Protein Supplements and Their Relation with Nutrition, Microbiota Composition and Health: Is More Protein Always Better for Sportspeople? *Nutrients*. 2019; 11(4):829. <https://doi.org/10.3390/nu11040829>
- [11] ČESKO. Zákon č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2021 [cit. 4. 8. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-110>
- [12] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/46/ES ze dne 10. června 2002 o sbližování právních předpisů členských států týkajících se doplňků stravy (Úř. věst. L 183, 12.7.2002, s. 51–57)

- [13] *Total dietary supplements market size worldwide from 2016 to 2022: Pharmaceutical Products & Market* [online], April 2018. [cit. 2021-7-21]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/828514/total-dietary-supplements-market-size-globally/>
- [14] PANOFF, Lauren, MPH, RD, March 16, 2020. *Are Protein Bars Good for You?* Dostupné z: <https://www.healthline.com/nutrition/are-protein-bars-good-for-you>
- [15] *Proces výroby proteinových tyčinek* [online], 2013. [cit. 2021-7-1]. Dostupné z: <https://www.vlodozlatos.com/blog/clanky-o-zdravi/ako-sa-vyrabaju-wellness-bar-tycinky-video.html>
- [16] *Technologické přístroje výroby tyčinek* [online]. [cit. 2021-7-1]. Dostupné z: <http://cz.cerealbar-machine.com/food-production-line/energy-bar-processing-line/protein-bar-manufacturing-line.html>
- [17] *Masking flavours for plant proteins* [online], 05 March 2020n. 1.. [cit. 2021-8-1]. Dostupné z: https://doi.org/10.1002/fsat.3401_8.x
- [18] Geiser M. (2003) The wonders of whey protein. NSCA's Performance Training Journal 2, 13-15
- [19] Potter S.M. (2000) Soy – new health benefits associated with an ancient food. Nutrition Today 35, 53-60
- [20] *Ovesné vločky ve fitness výživě* [online]. [cit. 2021-7-4]. Dostupné z: <https://aktin.cz/ovesne-vlocky-ve-fitness-vyzive>
- [21] *Arašídové máslo - proč bere fitness výživu útokem?* [online]. [cit. 2021-7-4]. Dostupné z: <https://aktin.cz/arasidove-maslo-proc-bere-fitness-vyzivu-utokem>
- [22] Hooper L, Martin N, Abdelhamid A, Davey Smith G. Reduction in saturated fat intake for cardiovascular disease. Cochrane Database of Systematic Reviews 2015, Issue 6. Art. No.: CD011737. DOI: 10.1002/14651858.CD011737. Accessed 04 July 2021
- [23] *Zvýšený obsah glycerolu a kvasinek v medu a zdravotní rizika pro spotřebitele.* [online]. [cit. 2021-7-4]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/bezpecnost-potravin/zvyseny-obsah-glycerolu-a-kvasinek-v-medu-a-zdravotni-rizika>
- [24] Evžen, Š. (2019). Sugar and starch – keeping in touch and struggling. *Listy Cukrovarnické a Reparské*, 135(12), 402-407. Retrieved from <https://www.proquest.com/scholarly-journals/sugar-starch-keeping-touch-struggling/docview/2331653228/se-2?accountid=17115>
- [25] *Glukózo-fruktózový sirup a jeho vliv na zdraví – jak nám škodí?* Rehabilitace.info, [online] <https://www.rehabilitace.info/zdravotni/glukozofruktozovysirupajehovlivna-zdravijaknamskodi>
- [26] *Is Stevia a Good Substitute for Sugar? Benefits and Downsides* [online]. [cit. 2021-7-4]. Dostupné z: <https://www.healthline.com/nutrition/stevia-vs-sugar>
- [27] Hellfritsch, C., Brockhoff, A., Stähler, F., Meyerhof, W., & Hofmann, T. (2012). Human Psychometric and Taste Receptor Responses to Steviol Glycosides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(27), 6782–6793. doi:10.1021/jf301297n

- [28] den Hartog GJ, Boots AW, Adam-Perrot A, Brouns F, Verkooijen IW, Weseler AR, Haenen GR, Bast A. Erythritol is a sweet antioxidant. *Nutrition*. 2010 Apr;26(4):449-58. doi: 10.1016/j.nut.2009.05.004. Epub 2009 Jul 24. PMID: 19632091
- [29] *Nejlepší proteinová tyčinka na trhu? Podle nás ano.: Aktin tyčinka* [online]. [cit. 2021-7-4]. Dostupné z: <https://aktin.cz/aktin-protein-bar/kokos-60-g-29440>
- [30] *Honey (SR Legacy, 169640): Food Category:Sweets* [online]. 2019 [cit. 2021-7-24]. Dostupné z: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169640/nutrients>
- [31] Noda K, Nakayama K, Oku T. Serum glucose and insulin levels and erythritol balance after oral administration of erythritol in healthy subjects. *Eur J Clin Nutr*. 1994 Apr;48(4):286-92. PMID: 8039489
- [32] *Alergie na podzemnici: Alergická reakce na arašídý a arašídové máslo* [online]. [cit. 2021-7-20]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92100.aspx>
- [33] Сборник лекций «Научно-практические основы технологии зерновых продуктов» Д.А.Жигунов, 2018г « Технологическое значение общей структуры зерна» И.Данко, 2012г (часть 1) Электронная библиотека <http://www.bibliotekar.ru/5-bioximiyazerna/5.htm> Статья «Польза пророщенных семян для организма. Замачивание и проращивание» О.Бестужева, 2016г, [online] <https://ppt-online.org/529259>
- [34] Příhoda J., Skřivan P., Hrušková M.: *Cereální chemie a technologie I: cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin*. 1. vyd. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 2004. Str. 029. ISBN 80-7080-530-7 http://147.33.74.135/knihy/uid_isbn-80-7080-530-7/pages-pdf/029.html
- [35] *What is bran.* [online]. [cit. 2021-8-5]. Dostupné z: <https://www.healthbenefitstimes.com/bran/>
- [36] *Wheat bran: Nutrition facts label for Wheat bran, crude* [online]. [cit. 2021-8-3]. Dostupné z: <https://nutritiondata.self.com/facts/cereal-grains-and-pasta/5742/2>
- [37] Slavin, J. (2013). Fiber and Prebiotics: Mechanisms and Health Benefits. *Nutrients*, 5(4), 1417–1435. doi:10.3390/nu5041417
- [38] HUBAČOVÁ, Klára. *Výroba a charakterizace proteinových koncentrátů z pšeničných otrub* [online]. Brno, 2020 [cit. 2020-07-30]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zavprace/detail/123863> Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie potravin a biotechnologií. Vedoucí práce Jaromír Pořízka.
- [39] Gordon R. Carson a Nancy M. Edwards, Khalil Khan a Peter R. Shewry, ed., 2009. *Wheat (Fourth Edition): CHAPTER 4 - Criteria of Wheat and Flour Quality*. AACC International Press. 97-118. ISBN 9781891127557. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781891127557500112>
- [40] Jaswinder Singh, Malcolm Blundell, Greg Tanner, John H. Skerritt, Albumin and Globulin Proteins of Wheat Flour: Immunological and N-terminal Sequence Characterisation, *Journal of Cereal Science*, Volume 34, Issue 1, 2001, Pages 85-103, ISSN 0733-5210, <https://doi.org/10.1006/jcrs.2001.0380>

- [41] Fujiwara T, Nambara E, Yamagishi K, Goto DB, Naito S. Storage proteins. *Arabidopsis Book*. 2002;1:e0020. doi:10.1199/tab.0020
- [42] González-Pérez, S., & Arellano, J. B. (2009). Vegetable protein isolates. *Handbook of Hydrocolloids*, 383–419. doi:10.1533/9781845695873.383
- [43] Girdhari M. Sharma, Prasad Rallabhandi, Chapter 36 - The Effects of Processing on Gluten from Wheat, Rye, and Barley, and its Detection in Foods, Editor(s): Victor Preedy, *Processing and Impact on Active Components in Food*, Academic Press, 2015, Pages 303-308, ISBN 9780124046993, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-404699-3.00036-6>.
- [44] Tessari, P., Lante, A., & Mosca, G. (2016). Essential amino acids: master regulators of nutrition and environmental footprint? *Scientific Reports*, 6(1). doi:10.1038/srep26074
- [45] Ananieva, E. (2015). Targeting amino acid metabolism in cancer growth and anti-tumor immune response. *World Journal of Biological Chemistry*, 6(4), 281. doi:10.4331/wjbc.v6.i4.281
- [46] Wu, G. (2009). Amino acids: metabolism, functions, and nutrition. *Amino Acids*, 37(1), 1–17. doi:10.1007/s00726-009-0269-0
- [47] D'ANIELLO, A., DI FIORE, M. M., FISHER, G. H., MILONE, A., SELENI, A., D'ANIELLO, S., ... INGROSSO, D. (2000). Occurrence of D-aspartic acid and N-methyl-D-aspartic acid in rat neuroendocrine tissues and their role in the modulation of luteinizing hormone and growth hormone release. *The FASEB Journal*, 14(5), 699–714. doi:10.1096/fasebj.14.5.699
- [48] McRae MP. Therapeutic Benefits of L-Arginine: An Umbrella Review of Meta-analyses. *J Chiropr Med*. 2016;15(3):184-189. doi:10.1016/j.jcm.2016.06.002
- [49] Pahlavani N, Entezari MH, Nasiri M, Miri A, Rezaie M, Bagheri-Bidakhavidi M, Sadeghi O. The effect of L-arginine supplementation on body composition and performance in male athletes: a double-blinded randomized clinical trial. *Eur J Clin Nutr*. 2017 Apr;71(4):544-548. doi: 10.1038/ejcn.2016.266. Epub 2017 Jan 25. Erratum in: *Eur J Clin Nutr*. 2017 Aug;71(8):1028. PMID: 28120856
- [50] National Center for Biotechnology Information (2021). PubChem Compound Summary for CID 6287, Valine. Retrieved July 24, 2021 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Valine>
- [51] "10 Protein and Amino Acids." Institute of Medicine. 2005. *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids*. Washington, DC: The National Academies Press. doi: 10.17226/10490.
- [52] Casperson, S. L., Sheffield-Moore, M., Hewlings, S. J., & Paddon-Jones, D. (2012). Leucine supplementation chronically improves muscle protein synthesis in older adults consuming the RDA for protein. *Clinical Nutrition*, 31(4), 512–519. doi:10.1016/j.clnu.2012.01.005
- [53] Liu, H., Liu, R., Xiong, Y., Li, X., Wang, X., Ma, Y., ... Yang, X. (2014). Leucine facilitates the insulin-stimulated glucose uptake and insulin signaling in skeletal muscle cells: involving mTORC1 and mTORC2. *Amino Acids*, 46(8), 1971–1979. doi:10.1007/s00726-014-1752-9

- [54] Borack, M. S., & Volpi, E. (2016). Efficacy and Safety of Leucine Supplementation in the Elderly. *The Journal of Nutrition*, 146(12), 2625S–2629S. doi:10.3945/jn.116.230771
- [55] National Center for Biotechnology Information (2021). PubChem Compound Summary for CID 33032, Glutamic acid. Retrieved July 24, 2021 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Glutamic-acid>
- [56] Glutamic acid. In: *Aminoacidstudies.org* [online]. [cit. 2020-07-29]. Dostupné z: https://aminoacidstudies.org/glutamicacid/#The_Role_of_Glutamic_Acid_in_the_Body
- [57] Liguori I, Russo G, Curcio F, Bulli G, Aran L, Della-Morte D, Gargiulo G, Testa G, Cacciatore F, Bonaduce D, Abete P. Oxidative stress, aging, and diseases. *Clin Interv Aging*. 2018;13:757-772 <https://doi.org/10.2147/CIA.S158513>
- [58] Yamadera, W., Inagawa, K., Chiba, S. *et al.* Glycine ingestion improves subjective sleep quality in human volunteers, correlating with polysomnographic changes. *Sleep Biol. Rhythms* **5**, 126–131 (2007). <https://doi.org/10.1111/j.1479-8425.2007.00262.x>
- [59] Willoughby, D. S., & Leutholtz, B. (2013). *d-Aspartic acid supplementation combined with 28 days of heavy resistance training has no effect on body composition, muscle strength, and serum hormones associated with the hypothalamo-pituitary-gonadal axis in resistance-trained men.* *Nutrition Research*, 33(10), 803–810. doi:10.1016/j.nutres.2013.07.010
- [60] PIOTROWICZ, Inajara Beatriz Brose and SALAS-MELLADO, Myriam Mercedes Protein concentrates from defatted rice bran: preparation and characterization. *Food Science and Technology* [online]. 2017, v. 37, suppl 1 [Accessed 12 July 2021], pp. 165-172. Available from: <<https://doi.org/10.1590/1678-457X.34816>>. Epub 26 Oct 2017. ISSN 1678-457X. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.34816>
- [61] *Laboratoř analýzy potravin a přírodních produktů* [online]. Praha: VŠCHT [cit. 2021-8-5]. Dostupné z: [https://web.vscht.cz/~kohoutkj/N%C3%A1vody%202019/LAPP_STANOVENI%20DUSIK_\(2018_09_19-final\)%20.pdf](https://web.vscht.cz/~kohoutkj/N%C3%A1vody%202019/LAPP_STANOVENI%20DUSIK_(2018_09_19-final)%20.pdf)
- [62] AMC - Analytical Methods Committee, *CHNS Elemental Analysers, AMCTB No 29*, Editor: Michael Thompson. Analytical Methods Committee Technical Brief, April 2008. Available at: https://www.rsc.org/images/chns-elemental-analysers-technical-brief-29_tcm18-214833.pdf
- [63] Amerine, M.A., Pangborn, R.M. & Roessler, E.B. (1965) *Principles of Sensory Evaluation of Food*. Academic Press, New York and London
- [64] Malcolm C. Bourne, CHAPTER 6 - Sensory Methods of Texture and Viscosity Measurement, Editor(s): Malcolm C. Bourne, *Food Texture and Viscosity*, Academic Press, 1982, Pages 247-279, ISBN 9780121190804, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-119080-4.50011-4>
- [65] *Senzorická analýza potravin* [online]. [cit. 2021-8-5]. Dostupné z: <https://www.alsglobal.cz/rozbor-potravin/rozsah-sluzeb-potravin/senzoricka-analyza>
- [66] *Skripta senzorická analýza potravin* [online], 1999. VŠCHT. Praha [cit. 2021-8-5]

- [67] Editor(s): David Kilcast, In Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Sensory Analysis for Food and Beverage Quality Control, Woodhead Publishing, 2010, Page iv, ISBN 9781845694760, <https://doi.org/10.1016/B978-1-84569-476-0.50019-8>
- [68] Ing. František Ježek, Ph.D, 2014. *Senzorická analýza potravin* [online]. Brno [cit. 2021-8-5]. Dostupné z: <https://fvhe2.vfu.cz/files/senzoricka-analyza-potravin---navody-na-cviceni.pdf>
- [69] MAUGHAN, Ronald J a Louise M BURKE. *Výživa ve sportu: příručka pro sportovní medicínu*. Praha: Galén, 2006, 311 s. ISBN 80-7262-318-4
- [70] Mgr. Martina Bernaciková, Ph.D., 2012. Physiology [online]. Masaryk University. Brno [cit. 2021-7-30]. ISBN 978-80-210-5842-2. Dostupné z: <https://munispace.muni.cz/library/catalog/book/696>
- [71] Venkatraman JT, Leddy J, Pendergast D. Dietary fats and immune status in athletes: clinical implications. *Med Sci Sports Exerc.* 2000 Jul;32(7 Suppl):S389-95. doi: 10.1097/00005768-200007001-00003. PMID: 10910295
- [72] Bandegan, A., Courtney-Martin, G., Rafii, M., Pencharz, P. B., & Lemon, P. W. (2017). Indicator Amino Acid–Derived Estimate of Dietary Protein Requirement for Male Bodybuilders on a Nontraining Day Is Several-Fold Greater than the Current Recommended Dietary Allowance. *The Journal of Nutrition*, 147(5), 850–857. doi:10.3945/jn.116.236331
- [73] Schoenfeld, B. J., & Aragon, A. A. (2018). How much protein can the body use in a single meal for muscle-building? Implications for daily protein distribution. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1). doi:10.1186/s12970-018-0215-1
- [74] Manore, M. M. (2015). *Weight Management for Athletes and Active Individuals: A Brief Review. Sports Medicine*, 45(S1), 83–92. doi:10.1007/s40279-015-0401-0
- [75] Monti, L. D., Galluccio, E., Villa, V., Fontana, B., Spadoni, S., & Piatti, P. M. (2017). Decreased diabetes risk over 9 year after 18-month oral l-arginine treatment in middle-aged subjects with impaired glucose tolerance and metabolic syndrome (extension evaluation of l-arginine study). *European Journal of Nutrition*. doi:10.1007/s00394-017-1548-2
- [76] Kurpad AV, Regan MM, Raj TD, Rao VN, Gnanou J, Young VR. The daily phenylalanine requirement of healthy Indian adults. *Am J Clin Nutr.* 2006 Jun;83(6):1331-6. doi: 10.1093/ajcn/83.6.1331. PMID: 16762944.
- [77] National Center for Biotechnology Information (2021). PubChem Compound Summary for CID 6140, Phenylalanine. Retrieved July 24, 2021 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Phenylalanine>
- [78] Artioli GG, Gualano B, Smith A, Stout J, Lancha AH Jr. Role of beta-alanine supplementation on muscle carnosine and exercise performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2010 Jun;42(6):1162-73. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181c74e38. PMID: 20479615
- [79] *Beta-Alanine — A Beginner's Guide* [online]. December 7, 2018 [cit. 2021-7-21]. Arlene Semeco, MS, RD. Dostupné z: <https://www.healthline.com/nutrition/beta-alanine-101>

- [80] *L-Cysteine* [online]. [cit. 2021-7-24]. Dostupné z: <https://nutriscienceusa.com/product/l-cysteine-hcl-monohydrate-usp/#>
- [81] JANTAŠOVÁ, Bohumíra et al. *Technologie mléka a mléčných výrobků*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. 2012. 141 s. ISBN 978-80-7305-635-3
- [82] Li, Q., Sun, H., Zhang, M., & Wu, T. (2020). Characterization of the flavor compounds in wheat bran and biochemical conversion for application in food. *Journal of Food Science*. doi:10.1111/1750-3841.14965
- [83] Ogawa T, Nakamura T, Tsuji E, Miyanaga Y, Nakagawa H, Hirabayashi H, Uchida T. The combination effect of L-arginine and NaCl on bitterness suppression of amino acid solutions. *Chem Pharm Bull (Tokyo)*. 2004 Feb;52(2):172-7. doi: 10.1248/cpb.52.172. PMID: 14758000
- [84] Hellfritsch, C., Brockhoff, A., Stähler, F., Meyerhof, W., & Hofmann, T. (2012). Human Psychometric and Taste Receptor Responses to Steviol Glycosides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(27), 6782–6793. doi:10.1021/jf301297n
- [85] Sarwar, G. (1997). The Protein Digestibility–Corrected Amino Acid Score Method Overestimates Quality of Proteins Containing Antinutritional Factors and of Poorly Digestible Proteins Supplemented with Limiting Amino Acids in Rats. *The Journal of Nutrition*, 127(5), 758–764. doi:10.1093/jn/127.5.758
- [86] CURRELL, Graham a DOWMAN, April 2009. *Essential Mathematics and Statistics for Science, 2nd Edition*. ISBN 978-0-470-69449-7.

7 SEZNAM ZKRATEK

HP	High protein (vysoký obsah bílkovin)
NH	Nutriční hodnota
RDI	Recommended daily intake (doporučený denní příjem)
RDA	Recommended daily allowance (doporučená denní dávka)
AMK	Aminokyseliny
PER	Protein Efficiency Ratio (poměr účinnosti bílkovin)
PDCAAS	Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score (skóre aminokyselin korigovány na stravitelnost proteinu)
NPU	Net Protein Utilization (využití čistého proteinu)
HFCS	High Fructose Corn Syrup (glukozo-fruktozový sirup)
MUFA	Mononenasycené mastné kyseliny
PUFA	Polynenasycené mastné kyseliny
CNS	Centrální nervová soustava

QC	Quality control (kontrola kvality)
ADI	Acceptable daily intake (přijatelný denní příjem)
BCCA	The branched-chain amino acids (větvené aminokyseliny)

8 PŘÍLOHA

Senzorická analýza proteinových tyčinek

13. 7. 2021

Proteinová tyčinka je výrobek rozšířený zejména mezi sportovci a lidmi, kteří potřebují snadný zdroj bílkovin. S vyšším zastoupením proteinů klesá obsah sacharidů a tuků, tudíž nelze proteinové tyčinky pokládat za cukrovinky.

Pohlaví: muž/žena

Věk.....

Kuřák/nekuřák

Proteinové tyčinky:

- konzumuji pravidelně
- konzumuji zřídka
- jsem nikdy neochutnal

A) Senzorický profil

- Struktura
 - 1) Velmi drolivá, písčitá
 - 2) Mírně drolivá
 - 3) Soudržná

Vzorek						
Hodnocení						

- Lepivost
 - 1) Při dotyku se tyčinka nepříjemně lepí
 - 2) Mírný náznak lepivosti
 - 3) Tyčinka nelepí vůbec

Vzorek						
Hodnocení						

- Vlastnosti povrchu
 - 1) Drsný
 - 2) Polohladký
 - 3) Hladký, celistvý

Vzorek						
Hodnocení						

- Vůně
 - 1) Nepříjemná
 - 2) Méně příjemná
 - 3) Příjemná
 - 4) Neznatelná

Vzorek						
Hodnocení						

- Konkrétní vůně (nepovinné)
Například: obilná, karamelová, máselná, oříšková apod.

Vzorek						
Hodnocení						

- Tvrdost/žvýkatelnost
 - 1) Tvrdá, obtížně žvýkatelná
 - 2) Středně žvýkatelná
 - 3) Snadno žvýkatelná, v ústech se rozpadá

Vzorek						
Hodnocení						

- Chuť – sladkost
 - 1) Příliš sladká
 - 2) Akorát sladká
 - 3) Nedostatečně sladká

Vzorek						
Hodnocení						

- Konkrétní chutě (nepovinné)

Například: máslová, hořká, oříšková, karamelová, obilná apod.

Vzorek						
Hodnocení						

Chuť – celkový vjem

- 1) Nedostačující
- 2) Průměrná
- 3) Výborná

Vzorek						
Hodnocení						

- Celkové hodnocení

- 1) Tyčinka mi nechutnala
- 2) Tyčinka mi chutnala, ale nekoupil bych si ji
- 3) Tyčinka mi chutnala, koupil bych si ji

Vzorek						
Hodnocení						

B) 1 ze 3

Ze 3 předložených vzorků jsou 2 stejné a jeden odlišný. Dle jeho sensorických vlastností urči odlišný vzorek a zakroužkuj parametr/y, ve kterých je rozdílný.

Odlišný je:

Odlišnost	Struktura	Vůně	Chuť	Barva	Další.....
------------------	-----------	------	------	-------	------------