

Univerzita Pardubice
Fakulta Chemicko-Technologická

Proteinové přípravky určené pro sportovní výživu

Bakalářská práce

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Elizaveta Udovichenko**
Osobní číslo: **C22156**
Studijní program: **B0531A130024 Hodnocení a analýza potravin**
Téma práce: **Proteinové přípravky určené pro sportovní výživu**
Téma práce anglicky: **Protein products intended for sports nutrition**
Zadávající katedra: **Katedra analytické chemie**

Zásady pro vypracování

1. Provedte literární rešerši zabývající se sportovní výživou a vodními potravinami pro tento typ výživy, a to se zaměřením na proteinové výrobky.
2. Popište základní složky sportovní výživy a jejich vliv na lidský organismus. Zaměřte se na proteinové výrobky pro sportovce.
3. Diskutujte zdravotní aspekty související proteinovými výrobky určenými pro sportovní výživu, a to jak benefity, tak možná zdravotní rizika spojená s nevhodnou konzumací těchto výrobků.

Rozsah pracovní zprávy:
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:
Podle pokynů vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Martin Adam, Ph.D.**
Katedra analytické chemie

Datum zadání bakalářské práce: **7. února 2025**
Termín odevzdání bakalářské práce: **1. července 2025**

prof. Ing. Petr Němec, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

doc. Ing. Petr Česla, Ph.D. v.r.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 20. února 2025

Prohlašuji:

Práci s názvem „Proteinové přípravky určené pro sportovní výživu“ jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 17.6.2025

Udovichenko Elizaveta v.r.

Poděkování:

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu své bakalářské práce doc. Ing. Martinu Adamovi, Ph.D., za odborné vedení, cenné rady, trpělivost a podporu během celého zpracování této práce.

Velké poděkování patří také mým rodičům za jejich neustálou podporu a za to, že mi umožnili studovat v zahraničí – zkušenost, která pro mě byla mimořádně cenná jak po odborné, tak osobní stránce. Mé díky patří také partnerovi, který mě trpělivě podporoval po celou dobu mého studia.

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá proteinovými přípravky pro sportovní výživu. V teoretické části jsou popsány základní složky sportovní výživy se zaměřením na proteiny, jejich trávení, vstřebávání a vliv na organismus. Dále obsahuje přehled běžných typů proteinových doplňků, jejich účinnost a možná zdravotní rizika, stejně jako používané chemické metody pro stanovení obsahu bílkovin. Praktická část vychází z dotazníkového šetření mezi sportovci různých disciplín, které mapuje jejich zvyklosti, preference a informovanost při výběru doplňků. Práce tak nabízí přehled o využívání proteinových přípravků ve sportovní výživě a postojích uživatelů.

KLÍČOVÁ SLOVA

Proteinové přípravky, sportovní výživa, bílkoviny, suplementace, dotazníkové šetření, stanovení bílkovin, zdravotní aspekty.

TITLE

This bachelor's thesis focusses on protein supplements intended for sports nutrition. The theoretical part describes the basic components of sports nutrition, emphasizing proteins, their digestion, absorption, and effects on the body. It also provides an overview of common types of protein supplements, their effectiveness, potential health risks, and the chemical methods used to determine protein content. The practical part is based on a questionnaire survey among athletes of various disciplines, mapping their habits, preferences, and awareness when choosing supplements. The thesis offers a comprehensive overview of the use of protein supplements in sports nutrition and user attitudes.

KEYWORDS

Protein products, sports nutrition, proteins, supplementation, questionnaire survey, protein determination, health aspects.

OBSAH

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK.....	10
SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK	11
ÚVOD.....	12
1 Biochemie proteinů.....	13
1.1 Charakteristika proteinů	13
1.1.1 Rozdělení proteinů podle struktury.....	13
1.1.2 Rozdělení proteinů podle složení.....	13
1.1.3 Rozdělení bílkovin podle původů	14
1.1.4 Rozdělení proteinů podle rozpustnosti	14
1.1.5 Rozdělení proteinů podle funkce	14
1.2 Struktura proteinů.....	15
1.2.1 Primární struktura proteinů	15
1.2.2 Sekundární struktura proteinů.....	15
1.2.3 Terciární struktura proteinů	16
1.2.4 Kvartérní struktura proteinů.....	16
1.3 Modifikace proteinů	17
1.3.1 Chemické modifikace	17
1.3.2 Enzymatické modifikace.....	18
1.3.3 Fyzikální a strukturální modifikace	18
1.4 Proteolýza – enzymatický rozklad proteinů.....	18
1.4.1 Faktory ovlivňující vstřebávání bílkovin.....	19
1.4.2 Biosyntéza proteinů	20
2 Charakteristika peptidu	21
2.1 Definice a chemická struktura.....	21

2.2	Funkce peptidů v organismu	21
2.3	Rozlišení peptidů a proteinů.....	22
3	Aminokyseliny.....	23
3.1	Klasifikace aminokyselin podle schopnosti syntézy v lidském těle	23
3.2	Funkce aminokyselin a jejich význam ve sportovní výživě.....	24
3.2.1	Strukturální funkce	24
3.2.2	Metabolická funkce.....	24
3.2.3	Regulační funkce	24
3.2.4	Imunitní a antioxidační funkce	24
3.3	Katabolismus aminokyselin	25
3.4	Anabolismus aminokyselin	25
4	Význam bílkovin pro sportovce.....	26
4.1	Obnova a růst svalové hmoty	26
4.2	Prevence svalového katabolismu	26
4.3	Regenerace a podpora imunity.....	26
4.4	Denní potřeba a doporučený příjem bílkovin.....	26
4.5	Načasování a distribuce příjmu bílkovin.....	27
4.6	Suplementace bílkovinami a její účinnost.....	27
4.7	Specifika bílkovinné výživy u starších osob	27
5	Získávání a stravitelnost proteinových izolátů	28
5.1	Technologie získávání proteinových izolátů.....	28
5.2	Stravitelnost a biologická hodnota proteinů.....	28
6	Typy proteinových doplňků.....	30
6.1	Syrovátkové proteiny	30
6.2	Kaseinové proteiny.....	31
6.3	Rostlinné proteiny	32
6.4	Vícesložkové proteinové směsi.....	32

7	Metody stanovení obsahu bílkovin.....	35
7.1	Kjeldahlova metoda	35
7.2	Bradfordova metoda.....	36
7.3	Lowryho metoda	36
7.4	Biuretová metoda	36
7.5	Dumasova metoda.....	37
8	Zdravotní rizika spojená s užíváním proteinových doplňků.....	38
8.1	Zátěž ledvin a riziko poškození.....	38
8.2	Nerovnováha minerálů	38
8.3	Zažívací potíže	39
8.4	Psychologická závislost a svalová dysmorfie	39
8.5	Rizika kontaminace a nedostatečná informovanost	40
9	Dotazníková část.....	41
	ZÁVĚR.....	53
	LITERATURA	54

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Obrázek 1: Primární struktura proteinů	15
Obrázek 2: Sekundární struktura proteinů – β -skládaný list a α -helix	16
Obrázek 3: Terciární struktura proteinů.....	16
Obrázek 4: Kvartérní struktura proteinů	17
Obrázek 5: Vznik peptidové vazby mezi dvěma aminokyselinami kondenzací.	21
Obrázek 6: Strukturální vzorce L-alaninu a D-alaninu.....	23
Obrázek 7: Jaké je vaše pohlaví?	42
Obrázek 8: Kolik je vám let?	42
Obrázek 9: Jakému sportu se aktuálně nejvíce věnujete?.....	43
Obrázek 10: Na jaké úrovni sportujete?	44
Obrázek 11: Kolikrát týdně sportujete (včetně tréninků a zápasů)?.....	44
Obrázek 12: Užíváte proteinové doplňky stravy?.....	45
Obrázek 13: Kdy obvykle proteinový doplněk konzumujete? (možno více odpovědí)	45
Obrázek 14: V jaké formě nejčastěji konzumujete proteinové doplňky?.....	46
Obrázek 15: Z jakého důvodu užíváte proteinový doplněk? (možno více odpovědí)	47
Obrázek 16: Víte, jaký typ bílkoviny obsahuje váš oblíbený proteinový doplněk?	48
Obrázek 17: Které značky proteinových doplňků znáte nebo jste už vyzkoušeli?.....	49
Obrázek 18: Kolik gramů bílkovin denně v průměru přijmete (ze všech zdrojů)?	49
Obrázek 19: Jaký je váš názor na účinnost a důležitost proteinových doplňků ve sportovní výživě?	50
Obrázek 20: Pozorujete u sebe při pravidelném užívání proteinových doplňků nějaké účinky? (pozitivní nebo negativní).....	51
Obrázek 21: Sledujete složení nebo kvalitu proteinového přípravku, který kupujete?	51
Obrázek 22: Zohledňujete riziko obsahu zakázaných látek (např. ve vztahu k antidopingovým pravidlům)?.....	52
Tabulka 1: Přehled typů proteinových doplňků.....	34

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

BCAA – rozvětvené aminokyseliny (Branched-Chain Amino Acids)

BV – biologická hodnota bílkovin (Biological Value)

DIAAS – skóre stravitelnosti nepostradatelných aminokyselin (Digestible Indispensable Amino Acid Score)

DNA – deoxyribonukleová kyselina (Deoxyribonucleic Acid)

DSLDB – databáze etiket výživových doplňků (Dietary Supplement Label Database)

EAA – esenciální aminokyseliny (Essential Amino Acids)

FAO – Organizace pro výživu a zemědělství OSN (Food and Agriculture Organization of the United Nations)

GFR – rychlost glomerulární filtrace (Glomerular Filtration Rate)

MIPS – vícesložkové doplňky pro zvýšení výkonnosti (Multi-Ingredient Performance Supplements)

mRNA – mediátorová ribonukleová kyselina (Messenger RNA)

mTOR – mechanický cíl rapamycinu (Mechanistic Target of Rapamycin)

NEAA – neesenciální aminokyseliny (Non-Essential Amino Acids)

NPU – čisté využití proteinu (Net Protein Utilization)

PDCAAS – skóre kvality bílkovin korigované podle stravitelnosti (Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score)

RET – silový trénink (Resistance Exercise Training)

RHF – renální hyperfiltrace (Renal Hyperfiltration)

RNA – ribonukleová kyselina (Ribonucleic Acid)

tRNA – transferová ribonukleová kyselina (Transfer RNA)

WPC – syrovátkový proteinový koncentrát (Whey Protein Concentrate)

WPI – syrovátkový proteinový izolát (Whey Protein Isolate)

WPH – syrovátkový proteinový hydrolyzát (Whey Protein Hydrolysate)

ÚVOD

Správná výživa hraje zásadní roli v podpoře sportovního výkonu, regenerace a celkového zdraví aktivní populace. Zvláště důležitým prvkem sportovní stravy jsou bílkoviny, které jsou klíčové pro růst a obnovu svalové hmoty, udržení metabolické rovnováhy i imunitní funkce. Vzhledem k rostoucímu zájmu o fitness, silový trénink a výkonnostní sport se na trhu objevuje stále širší nabídka proteinových doplňků stravy, které slibují efektivní podporu výkonu a regenerace.

Cílem této bakalářské práce je zhodnotit vybrané přípravky určené pro sportovní výživu, především proteinové doplňky, z chemického hlediska. Teoretická část práce se zaměřuje na charakteristiku proteinů a jejich funkci v organismu, na jejich trávení, vstřebávání a metabolismus, a dále na přehled typů proteinových doplňků, jejich účinnost, doporučené dávkování a možná rizika při nadměrné konzumaci. Součástí je také přehled používaných chemických metod pro stanovení obsahu bílkovin v potravinách. Praktická část je založena na dotazníkovém šetření mezi sportovci z různých oblastí (fitness, kolektivní sporty a další), které sleduje frekvenci užívání doplňků, informovanost spotřebitelů a preference při výběru přípravků.

Výsledkem práce je ucelený přehled aktuálních poznatků o proteinové výživě sportovců, který může sloužit jako základ pro informované rozhodování spotřebitelů a případně i jako východisko pro další výzkum v oblasti výživy a suplementace.

1 Biochemie proteinů

1.1 Charakteristika proteinů

Proteiny jsou velké molekuly, které se vyskytují ve všech typech živých organismů, od jednoduchých prokaryot až po složité eukaryoty. Tvoří více než polovinu hmotnosti buněk a jsou jedněmi z nejhojnějších biomolekul. Patří do skupiny polymerů složených z aminokyselin, které jsou spojeny peptidovými vazbami. Molekula bílkoviny obvykle obsahuje více než 100 aminokyselinových jednotek. Kromě peptidových vazeb mohou mezi proteiny být přítomny i další typy vazeb, například disulfidové, esterové nebo amidové, které umožňují propojení aminokyselin, jako jsou serin, threonin, arginin a lysin. Na molekuly bílkovin mohou být navázány i další složky, například anorganické látky (ionty kovů nebo voda) nebo organické sloučeniny, jako jsou lipidy, nukleové kyseliny a cukry. Tyto složky mohou ovlivnit jak funkci tak i vlastnosti bílkovin v organismu [1, 2].

Proteiny lze rozdělit na různé skupiny na základě jejich struktury, původu, biologických a chemických vlastností.

1.1.1 Rozdělení proteinů podle struktury

Z hlediska tvaru a fyzikálních vlastností se proteiny dělí na globulární a fibrilární. Globulární proteiny, nazývané také sferoproteiny, mají kompaktní kulovitý nebo oválný tvar a jsou obvykle dobře rozpustné ve vodě nebo ve zředěných roztocích solí. Díky této vlastnosti se uplatňují zejména jako enzymy, transportní či regulační proteiny. Mezi typické zástupce globulárních proteinů patří albuminy a globuliny. Naproti tomu fibrilární proteiny (skleroproteiny) mají vláknitou strukturu, která je spojena s jejich mechanickou odolností. Jsou nerozpustné ve vodě a v organismu plní především strukturální funkce, jako je tomu u kolagenu nebo keratinu [1, 2].

1.1.2 Rozdělení proteinů podle složení

Proteiny lze také rozlišit podle jejich chemického složení na jednoduché a složené. Jednoduché proteiny jsou tvořeny výhradně aminokyselinami spojenými peptidovými vazbami a neobsahují žádné další nebílkovinné složky. Oproti tomu složené proteiny zahrnují kromě aminokyselin i nebílkovinné příměsi, které jsou k peptidovému řetězci vázány buď kovalentně, nebo nekovalentně. Podle povahy těchto příměsí se dále dělí na několik skupin. Lipoproteiny obsahují lipidovou složku a jejich příkladem může být komplex s cholesterolem. Glykoproteiny jsou proteiny, které mají navázané sacharidy, mezi jejich typické představitele patří kolagen nebo některé plazmatické bílkoviny. Fosfoproteiny obsahují navázanou kyselinu fosforečnou,

jak je tomu například u kaseinu. Chromoproteiny jsou charakteristické přítomností barevných skupin, jako jsou deriváty porfyrinu nebo flavinu, a řadí se k nim například hemoglobin, myoglobin nebo ferritin. Nukleoproteiny jsou proteiny, které jsou esterově vázány na molekuly nukleových kyselin, a metaloproteiny obsahují koordinačně vázané ionty kovů – příkladem je opět ferritin, který slouží jako zásobní forma železa v organismu [1, 2].

1.1.3 Rozdělení bílkovin podle původů

1.1.3.1 Živočišné bílkoviny

Živočišné bílkoviny se vyznačují vysokým obsahem esenciálních aminokyselin, výbornou stravitelností a biologickou dostupností. Jsou také bohaté na důležité mikronutrienty, jako jsou zinek, železo a vitamín B12. Mezi jejich hlavní zdroje patří maso, ryby, vejce a mléčné výrobky [3, 4].

1.1.3.2 Rostlinné bílkoviny

Bílkoviny se nacházejí v obilovinách, luštěninách, semenech a ořechích. Jejich hlavní výhodou je vysoký obsah vlákniny, která podporuje zdravé trávení, a nízký obsah cholesterolu, což může mít příznivý vliv na srdce. Rostlinné bílkoviny rovněž obsahují antioxidanty, jež mohou chránit buňky před poškozením. Tyto látky se vyskytují v různých rostlinných potravinách, jako jsou ovoce, zelenina a ořechy, a mohou mít pozitivní vliv na prevenci chronických onemocnění. Doporučuje se vyvážená strava, která kombinuje rostlinné i živočišné zdroje bílkovin, aby tělo získalo všechny potřebné živiny a zdravotní benefity [3, 4].

1.1.4 Rozdělení proteinů podle rozpustnosti

Z hlediska rozpustnosti lze proteiny klasifikovat do několika skupin. Albuminy jsou neutrální bílkoviny dobře rozpustné ve vodě, typickým zástupcem je ovalbumin z vaječného bílku. Globuliny jsou slabě kyselé a ve vodě nerozpustné, avšak rozpouštějí se ve zředěných roztocích solí. Patří sem například svalové proteiny myosin a aktin. Prolaminy (např. gliadin) a gluteliny (např. oryzenin z rýže) se nerozpouštějí ve vodě, ale jsou rozpustné ve zředěných roztocích solí, kyselin nebo zásad. Prolaminy se navíc rozpouštějí i v 70% ethanolu. Protaminy jsou bazické bílkoviny s dobrou rozpustností ve vodě, kyselinách i zásadách – jako příklad lze uvést salmin u lososa. Podobné vlastnosti mají i histony, bazické bílkoviny přítomné například v nukleoproteinech. Příkladem může být globin, což je součást hemoglobinu [1].

1.1.5 Rozdělení proteinů podle funkce

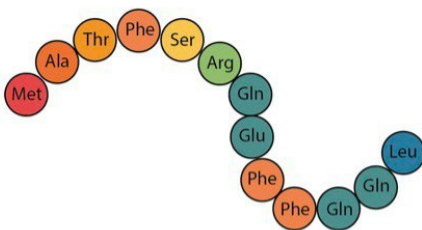
Z funkčního hlediska lze proteiny rozdělit do několika skupin. Strukturální proteiny poskytují mechanickou oporu a tvoří základní součást buněk a tkání – příkladem je kolagen v pojivové

tkáni, aktin v cytoskeletu či keratin ve vlasech a kůži. Transportní proteiny zajišťují přenos látek přes biologické membrány. Znáмым příkladem je hemoglobin, který transportuje kyslík v krvi. Regulační proteiny ovlivňují biochemické procesy v těle, například inzulin reguluje hladinu glukózy v krvi. Obranné proteiny, jako jsou imunoglobuliny (protilátky), slouží k rozpoznávání a neutralizaci patogenů. Pohybové proteiny (např. myosin, aktin nebo kinesin) zajišťují pohyb buněk, svalovou kontrakci nebo intracelulární transport. Zásobní proteiny, jako je ferritin, ukládají důležité látky – v tomto případě železo. Konečně, katalytické proteiny fungují jako enzymy, které urychlují biochemické reakce tím, že snižují jejich aktivační energii. Jejich účinnost závisí na struktuře i přítomnosti případných kofaktorů [1].

1.2 Struktura proteinů

1.2.1 Primární struktura proteinů

Primární struktura představuje sekvenci uspořádaných aminokyselin v polypeptidovém řetězci, který ilustruje obrázek 1. Tato sekvence určuje všechny následující úrovně struktury a tím i biologickou hodnotu proteinu. Každý protein má svou specifickou sekvenci, která je kódovaná genetickou informací. Jakákoli změna v této sekvenci může způsobit změny, které ovlivňují sekundární, terciární a kvartérní struktury, což následně změní funkci proteinu [1, 5].



Obrázek 1: Primární struktura proteinů [6]

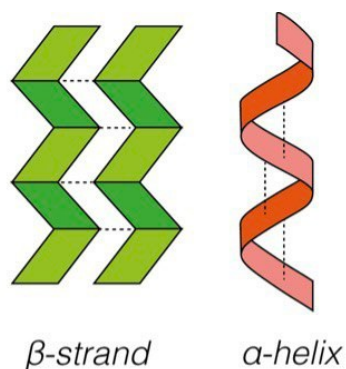
1.2.2 Sekundární struktura proteinů

Sekundární struktura je charakterizována prostorovým uspořádáním polypeptidového řetězce, které vzniká díky vodíkovým vazbám v kostře peptidového řetězce. Jak ukazuje obrázek 2, segmenty sekundární struktury se rozlišují na:

- α -helix: Jedna z nejběžnějších forem, kde je polypeptidový řetězec kroucený do šroubovice. Tato struktura je typická pro mnoho proteinů.

- β -skládání list: Zobrazuje se ve formě řetězců, které jsou uspořádány do listu a propojeny mezi sebou vodíkovými vazbami.

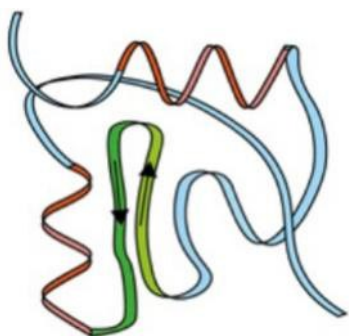
Sekundární struktura je důležitá pro stabilitu proteinu a jeho schopnost vykonávat biologické funkce, jako je interakce s jinými molekulami [1, 5].



Obrázek 2: Sekundární struktura proteinů – β -skládání list a α -helix [6]

1.2.3 Terciární struktura proteinů

Stabilitu terciární struktury zajišťují chemické interakce mezi postranními řetězci aminokyselin, jako jsou vodíkové můstky, van der Waalsovy síly a iontové vazby (viz obrázek 3). Terciární struktura je klíčová pro vykonávání specifických funkcí proteinu, protože určuje jeho tvar, který je nezbytný pro interakci s jinými molekulami [1, 5].

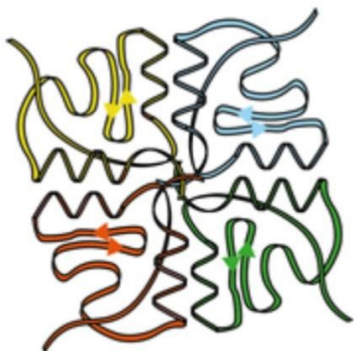


Obrázek 3: Terciární struktura proteinů [6]

1.2.4 Kvartérní struktura proteinů

Kvartérní struktura představuje uspořádání více polypeptidových podjednotek. Vzniká spojením těchto podjednotek, které mohou mít svou vlastní terciární strukturu, jak je znázorněno na obrázku 4. Pro kvartérní strukturu jsou klíčové různé typy interakcí, jako jsou vodíkové vazby, iontové interakce a van der Waalsovy síly. Příkladem proteinu s kvartérní

strukturou je hemoglobin, který se skládá ze čtyř polypeptidových řetězců. Tato struktura je nezbytná pro funkci hemoglobinu, který přenáší kyslík v krvi [1, 5].



Obrázek 4: Kvartérní struktura proteinů [6]

1.3 Modifikace proteinů

Modifikace proteinů představují důležitý technologický nástroj v potravinářství. Provádějí se za účelem zlepšení výživové hodnoty, stability, sensorických vlastností a funkční využitelnosti bílkovin. Uplatňují se zejména při zpracování bílkovin s nízkou biologickou hodnotou nebo při využívání netradičních surovin, jako jsou rostlinné či mikrobiální bílkoviny. Cílem může být zvýšení stravitelnosti, zlepšení rozpustnosti, odstranění antinutričních látek nebo zvýšení obsahu esenciálních aminokyselin. Proteinové modifikace lze rozdělit na chemické, enzymatické a fyzikální. Tyto úpravy ovlivňují funkční skupiny aminokyselin, mění strukturu proteinů a tím i jejich fyzikálně-chemické vlastnosti.

1.3.1 Chemické modifikace

Chemické modifikace se zaměřují na funkční skupiny postranních řetězců aminokyselin. Typickou úpravou je acylace, například succinylace, která snižuje izoelektrický bod bílkovin a tím zvyšuje jejich rozpustnost. Succinylované proteiny vykazují vyšší stabilitu a šlehatelnost. Reduktivní alkylace se provádí pomocí formaldehydu nebo NaBH_4 a modifikuje aminové skupiny, přičemž často snižuje stravitelnost. Glykosylace, například pomocí glukózy nebo laktózy, zlepšuje pěnivost, stabilitu a emulgační vlastnosti bílkovin. Oxidace cysteinových zbytků vede ke vzniku disulfidických můstků, které ovlivňují viskozitu a gelovací schopnosti. Hydrolýza amidových vazeb mění rozpustnost a stravitelnost proteinů. Nevýhodou některých chemických reakcí, zejména Maillardových reakcí, je snížení biologické dostupnosti aminokyselin, především lysinu, který se váže do nestravitelných produktů [7–9].

1.3.2 Enzymatické modifikace

Enzymatické úpravy zahrnují defosforylaci, tedy odstranění fosfátových skupin z fosfoproteinů, čímž se zvyšuje jejich rozpustnost. Významnou reakcí je plasteinová reakce, při níž dochází k enzymatickému spojování krátkých peptidů za vzniku nových peptidových vazeb. Tím je možné obohatit bílkoviny o deficitní esenciální aminokyseliny, jako jsou lysin nebo threonin, a zvýšit jejich biologickou hodnotu. Plasteinová reakce se využívá i ke zlepšení sensorických vlastností, zvýšení obsahu glutamátu nebo odstranění hořkých peptidů [7–9].

1.3.3 Fyzikální a strukturální modifikace

Fyzikální a strukturální úpravy proteinů zahrnují procesy, které mění jejich vlastnosti bez zásahu do jejich chemického složení. Patří sem například zahřívání, změny pH nebo působení tlaku, které mohou ovlivnit stravitelnost, rozpustnost nebo strukturu bílkovin. Jedním z těchto procesů je i texturace, při níž se upravuje vnitřní uspořádání proteinů tak, aby získaly požadovanou konzistenci. Texturované bílkoviny se využívají například při výrobě rostlinných náhražek masa nebo jako funkční složky v potravinách [7–9].

1.4 Proteolýza – enzymatický rozklad proteinů

Proteolýza představuje soubor enzymatických procesů, během nichž dochází k postupnému štěpení proteinů na kratší peptidy a nakonec na jednotlivé aminokyseliny. Tento proces je klíčový nejen pro trávení a využití proteinů ze stravy, ale i pro regulaci biologických funkcí, jako jsou aktivace hormonů nebo odstranění poškozených proteinů [10–12].

Žaludeční fáze – denaturace a aktivace pepsinu: Trávení proteinů začíná v žaludku, kde se uplatňuje kyselina chlorovodíková (HCl) a enzym pepsin. Kyselina vytváří silně kyselé prostředí (pH 1,5–3,5), které způsobuje denaturaci bílkovin – tedy rozvinutí jejich prostorové struktury na jednodušší polypeptidy, čímž se peptidové vazby stávají přístupnější enzymům. Pepsin, aktivovaný z neaktivního prekurzoru pepsinogenu, následně štěpí peptidové vazby v rámci proteinového řetězce, především mezi aromatickými aminokyselinami, jako jsou fenylalanin, tyrosin a tryptofan.

Střevní fáze – působení trypsinu, chymotrypsinu a exopeptidáz: V tenkém střevě pokračuje štěpení proteinů prostřednictvím pankreatických enzymů trypsinu a chymotrypsinu, které štěpí polypeptidy na kratší úseky. Exopeptidázy, jako jsou aminopeptidázy a karboxypeptidázy, poté odštěpují jednotlivé aminokyseliny z konců peptidových řetězců. Konečným produktem jsou volné aminokyseliny a malé peptidy, které jsou absorbovány enterocyty a dále využity v metabolismu [11, 12].

1.4.1 Faktory ovlivňující vstřebávání bílkovin

Na efektivitu vstřebávání bílkovin z potravy mají vliv jak fyziologické podmínky v trávicím traktu, tak i vlastnosti a technologická úprava samotných proteinů. Mezi klíčové faktory, které určují rychlost a rozsah hydrolyzy proteinů a následné vstřebávání aminokyselin, patří teplota zpracování, přítomnost inhibitorů trávicích enzymů, struktura proteinů a pH prostředí.

Tepelná úprava a Maillardovy reakce hrají významnou roli při ovlivňování stravitelnosti proteinů. Mírná tepelná úprava (např. vaření nebo enzymatická hydrolyza) může vést k denuraci bílkovin a tím zvýšit jejich citlivost k enzymatické hydrolyze. Naopak vysoké teploty za přítomnosti redukujících sacharidů mohou iniciovat Maillardovy reakce, které vedou k modifikaci aminokyselin, zejména lysinu, a tím ke snížení jejich biologické dostupnosti. V průběhu zpracování však může docházet také ke ztrátám cysteinu a tvorbě lysinoalaninu, což dále snižuje nutriční hodnotu bílkovin [3, 12, 13].

Trypsinové inhibitory, běžně se vyskytující v luštěninách (zejména v syrové sóji), snižují aktivitu trávicích enzymů, zejména trypsinu, a tím zpomalují trávení bílkovin. Jejich přítomnost může snížit stravitelnost bílkovin až o 50 % a v některých případech vést k úplné ztrátě biologické dostupnosti esenciálních aminokyselin, jako je lysin, což výrazně snižuje nutriční kvalitu bílkovin. Tepelné zpracování, jako je vaření, obvykle tyto inhibitory deaktivuje, nicméně nedostatečné zpracování může vést k jejich přetrvávání i v komerčních potravinách [3, 13, 14].

Fyzikálně-chemická struktura proteinů ovlivňuje jejich chování v trávicím traktu – zejména rychlost vyprazdňování žaludku a přístupnost pro enzymatické štěpení. Například mléčné výrobky s obsahem kaseinu, které vytvářejí gelové nebo agregované struktury, se tráví pomaleji než jejich kapalné formy. Proteiny s kompaktní terciární strukturou nebo hydrofobním jádrem mají nižší stravitelnost, protože jsou méně přístupné trávicím enzymům [3, 12].

Enzymatická hydrolyza představuje technologický proces, při kterém dochází k částečnému štěpení proteinů ještě před jejich konzumací. Takto upravené bílkoviny, známé jako proteinové hydrolyzáty, jsou ve sportovní výživě často využívány pro své funkční vlastnosti. Díky předštěpení na kratší peptidy a volné aminokyseliny dochází k jejich rychlejšímu vyprazdňování ze žaludku, rychlejšímu vstřebání ve střevě a k rychlejšímu vzestupu hladin aminokyselin v krevní plazmě, což je žádoucí zejména u sportovců. Tyto vlastnosti učinily proteinové hydrolyzáty oblíbenou součástí sportovní výživy, kde je požadována co nejrychlejší absorpce a dostupnost aminokyselin v plazmě [12, 15, 16].

pH prostředí v trávicím traktu zásadně ovlivňuje aktivitu trávicích enzymů. Například pepsin v žaludku je nejaktivnější při pH okolo 2, zatímco jeho účinnost prudce klesá při vyšších hodnotách. V tenkém střevě je naopak nezbytné pH blízké neutralitě pro optimální aktivitu pankreatických enzymů (např. trypsinu). Kolísání pH tak může přímo ovlivnit účinnost proteolýzy, a tím i míru vstřebávání [12].

1.4.2 Biosyntéza proteinů

Proteosyntéza, tedy tvorba bílkovin, je základní buněčný proces, během něhož dochází k převodu genetické informace uložené v deoxyribonukleové kyselině (DNA) do struktury funkčního proteinu. Tento dvoustupňový proces se skládá z transkripce (syntéza mRNA) a translace (syntéza polypeptidu na ribozomu).

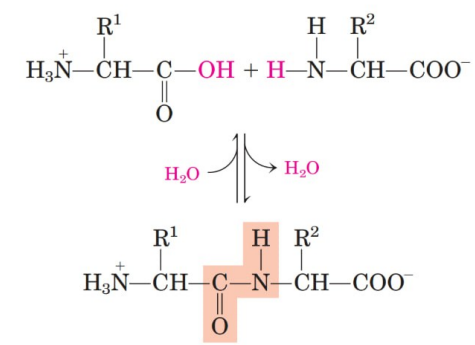
Transkripce – přepis genetické informace z DNA do RNA: V buněčném jádře se enzym RNA polymeráza naváže na řídicí oblast DNA a podle ní syntetizuje komplementární molekulu ribonukleové kyseliny (RNA), konkrétně její mediátorové formy (mRNA – messenger RNA). Tato prvotní forma se dále upravuje – odstraňují se nekódující úseky (introny), přidává se čepička na 5' konci a polyadenylový konec na 3' konci. Až poté může být mRNA přenesena do cytoplazmy.

Translace – syntéza bílkoviny na ribozomu: V cytoplazmě se mRNA naváže na ribozom, kde se podle pořadí kodonů připojují transferové RNA (tRNA) nesoucí specifické aminokyseliny. Ribozom katalyzuje tvorbu peptidových vazeb mezi aminokyselinami a postupně vytváří polypeptidový řetězec. Tento proces probíhá ve třech fázích: iniciace (navázání ribozomu), elongace (prodlužování řetězce) a terminace (ukončení syntézy při dosažení stop kodonu). Proteosyntéza je přesně regulována mnoha buněčnými faktory a představuje klíčový mechanismus pro růst, opravu tkání a tvorbu enzymů. V buňce může probíhat syntéza více kopií téhož proteinu současně – na jedné mRNA může být vázáno více ribozomů zároveň, čímž vzniká tzv. polysom, který výrazně zvyšuje efektivitu tohoto procesu [17–19].

2 Charakteristika peptidu

2.1 Definice a chemická struktura

Peptidy jsou biomolekuly složené z aminokyselin propojených peptidovými (amidovými) vazbami, které vznikají kondenzací karboxylové skupiny jedné aminokyseliny s aminoskupinou druhé. Tento proces vede ke vzniku lineárního řetězce s definovaným směrem od N-terminálního k C-terminálnímu konci. Vytvoření peptidické vazby probíhá kondenzací funkčních skupin dvou aminokyselin za vzniku dipeptidu (viz obr. 5). Podle délky řetězce se peptidy dělí na oligopeptidy, polypeptidy a proteiny. Oligopeptidy obvykle obsahují 2 až 10 aminokyselin, polypeptidy 11 až 50 aminokyselin, zatímco proteiny jsou delší polypeptidy, které obsahují více než 50 aminokyselin a vykazují složitější strukturu. Přesné rozlišování mezi peptidy a proteiny není vždy jednoznačné, ale proteiny mají obvykle složitější prostorové uspořádání, které je nezbytné pro jejich biologické funkce [19–21].



Obrázek 5: Vznik peptidové vazby mezi dvěma aminokyselinami kondenzací.

Aminová skupina jedné aminokyseliny reaguje s karboxylovou skupinou druhé za vzniku peptidové vazby a uvolnění vody. Za fyziologického pH však tato reakce spontánně neprobíhá [2].

2.2 Funkce peptidů v organismu

Peptidy mají v těle širokou škálu biologických funkcí. Jednou z nejdůležitějších rolí peptidů je jejich působení jako hormony. Peptidové hormony jsou produkovány různými žlázami a regulují klíčové procesy v těle, včetně metabolismu, růstu a reprodukce. Příkladem jsou inzulin a glukagon, které regulují hladinu glukózy v krvi. Inzulin, který je produkován β - buňkami pankreatu, snižuje hladinu glukózy v krvi, zatímco glukagon, produkováný α - buňkami pankreatu, zvyšuje hladinu glukózy mobilizováním glykogenových zásob. Dále mezi peptidové hormony patří oxytocin, který reguluje děložní kontrakce a laktaci, a vasopresin, který působí na hospodaření s vodou v těle [10, 19].

2.3 Rozlišení peptidů a proteinů

Rozdíl mezi peptidy a proteiny spočívá především v jejich délce a komplexnosti struktury. Peptidy jsou obvykle kratší řetězce aminokyselin a nemají tak komplexní trojrozměrnou strukturu jako proteiny. Proteiny jsou tvořeny delšími polypeptidovými řetězci, které se skládají do komplexních prostorových uspořádání a vykonávají různé biologické funkce, jako jsou enzymatická aktivita, transport molekul, strukturální role nebo signalizace. Na rozdíl od peptidů, které vykonávají specifické signální funkce (například jako hormony), proteiny mají širší spektrum biologických rolí díky své strukturní komplexnosti. Peptidy a proteiny se tedy vzájemně doplňují v biologických procesech, kde peptidy často slouží jako rychlí a účinní regulátoři, zatímco proteiny vykonávají složitější funkce, které vyžadují stabilní a organizovanou strukturu [12, 20, 21].

3 Aminokyseliny

Aminokyseliny (AK) jsou základními stavebními kameny proteinů a hrají zásadní roli v celé řadě biologických procesů, včetně syntézy bílkovin, metabolismu, imunitních funkcí a buněčné signalizace. Chemicky se jedná o organické sloučeniny obsahující aminoskupinu (-NH₂), karboxylovou skupinu (-COOH), atom vodíku a specifický postranní řetězec (R-skupinu), který určuje vlastnosti konkrétní aminokyseliny. V lidském organismu je 20 kodujících aminokyselin, jež se zapojují do tvorby proteinů. Většina aminokyselin má asymetrický uhlík, což z nich činí chirální molekuly schopné existovat ve dvou optických izomerech – L a D formě (viz obr. 6). Ve většině přírodních proteinů se nacházejí převážně L-aminokyseliny [22, 23].



Obrázek 6: Strukturální vzorce L-alaninu a D-alaninu [2]

3.1 Klasifikace aminokyselin podle schopnosti syntézy v lidském těle

Aminokyseliny lze dělit podle různých hledisek, přičemž jedním z nejdůležitějších je jejich schopnost být syntetizovány v lidském organismu. Na základě této vlastnosti lze rozlišit tři hlavní skupiny: esenciální, neesenciální a podmíněně esenciální aminokyseliny.

Esenciální aminokyseliny (EAA) si lidský organismus nedokáže sám vytvořit, a proto je nezbytné je přijímat v dostatečném množství prostřednictvím potravy. Mezi ně patří například lysin, leucin nebo methionin, které hrají klíčovou roli v růstu, regeneraci nebo udržování dusíkové rovnováhy. Naopak neesenciální aminokyseliny (NEAA) si tělo dokáže syntetizovat samo z jiných látek, obvykle z meziproductů metabolismu. Patří sem například alanin nebo glutamát, které se účastní přeměn sacharidů a dusíkatého metabolismu. Mezi těmito dvěma kategoriemi existuje ještě přechodná skupina, tzv. podmíněně esenciální aminokyseliny. Ty jsou za běžných fyziologických podmínek syntetizovatelné, avšak v některých situacích, jako jsou například růst, nemoc, fyzické přetížení nebo stres, může být jejich endogenní syntéza nedostatečná a stávají se esenciálními. Mezi tyto aminokyseliny patří například arginin, glutamin nebo cystein [22, 24, 25].

3.2 Funkce aminokyselin a jejich význam ve sportovní výživě

Aminokyseliny nejsou pouze základními stavebními jednotkami proteinů, ale plní i řadu klíčových fyziologických funkcí, které mají zásadní význam jak pro zdraví obecně, tak v kontextu zvýšené fyzické zátěže. Jejich role lze rozdělit na strukturální, metabolické, regulační a imunologické [22].

3.2.1 Strukturální funkce

Primární úlohou aminokyselin je tvorba proteinů, které se uplatňují ve struktuře tkání, enzymech, hormonech a dalších funkčních molekulách. Každý protein je tvořen specifickou sekvencí aminokyselin, která určuje jeho prostorovou konfiguraci a biologickou funkci [22].

3.2.2 Metabolická funkce

Aminokyseliny slouží jako zdroj dusíku a uhlíku v metabolismu, mohou být využívány jako energetický substrát nebo přeměňovány na klíčové metabolity. Některé z nich, například glutamin a alanin, zajišťují metabolickou flexibilitu buněk a pomáhají udržovat acidobazickou rovnováhu [24].

3.2.3 Regulační funkce

Některé aminokyseliny v organismu nepůsobí pouze jako stavební jednotky proteinů, ale také jako signální molekuly. Například leucin aktivuje signální dráhu mTOR (mechanistic Target of Rapamycin), která hraje klíčovou roli v regulaci buněčného růstu, metabolismu a syntéze svalových bílkovin. Aktivace této dráhy má zásadní význam zejména ve sportovní výživě, kde podporuje proteosyntézu a regeneraci svalové tkáně [22, 24]. Tryptofan je prekurzorem serotoninu, ovlivňujícího náladu a spánek, zatímco arginin se podílí na tvorbě oxidu dusnatého (NO), který zlepšuje cévní tonus a prokrvení [24].

3.2.4 Imunitní a antioxidační funkce

Aminokyseliny jako glutamin a cystein hrají klíčovou roli v imunitní odpovědi a ochraně před oxidačním stresem. Glutamin je důležitým zdrojem energie pro imunitní buňky a podílí se na syntéze glutathionu, hlavního intracelulárního antioxidantu. Dostatečný příjem glutaminu tak může přispět k ochraně před zánětem a urychlit regeneraci. Některé studie navíc poukazují na jeho potenciál v prevenci infekcí horních cest dýchacích po intenzivní zátěži [24, 26].

3.3 Katabolismus aminokyselin

Katabolismus aminokyselin je proces, při kterém se aminokyseliny rozkládají za účelem využití jejich uhlíkového skeletu jako zdroje energie nebo stavebního materiálu. Prvním krokem je odstranění aminoskupiny, která se většinou přenáší na α -ketoglutarát za vzniku glutamátu (transaminace). Následně se glutamát deaminuje za uvolnění amoniaku (NH_4^+). Protože je amoniak pro tělo toxický, je v játrech přeměněn na močovinu prostřednictvím močovinového cyklu. Uhlíkové kostry aminokyselin se mění na meziprodukty, jako jsou pyruvát, acetyl-CoA nebo oxalacetát, které dále vstupují do metabolických drah, například glukoneogeneze nebo syntézy mastných kyselin. Například alanin se může přeměnit na glukózu, leucin slouží jako zdroj pro tvorbu lipidů. Narušení těchto drah vede k dědičným poruchám metabolismu. Mezi nejznámější patří fenylketonurie, která je způsobena poruchou přeměny fenylalaninu v důsledku nedostatku enzymu fenylalanin hydroxylázy [22, 24].

3.4 Anabolismus aminokyselin

Anabolismus aminokyselin zahrnuje tvorbu neesenciálních a podmíněně esenciálních aminokyselin z meziproduktů metabolických drah, jako jsou pyruvát, oxalacetát nebo α -ketoglutarát. Tyto látky přijímají aminoskupiny (obvykle z glutamátu) a přeměňují se na nové aminokyseliny, například alanin, aspartát nebo glutamát. Některé aminokyseliny se tvoří přeměnou jiných – například tyrosin vzniká z fenylalaninu a cystein z methioninu. Tento biosyntetický proces je úzce propojen s buněčnou regulací. Dostatek aminokyselin, jako jsou leucin, glutamin nebo arginin, aktivuje signální dráhu zajišťující syntézu bílkovin a podporu buněčného růstu. Naopak při jejich nedostatku buňka aktivuje stresovou signální dráhu citlivou na omezený přísun živin, která ovlivňuje tvorbu bílkovin a upravuje metabolismus [22, 24].

4 Význam bílkovin pro sportovce

Bílkoviny plní v organismu sportovce nezastupitelné funkce. Kromě toho, že tvoří základní stavební materiál buněk a tkání, také regulují řadu metabolických, hormonálních a imunitních procesů. Zvýšená fyzická aktivita vede k vyšší potřebě bílkovin v důsledku častější obnovy svalových vláken, zvýšené syntézy enzymů a urychlené regenerace. Nedostatečný nebo nekvalitní příjem proteinů může mít negativní dopady na regeneraci, výkonnost i celkové zdraví sportovce [27, 28].

4.1 Obnova a růst svalové hmoty

Jedním z klíčových dějů je syntéza svalových bílkovin (muscle protein synthesis, MPS), kterou stimuluje samotná fyzická zátěž. Pro maximální efektivitu tohoto procesu je nezbytný adekvátní přísun esenciálních aminokyselin, zejména leucinu, jenž aktivuje signální dráhu mTOR. Optimální dávka po tréninku činí 20–25 g rychle vstřebatelných bílkovin, přičemž u starších osob může být pro dosažení stejného efektu nutné dávku zvýšit. Efektivním přístupem je rovnoměrné rozložení denního příjmu proteinů do jednotlivých jídel [29, 30].

4.2 Prevence svalového katabolismu

Bílkoviny zároveň hrají klíčovou roli při prevenci svalového katabolismu, ke kterému může docházet při energetickém deficitu nebo nadměrné zátěži, kdy tělo využívá svalové bílkoviny jako zdroj energie. Udržení pozitivní dusíkové bilance – nezbytné pro ochranu svalové hmoty – vyžaduje dostatečný příjem kvalitních proteinů [27, 28].

4.3 Regenerace a podpora imunity

Další důležitou funkcí bílkovin je podpora regenerace a imunity. Krátce po fyzické aktivitě přispívá příjem bílkovin k opravě svalových vláken, snižuje únavu a urychluje návrat organismu do rovnováhy. Svalové buňky jsou po výkonu citlivější na přijaté živiny, a proto je výhodné doplnit bílkoviny i před spaním, kdy dochází k noční syntéze svalových bílkovin. Aminokyseliny jako glutamin a arginin rovněž slouží jako energetický substrát pro buňky imunitního systému a přispívají k prevenci infekcí při zvýšené fyzické zátěži [28, 31].

4.4 Denní potřeba a doporučený příjem bílkovin

Na základě výše uvedených funkcí bílkovin u sportovců je zřejmé, že běžné doporučené množství pro populaci (0,8 g/kg tělesné hmotnosti/den) zpravidla nepostačuje. Pro fyzicky aktivní jedince se proto doporučuje příjem v rozmezí 1,4–2,0 g/kg/den, který lépe pokrývá zvýšené metabolické nároky a přispívá k adaptaci na zátěž, udržení svalové hmoty a její

regeneraci. Dlouhodobá suplementace bílkovinami v kombinaci s odporovým tréninkem (resistance exercise training, RET) prokazatelně zvyšuje svalovou sílu (například maximální sílu při jednom opakování), objem beztukové tělesné hmoty a podporuje redukci tukové tkáně. Výsledky metaanalýz zároveň naznačují existenci tzv. prahového efektu – tedy jevu, kdy při příjmu vyšším než 1,6 g/kg/den již další zvyšování množství bílkovin nepřináší významné zlepšení růstu svalové hmoty [27, 30].

4.5 Načasování a distribuce příjmu bílkovin

Přestože nejdůležitějším faktorem pro podporu svalového růstu zůstává celkový denní příjem bílkovin, jejich načasování a rovnoměrná distribuce během dne mohou dále zlepšit efektivitu příjmu. Příjem bílkovin před a/nebo po tréninku prokazatelně stimuluje MPS, což napomáhá opravě a růstu svalových vláken. Zatímco běžně doporučovaná dávka činí 20–25 g, po náročném celotělovém tréninku může být výhodnější dávka až 40 g syrovátkového proteinu [29, 31]. Účinným přístupem je rovnoměrné rozložení bílkovin v průběhu dne, ideálně každé 3–4 hodiny v dávkách 20–40 g nebo 0,25–0,40 g/kg. Tento režim podporuje kontinuální stimulaci MPS, pozitivně ovlivňuje tělesné složení a přispívá k lepší tréninkové adaptaci. Bylo například prokázáno, že příjem 20 g bílkovin každé tři hodiny po dobu 12 hodin po zátěži stimuluje svalovou proteosyntézu účinněji než méně rovnoměrná schémata příjmu [27].

4.6 Suplementace bílkovinami a její účinnost

Suplementace bílkovinami, zejména v kombinaci s RET, se ukazuje jako účinný nástroj ke zlepšení svalové síly a hypertrofie. Přínos suplementace bývá výraznější u trénovaných osob, které již mají vytvořené adaptační mechanismy. Klíčovým faktorem zůstává celkový příjem, přičemž denní dávky do 1,6 g/kg/den jsou považovány za optimální – vyšší množství již zpravidla nepřináší další zisky [30].

4.7 Specifika bílkovinné výživy u starších osob

Závěrečná část této kapitoly se zaměřuje na věková specifika proteinové výživy. S věkem se snižuje anabolická citlivost svalové tkáně, a proto starší jedinci často potřebují vyšší dávky bílkovin k dosažení obdobných efektů jako mladší populace. U zdravých seniorů se doporučuje denní příjem bílkovin v rozmezí 1,0–1,2 g/kg tělesné hmotnosti. U jedinců s rizikem podvýživy nebo chronickým onemocněním se doporučení zvyšuje na 1,2–1,5 g/kg, přičemž v některých případech může být zapotřebí ještě vyšší příjem. Kombinace dostatečného příjmu bílkovin s pravidelným odporovým tréninkem je považována za účinnou prevenci a léčbu sarkopenie – věkem podmíněné ztráty svalové hmoty a síly [32].

5 Získávání a stravitelnost proteinových izolátů

5.1 Technologie získávání proteinových izolátů

Výroba proteinových izolátů, zejména ze syrovátky, je založena na aplikaci fyzikálně-chemických separačních metod, které umožňují oddělit bílkoviny od ostatních složek, jako jsou laktóza, minerální látky a voda. Nejčastěji využívanou technologií je ultrafiltrace, která pracuje na principu velikostní separace a umožňuje získat koncentráty s obsahem bílkovin v rozmezí 35–75 %. Tento proces bývá často kombinován s chromatografickou separací, která slouží k rozdělení jednotlivých proteinových frakcí na základě jejich elektrického náboje a izoelektrického bodu. Doplňkově se využívá také reverzní osmóza nebo gelová filtrace, jež napomáhají ke zvýšení koncentrace sušiny. Mezi novější technologie patří iontově výměnné membrány, které propojují výhody klasické chromatografie a membránových procesů. Tyto systémy usilují o vyšší účinnost separace a zároveň o snížení environmentální zátěže a spotřeby chemikálií. Přestože jsou tyto metody účinné, narážejí na jistá omezení. Mezi hlavní nevýhody patří vysoké provozní náklady, zanášení membrán a vznik permeátu, tedy odpadního proudu s nízkým obsahem bílkovin. Z tohoto důvodu je výzkum v oblasti optimalizace separačních procesů i nadále velmi aktuální [33].

5.2 Stravitelnost a biologická hodnota proteinů

Před zavedením moderních metod se nutriční kvalita bílkovin posuzovala pomocí ukazatelů založených na dusíkové bilanci. Mezi nejčastěji používané patřily **biologická hodnota (BV)** a **čisté využití proteinu (NPU)**. Biologická hodnota udává, jak účinně je vstřebaný dusík z dané bílkoviny využit pro syntézu tělesných bílkovin. Ukazatel NPU rozšiřuje tento přístup o podíl celkově přijatého dusíku, který byl organismem zadržen. Obě metody přinesly základní informace o celkové využitelnosti bílkovin, avšak nezohledňují rozdíly v zastoupení jednotlivých esenciálních aminokyselin ani jejich specifickou stravitelnost [34].

Z těchto důvodů byly tradiční metody postupně nahrazeny přesnějšími systémy. Moderní přístup k hodnocení bílkovin představuje metoda **DIAAS (Digestible Indispensable Amino Acid Score)**, která nahradila dříve používaný ukazatel **PDCAAS (Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score)**. Hlavním přínosem DIAAS je zohlednění standardizované ileální stravitelnosti jednotlivých esenciálních aminokyselin, měřené na modelu prasat, jejichž trávicí trakt se strukturou i funkcí blíží lidskému. Tato metoda lépe odráží reálné podmínky vstřebávání aminokyselin v tenkém střevě, zatímco PDCAAS vychází z celkové stravitelnosti

bílkovin na základě obsahu dusíku ve stolici, což může vést k nadhodnocení kvality některých proteinů.

Podle doporučení Organizace pro výživu a zemědělství OSN (FAO) jsou bílkoviny s hodnotou DIAAS ≥ 100 považovány za plnohodnotné, neboť obsahují všechny esenciální aminokyseliny v množstvích pokrývajících fyziologické potřeby člověka. Mezi takto hodnocené zdroje patří zejména mléčné bílkoviny, jako jsou syrovátkový izolát (WPI), koncentrát (WPC), mléčný proteinový koncentrát nebo kasein. Naproti tomu proteiny s neúplným aminokyselinovým spektrem, například želatina, dosahují nízkých hodnot a nejsou vhodné jako jediný nebo hlavní zdroj bílkovin. Nutriční kvalitu bílkovin však ovlivňuje nejen jejich složení a stravitelnost, ale také technologické zpracování. Tepelná úprava, mechanické působení nebo přítomnost antinutričních látek (zejména u rostlinných bílkovin) může biologickou dostupnost aminokyselin snižovat. Naopak vhodné technologické úpravy, například šetrné tepelné zpracování nebo mechanické rozrušení struktury, mohou stravitelnost bílkovin významně zlepšit [34, 35].

6 Typy proteinových doplňků

Proteinové doplňky jsou oblíbenou součástí stravy mnoha sportovců a jedinců usilujících o zvýšení svalové hmoty, zlepšení regenerace nebo doplnění celkového příjmu bílkovin. Existuje široká škála proteinových doplňků, které se liší svým původem, rychlostí vstřebávání a obsahem aminokyselin. Tato kapitola se zaměří na nejpoužívanější typy proteinových doplňků a jejich charakteristiky.

6.1 Syrovátkové proteiny

Syrovátkový protein je jedním z nejpobulárnějších a nejčastěji používaných proteinových doplňků, díky své rychlé vstřebatelnosti a vysokému obsahu esenciálních aminokyselin (EAA), včetně rozvětvených aminokyselin (BCAA). Esenciální aminokyseliny jsou považovány za primárně zodpovědné za stimulaci syntézy svalových bílkovin po cvičení. Syrovátkový protein se získává jako vedlejší produkt při výrobě sýra a existuje ve třech hlavních formách: koncentrát, izolát a hydrolyzát [27, 29].

Existují tři hlavní formy syrovátkového proteinu:

Syrovátkový proteinový koncentrát (WPC) obsahuje obvykle 70–80 % bílkovin, s menším množstvím laktózy a tuku. Je to nejméně zpracovaná forma syrovátkového proteinu a bývá cenově nejdostupnější. Syrovátkový proteinový koncentrát si zachovává některé bioaktivní složky, které se mohou pozitivně podílet na zdraví [27].

Syrovátkový proteinový izolát (WPI) prochází dalším zpracováním, které odstraňuje většinu tuku a laktózy, čímž dosahuje vyšší koncentrace bílkovin, obvykle nad 90 %. Díky nižšímu obsahu laktózy je izolát často lépe tolerován lidmi s mírnou intolerancí laktózy. Rychlá absorpce izolátu z něj činí vhodnou volbu po tréninku pro rychlé doplnění aminokyselin [27, 36].

Syrovátkový proteinový hydrolyzát (WPH) je předtrávená forma syrovátkového proteinu, kde jsou bílkoviny rozštěpeny na menší peptidy. Tato forma se vyznačuje ještě rychlejší vstřebatelností než koncentrát a izolát. Hydrolyzáty mohou také mít mírně hořkou chuť kvůli přítomnosti kratších peptidů. Některé studie naznačují, že hydrolyzovaný syrovátkový protein může mít pozitivní vliv na regeneraci a snížení svalové bolesti po intenzivním cvičení [27].

Proteinová suplementace může účinně podpořit růst svalové hmoty, zejména v kombinaci se silovým tréninkem. Výzkumy ukazují, že optimální přínos se obvykle dosahuje při celkovém denním příjmu bílkovin okolo 1,6 g/kg tělesné hmotnosti, přičemž vyšší dávky již nemusejí mít

větší efekt [30]. Důležitější než samotné načasování suplementace je dostatečný celkový denní příjem kvalitních proteinů. Syrovátkový protein je často volen díky své rychlé vstřebatelnosti a obsahu esenciálních aminokyselin, ale pozitivní vliv mohou mít i další zdroje, jako jsou kasein nebo rostlinné proteiny, pokud jsou správně kombinovány [29, 37]

6.2 Kaseinové proteiny

Kasein je hlavní bílkovinou mléka, představující přibližně 80 % jeho celkového proteinového obsahu. Je charakterizován jako pomalu stravitelný protein, což je dáno jeho schopností tvořit v kyselém prostředí žaludku koagulovaný gel. Tato sraženina zpomaluje trávení a uvolňování aminokyselin do krevního oběhu, čímž dochází k mírnějšímu, ale déle trvajícím zvýšení jejich koncentrace v krvi ve srovnání s rychleji stravitelnými proteiny, jako je syrovátka [38]. Díky své pomalé stravitelnosti je kasein považován za vhodný protein ke konzumaci před spaním, protože zajišťuje dlouhodobý přísun aminokyselin během noční regenerace a podporuje udržení anabolického prostředí v organismu [38, 39]. Předspanková suplementace kaseinem byla spojena se zvýšením noční syntézy svalových bílkovin, a to jak strukturálních (myofibrilárních), které jsou důležité pro růst a sílu svalů, tak mitochondriálních, které se podílejí na tvorbě energie v buňkách. Bylo prokázáno, že příjem 45 g kaseinu nebo syrovátky přibližně 30 minut před spaním vedl ke statisticky významnému zvýšení syntézy svalových bílkovin ve srovnání s kontrolní látkou, přičemž nebyly zaznamenány rozdíly mezi oběma typy bílkovin v účinnosti této stimulace [39]. Naopak jiné studie naznačují, že syrovátkový protein může stimulovat syntézu svalových bílkovin efektivněji než kasein nebo jeho hydrolyzovaná forma, a to především díky rychlejšímu trávení a vyššímu obsahu leucinu [40]. Přesto je kasein považován za účinný zdroj bílkovin, který podporuje regeneraci svalové hmoty v období spánku a dlouhodobě zajišťuje dostupnost esenciálních aminokyselin [38–40].

Kasein se vyskytuje v několika formách – nejčastěji jako micelární kasein, kaseinát vápenatý a kaseinát sodný. Micelární kasein je přirozená a nejméně upravená forma, která v žaludku tvoří hustý gel a zpomaluje vstřebávání aminokyselin. Koncentrace aminokyselin v krvi zůstává po jeho konzumaci zvýšená po dobu až 6–8 hodin. Kaseinát vápenatý je upravená forma s vyšší rozpustností, a tedy i rychlejším vstřebáváním ve srovnání s micelárním kaseinem [38]. Hydrolyzovaný kasein, tedy enzymaticky naštěpená forma, se tráví rychleji než nezměněná forma kaseinu a má podobné aminokyselinové složení, ale může vykazovat nižší anabolickou odpověď než syrovátka kvůli nižšímu obsahu leucinu [40].

Lze tedy shrnout, že kasein je kvalitním zdrojem bílkovin s pozvolným uvolňováním aminokyselin, díky čemuž je vhodný zejména pro noční regeneraci nebo při delších pauzách mezi jídly. Jeho účinek závisí na konkrétní formě, způsobu zpracování a složení obsažených aminokyselin.

6.3 Rostlinné proteiny

Rostlinné proteiny jsou vhodnou alternativou pro vegany, vegetariány a jedince s alergiemi nebo intolerancemi na mléčné výrobky. Mezi běžné rostlinné zdroje proteinových doplňků patří sójový protein, hrachový protein, rýžový protein, konopný protein a další [27, 36].

Jedním z hlavních rozdílů mezi rostlinnými a živočišnými proteiny je jejich aminokyselinový profil a stravitelnost. Rostlinné proteiny bývají často označovány jako nekompletní, protože nemusí obsahovat dostatečné množství všech devíti esenciálních aminokyselin. Například luštěniny bývají chudé na methionin a cystein, zatímco obiloviny mají nižší obsah lysinu a tryptofanu. Kromě toho může být stravitelnost a biologická dostupnost aminokyselin z rostlinných zdrojů nižší ve srovnání s živočišnými proteiny, a to kvůli přítomnosti vlákniny a antinutričních látek, jako jsou trypsinové inhibitory. Pro zvýšení kvality rostlinných proteinů se často doporučuje kombinovat různé zdroje tak, aby byl zajištěn dostatečný příjem všech esenciálních aminokyselin. Například kombinace obilovin a luštěnin může vytvořit kompletní proteinový profil [3, 36].

I přes tyto rozdíly mohou být rostlinné proteiny účinné při podpoře svalového růstu a regenerace, pokud je zajištěn dostatečný celkový příjem bílkovin a kompletní aminokyselinový profil, a to buď prostřednictvím pestré stravy, nebo cílených kombinací [3]. Některé studie dokonce naznačují, že v dlouhodobém horizontu mohou mít rostlinné proteiny srovnatelné účinky na svalovou hmotu a sílu jako živočišné proteiny, pokud je příjem a kvalita proteinu adekvátní [27, 30].

6.4 Vícesložkové proteinové směsi

Vícesložkové proteinové doplňky představují moderní přístup k suplementaci, který se odlišuje od tradičních přípravků založených na jednom typu bílkoviny. Tyto produkty kombinují různé zdroje proteinů – nejčastěji směs živočišných (např. syrovátka a kasein) a rostlinných (např. hrachový, sójový, pšeničný či kukuřičný protein). Hlavním cílem takové kombinace je zlepšení nutričního profilu výsledného doplňku a rozšíření spektra aminokyselin, zejména těch esenciálních. Vzhledem k tomu, že jednotlivé proteinové zdroje se liší obsahem esenciálních aminokyselin, jejich vzájemnou kombinací lze kompenzovat případné nedostatky a vytvořit

aminokyselinový profil srovnatelný s plnohodnotnými živočišnými bílkovinami [41, 42]. Kromě proteinových složek bývají tyto doplňky často obohaceny o další bioaktivní látky, jako jsou vitamíny, minerální látky, trávicí enzymy nebo probiotika. Tyto přidané složky mohou podpořit širší spektrum fyziologických funkcí – včetně trávení, imunitních reakcí a celkového metabolického zdraví [43]. Účinek vícesložkových proteinových směsí na svalovou proteosyntézu (MPS), která je klíčová pro růst a regeneraci svalů, byl potvrzen v několika studiích. Výsledky ukazují, že směsi složené z různých typů proteinů – včetně kombinací mléčných a rostlinných – mohou stimulovat MPS srovnatelně s vysoce kvalitními živočišnými proteiny, jako je syrovátka. Například hybridní směsi (např. mléko + rostliny) dosáhly podobné stimulace MPS jako čistá syrovátka, a to i přes nižší plazmatické koncentrace esenciálních aminokyselin. Rovněž u rostlinných směsí (např. pšenice nebo hrách) bylo prokázáno, že po jejich konzumaci dochází k významnému nárůstu MPS, srovnatelnému s odezvou na mléčný protein. Výsledky studií naznačují, že dobře sestavené vícesložkové směsi, včetně čistě rostlinných, mohou efektivně podpořit regeneraci a adaptaci svalové hmoty [41, 42].

Širší spektrum benefitů vícesložkových proteinových doplňků, které jsou navíc obohaceny o vitamíny, minerální látky a probiotika, bylo prokázáno v klinické studii provedené u zdravých dospělých. Testovaný přípravek obsahoval kombinaci rostlinných a mléčných proteinů spolu s dalšími bioaktivními složkami. V porovnání s kontrolní skupinou bylo zaznamenáno zlepšení v celé řadě zdravotních a výkonnostních ukazatelů, mimo jiné v oblasti tělesného složení, fyzické kondice a subjektivně vnímané vitality. Účastníci dále uváděli lepší kvalitu spánku, vyšší hladinu energie a zmírnění trávicích obtíží. Doplňek byl hodnocen jako bezpečný a dobře tolerovaný [43]. Současný výzkum ukazuje, že vhodně navržené vícesložkové směsi, ať už na bázi živočišných, rostlinných či kombinovaných proteinů, mohou účinně podporovat regeneraci, svalový růst i celkové zdraví. Jejich účinnost však závisí na kvalitě složení a zohlednění individuálních potřeb konzumenta.

Následující tabulka 1 shrnuje čtyři hlavní skupiny proteinových doplňků na základě jejich původu, výhod, specifických forem a doporučeného použití. Tento přehled slouží jako orientační pomůcka při výběru vhodného typu proteinu v závislosti na individuálních potřebách, tréninkových cílech a preferencích konzumenta.

Tabulka 1: Přehled typů proteinových doplňků

Typ proteinu	Hlavní výhody	Specifické formy	Typické použití
Syrovátkové proteiny	Rychlá vstřebatelnost, vysoký obsah EAA a BCAA	Koncentrát (WPC), izolát (WPI), hydrolyzát (WPH)	Po tréninku pro rychlé doplnění aminokyselin
Kaseinové proteiny	Pomalé trávení, dlouhodobé uvolňování aminokyselin	Micelární kasein, kaseinát vápenatý, kaseinát sodný, hydrolyzovaný kasein	Před spaním nebo při dlouhých pauzách mezi jídly
Rostlinné proteiny	Vhodné pro vegany, možnost kombinace pro plný profil AK	Sójový, hrachový, rýžový, konopný protein	V průběhu dne, kombinace s jinými rostlinnými zdroji
Vícesložkové směsi	Vyvážený aminokyselinový profil, univerzální použití	Kombinace syrovátka + rostlinné nebo čistě rostlinné směsi	Univerzální použití, vhodné pro regeneraci i doplnění stravy

7 Metody stanovení obsahu bílkovin

Bílkoviny představují klíčovou složku lidské výživy, nezbytnou pro růst, regeneraci tkání a udržování mnoha fyziologických funkcí. Správné stanovení jejich obsahu v potravinách je proto důležité nejen z hlediska výživové hodnoty, ale také pro hodnocení kvality a technologických vlastností surovin. V praxi je k dispozici řada analytických metod, které se liší citlivostí, rychlostí, nároky na přístrojové vybavení a vhodností pro různé typy vzorků. Volba konkrétní metody závisí nejen na povaze analyzované matrice, ale také na požadované přesnosti výsledků. Zvláště u potravin s komplexním složením může mít výběr analytické metody zásadní vliv na přesnost stanovení obsahu bílkovin [44].

V této kapitole budou popsány Kjeldahlova metoda, Biuretova metoda, Bradfordova metoda, Lowryho metoda a Dumasova metoda. Každá z těchto metod má své výhody a omezení, a jejich správná volba je klíčová pro dosažení spolehlivých a přesných výsledků.

7.1 Kjeldahlova metoda

Kjeldahlova metoda, vyvinutá Johannem Kjeldahlem v roce 1883, je tradiční technikou pro stanovení celkového organického dusíku. Princip metody spočívá v přeměně veškerého organického dusíku přítomného ve vzorku na síran amonný (dle rovnice 1) pomocí mineralizace v koncentrované kyselině sírové za přítomnosti katalyzátorů:



Po ukončení rozkladu je směs alkalizována hydroxidem sodným. Uvolněný amoniak se destiluje do předem odměřeného přebytku kyseliny sírové o známé koncentraci. Amoniak s ní reaguje za vzniku síranu amonného.

Dochází k reakci (2):



Nezreagovaný přebytek kyseliny sírové se následně titruje odměrným roztokem hydroxidu sodného (dle rovnice 3) [45].



Výsledný obsah dusíku se přepočítává na hrubý obsah bílkovin pomocí faktoru 6,25. Kjeldahlova metoda stanovuje celkový dusík, a proto je někdy nutné odečíst nebílkovinný dusík. Přestože je postup časově náročný, zůstává standardní metodou v potravinářské chemii [46].

7.2 Bradfordova metoda

Bradfordova metoda je kolorimetrická technika využívající vazbu barviva Coomassie Brilliant Blue G-250 na proteiny. Při navázání barviva dochází ke změně barvy z načervenalé na modrou a k posunu absorpčního maxima z 465 nm na 595 nm. Zvýšení absorbance při 595 nm je přímo úměrné koncentraci proteinů ve vzorku. V kyselém prostředí, při pH nižším, než je izoelektrický bod proteinu, se barvivo váže elektrostaticky na pozitivně nabitě části molekul, přičemž vazba je dále stabilizována hydrofobními interakcemi. Postup zahrnuje smíchání vzorku s Bradfordovým činidlem, následné měření absorbance při 595 nm proti slepému vzorku a určení koncentrace proteinů pomocí standardní kalibrační křivky se hovězím sérovým albuminem. Díky své jednoduchosti, rychlosti a vysoké citlivosti je Bradfordova metoda široce využívána k analýze nízkých koncentrací proteinů, zejména při purifikaci enzymů a proteinových izolátů [46, 48].

7.3 Lowryho metoda

Lowryho metoda je kolorimetrická technika určená ke stanovení obsahu bílkovin. Princip spočívá v kombinaci dvou chemických reakcí. Nejprve v alkalickém prostředí reagují peptidové vazby proteinů s měďnatými ionty (Cu^{2+}) za vzniku světle modrého komplexu (biuretová reakce). Následně dochází k redukci Folin-Ciocalteuova činidla aromatickými aminokyselinami, jako jsou tyrosin a tryptofan, což vede k tvorbě tmavě modrého komplexu. Intenzita barevné změny je přímo úměrná koncentraci proteinů ve vzorku a měří se spektrofotometricky při vlnové délce přibližně 750 nm. Díky vysoké citlivosti je metoda schopna detekovat koncentrace proteinů v rozmezí 0,01–1,0 mg/mL. Na druhou stranu může být ovlivněna přítomností některých rušivých látek, například detergentů nebo redukčních činidel, a vyžaduje proto přesné dodržení reakčních podmínek. Lowryho metoda je široce využívána při analýze obsahu bílkovin v potravinách, včetně mléčných výrobků, masa a obilovin. Je oblíbená pro svou citlivost a relativní jednoduchost, avšak při práci je třeba věnovat pozornost potenciálním interferencím [47, 49].

7.4 Biuretová metoda

Biuretová metoda je kolorimetrická technika používaná pro kvantitativní stanovení obsahu bílkovin. Je založena na tvorbě komplexu mezi měďnatými ionty (Cu^{2+}) a peptidovými vazbami proteinů v alkalickém prostředí. Výsledkem této reakce je fialově zbarvený komplex, jehož intenzita je přímo úměrná koncentraci bílkovin ve vzorku. Absorbance vzniklého komplexu se měří spektrofotometricky při vlnové délce přibližně 540 nm. Biuretová metoda

je jednoduchá, rychlá a relativně odolná vůči interferencím běžnými v biologických vzorcích, například přítomností solí. Na rozdíl od citlivějších metod, jako je Lowryho nebo Bradfordova metoda, je Biuretova metoda vhodná pro stanovení vyšších koncentrací proteinů, obvykle v rozmezí 1–10 mg/mL. Pro svou spolehlivost a snadné provedení se často využívá v klinických, biochemických a potravinářských laboratořích [46, 49].

7.5 Dumasova metoda

Dumasova metoda, pojmenovaná po francouzském chemikovi Jeanu-Baptistu Dumasovi, je moderní analytická technika sloužící ke stanovení celkového obsahu dusíku ve vzorcích. Patří mezi tzv. spalovací metody a často se využívá jako alternativa ke klasické Kjeldahlově metodě. Princip spočívá ve spalování přesně naváženého vzorku při vysoké teplotě v proudu kyslíku, během kterého dochází k rozkladu organických látek a uvolnění všech dusíkatých sloučenin. Ty jsou následně převedeny na molekulární dusík, který je pomocí nosného plynu (např. helia) dopraven do detektoru, nejčastěji s měřením tepelné vodivosti. Celý proces je většinou plně automatizovaný a rychlý, což zajišťuje vysokou efektivitu a reprodukovatelnost výsledků. Stanovený obsah dusíku se přepočítává na obsah bílkovin pomocí specifického konverzního faktoru, který se může lišit v závislosti na typu analyzovaného materiálu. Dumasova metoda má výhodu v tom, že nevyžaduje použití agresivních chemikálií, je šetrnější k životnímu prostředí a poskytuje výsledky během několika minut. Ve srovnání s Kjeldahlovou metodou je Dumasova metoda rychlejší, bezpečnější a univerzálně použitelná pro různé typy potravin. Díky své efektivitě se běžně využívá nejen v certifikovaných analytických laboratořích, ale také při kontrole kvality v potravinářském průmyslu [46].

8 Zdravotní rizika spojená s užíváním proteinových doplňků

Proteinové doplňky jsou běžně využívány širokou škálou populace a často jsou vnímány jako bezpečný prostředek k podpoře svalového růstu, regenerace a celkového výkonu. Přestože správná suplementace může být přínosná, jejich nadměrné nebo nevhodné užívání může být spojeno s určitými zdravotními riziky [43, 50].

Tato kapitola shrnuje hlavní potenciální rizika spojená s dlouhodobým či nesprávným užíváním proteinových přípravků, včetně zvýšené zátěže ledvin, narušení minerální rovnováhy, zažívacích potíží, psychologických aspektů, jako je svalová dysmorfie, a rizik vyplývajících z kontaminace doplňků. Zvláštní pozornost je věnována specifickým skupinám populace, které mohou být těmito riziky ohroženy ve zvýšené míře, a významu informovanosti spotřebitelů při výběru kvalitních a certifikovaných produktů

8.1 Zátěž ledvin a riziko poškození

Vyšší příjem bílkovin, obvykle definovaný jako více než 1,2 gramu na kilogram tělesné hmotnosti denně, může mít vliv na funkci ledvin. U některých jedinců dochází v důsledku vysokého příjmu k tzv. renální hyperfiltraci (RHF), což je stav, kdy ledviny filtrují více krve než obvykle. Tento jev je provázen zvýšeným tlakem v glomerulech (klubíčkách kapilár uvnitř ledvinných nefronů), které zajišťují primární filtraci krve. Z krátkodobého hlediska nemusí RHF znamenat zdravotní problém, avšak při dlouhodobém zatížení může dojít k narušení jemných struktur glomerulů a postupnému zhoršení renálních funkcí. Studie ukazují, že lidé s chronicky vysokým příjmem bílkovin mají větší pravděpodobnost rozvoje hyperfiltrace a s tím spojeného rychlejšího poklesu funkce ledvin, obzvláště pokud jsou geneticky nebo zdravotně predisponovaní k onemocněním močového ústrojí. K těmto změnám přispívá mimo jiné zvýšená hladina aminokyselin v krevním oběhu, která stimuluje rozšíření cév v ledvinách a mění prokrvení ledvinné tkáně. Pokud tyto změny přetrvávají, může dojít ke snížení odolnosti ledvin vůči jiným zátěžím, např. nedostatečnému prokrvení, dehydrataci nebo vyšší zátěži toxiny. U zdravých jedinců s dobře fungujícími ledvinami obvykle nemá vyšší příjem bílkovin negativní důsledky. Riziko však narůstá u osob, které již trpí hyperfiltrací, mírným poškozením ledvin, nebo mají rodinnou anamnézu onemocnění ledvin [51, 52].

8.2 Nerovnováha minerálů

Proteinové doplňky, běžně dostupné ve formě prášků a tekutin, mohou významně ovlivnit celkový příjem vápníku i hořčíku a tím i jejich vzájemný poměr ve stravě. Analýza složení produktů z databáze Dietary Supplement Label Database (DSLDB), která shromažďuje údaje

o složení doplňků stravy dostupných na trhu v USA, ukázala, že práškové a tekuté formy těchto doplňků se v obsahu těchto minerálů výrazně liší. Významná část práškových doplňků měla přitom poměr Ca:Mg mimo doporučený rozsah 1,70–2,60. Vyvážený poměr Ca:Mg je důležitý pro správnou funkci mnoha tělesných systémů, zejména kardiovaskulárního a metabolického systému. Výzkumy ukazují, že vysoký poměr vápníku k hořčíku může zvyšovat riziko vzniku chronických onemocnění, například kardiovaskulárních chorob, metabolického syndromu a některých typů rakoviny. Naopak velmi nízký poměr těchto minerálů může být spojen se zvýšeným rizikem celkové mortality, zejména u žen. Ačkoli jsou tato rizika primárně spojena s minerálním složením stravy jako celku, pravidelná konzumace proteinových doplňků – zejména ve formě prášků a tekutin – může významně přispívat k narušení minerální rovnováhy. Proto je při dlouhodobé suplementaci vhodné sledovat nejen obsah bílkovin, ale také minerální profil používaných výrobků [53].

8.3 Zaživací potíže

Konzumace proteinových doplňků může být spojena s výskytem trávicích potíží, jako jsou nevolnost, průjem, zácpa, nadýmání či bolesti břicha. Některé studie zmiňují také dehydrataci, ačkoli příčinný mechanismus není u zdravých jedinců přesně popsán. Zaživací obtíže mohou souviset s tím, že nestrávené bílkoviny pronikají do tlustého střeva, kde podléhají bakteriální fermentaci, což může negativně ovlivnit střevní zdraví. Jedna ze studií ukázala, že přidání probiotik do proteinového doplňku vedlo ke zlepšení trávicích obtíží oproti placebo, což naznačuje jejich možný ochranný účinek [43].

8.4 Psychologická závislost a svalová dysmorfie

Svalová dysmorfie představuje psychickou poruchu, při níž jedinec vnímá své tělo jako nedostatečně svalnaté, a to i přes objektivně odpovídající tělesnou stavbu. Tento stav může být spojen se zvýšeným tlakem na dosažení ideálu postavy, zejména u mladých sportujících osob. Výzkum provedený na skupině dospívajících a mladých dospělých zjistil souvislost mezi užíváním doplňků na podporu svalového růstu a symptomy svalové dysmorfie. Studie analyzovala vztah mezi výskytem symptomů a užíváním běžných doplňků, jako jsou syrovátkové proteiny nebo přípravky pro zvýšení hmotnosti. Výsledky ukazují, že užívání těchto doplňků bylo spojeno se zvýšeným rizikem symptomů svalové dysmorfie. Ačkoli není prokázáno, že doplňky přímo způsobují tuto poruchu, jejich užívání může představovat psychologické riziko, zejména u zranitelných skupin [54].

8.5 Rizika kontaminace a nedostatečná informovanost

Konzumace doplňků stravy, včetně proteinových přípravků, je spojena s rizikem kontaminace různými nežádoucími látkami. Mezi nejzávažnější případy patří přítomnost nedeklarovaných složek, například zakázaných látek, jako jsou anabolické steroidy nebo stimulanty. Trh se sportovními suplementy roste velmi dynamicky, často rychleji, než je možné zajistit odpovídající kontrolu jejich bezpečnosti, kvality a účinnosti. V důsledku toho ne všechny produkty procházejí důkladným testováním, což může zvyšovat riziko expozice kontaminovaným výrobkům, zejména v prostředích s méně přísnou regulací. Vzhledem k těmto rizikům je nezbytné upřednostňovat kvalitní a certifikované produkty, aby se minimalizovalo nebezpečí expozice škodlivým či zakázaným látkám. Opatrný a informovaný výběr je klíčový pro ochranu zdraví konzumentů [50].

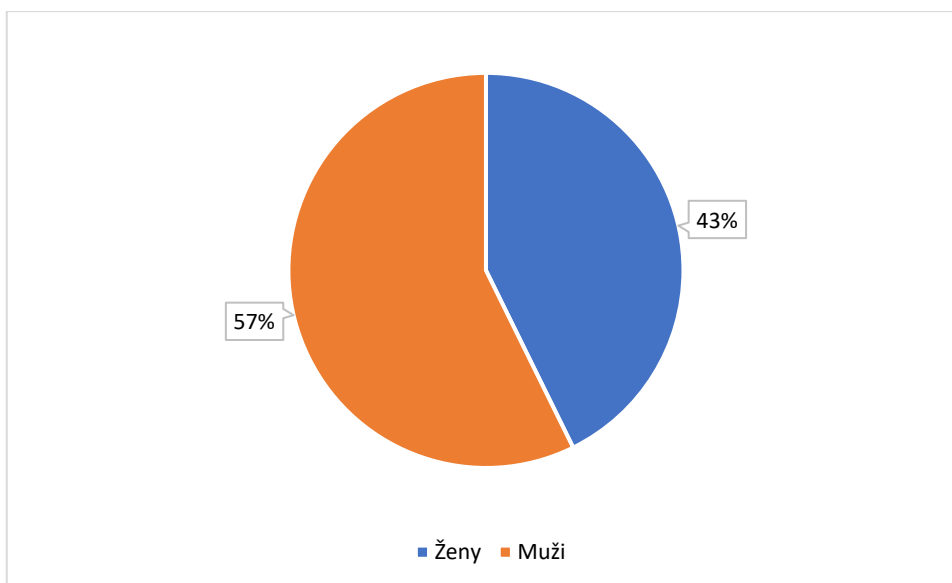
Popularita proteinových přípravků je výrazná i mezi mladými sportovci a dospívajícími. Výzkumy ukazují, že jejich spotřeba se v posledním desetiletí významně zvýšila, přičemž trh roste rychleji, než je možné provádět odpovídající vědecké studie zaměřené na bezpečnost a kvalitu těchto produktů. Zjištění naznačují, že mladí sportovci často nedisponují dostatečnými znalostmi o správném a zamýšleném použití suplementů. V mnoha případech mají potíže s pochopením rolí a očekávaných přínosů jednotlivých přípravků, přičemž pouze relativně nízké procento účastníků vykazuje správné znalosti. Navíc jen zřídka vyhledávají informace od kvalifikovaných odborníků, jako jsou registrovaní dietologové, a často se spoléhají na rady trenérů nebo údaje získané z internetu. Tato skutečnost zvyšuje riziko šíření nepřesných informací a nesprávného používání doplňků. Nedostatečná informovanost a spoléhání se na neformální zdroje mohou vést k nevyvážené výživě, nesprávnému dávkování a dalším potenciálním zdravotním problémům [55]. Proto je důležité věnovat pozornost správnému výběru doplňků a ověřování jejich kvality. Zvýšení povědomí o bezpečné suplementaci může pomoci snížit rizika spojená s jejich užíváním.

9 Dotazníková část

Cílem této části práce bylo prostřednictvím dotazníkového šetření získat přehled o postojích, znalostech a návycích sportovně aktivní populace ve vztahu k užívání proteinových doplňků stravy. Proteinové suplementy představují běžnou součást moderní sportovní výživy a jejich obliba mezi sportovci stále roste. Mnoho jedinců je užívá za účelem podpory růstu svalové hmoty, urychlení regenerace nebo jako doplněk v případech, kdy běžný jídelníček nepokrývá dostatečný příjem bílkovin. Vzhledem k široké nabídce dostupných produktů a rozdílným přístupům sportovců k výživě se předpokládá značná variabilita ve způsobu konzumace, preferovaných formách i důvodech užívání těchto přípravků. Toto šetření bylo zaměřeno na zjištění, jak sportovci proteinové doplňky používají, jaké formy preferují, z jakých důvodů je zařazují do svého stravovacího režimu a do jaké míry se orientují ve složení a účincích těchto produktů. Použitý dotazník je uveden v příloze 1.

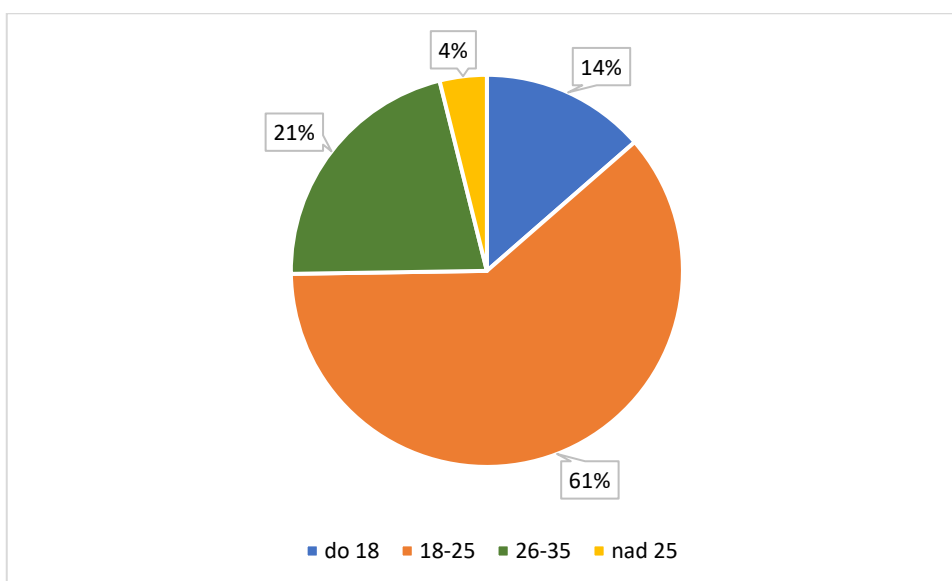
Dotazník byl distribuován online formou mezi sportovce různých věkových kategorií a sportovních úrovní, včetně rekreačních sportovců, amatérských hráčů i profesionálních atletů. Sběr dat probíhal v období duben až květen 2025, přičemž celkem se šetření zúčastnilo 103 respondentů. Otázky byly koncipovány jako uzavřené s jednou nebo více možnými odpověďmi, případně s možností doplnění vlastní odpovědi. Výsledky jsou zpracovány graficky a komentovány s ohledem na souvislosti s tématem sportovní výživy a spotřeby proteinových doplňků.

Cílem první otázky bylo zjistit, jaké je pohlaví respondentů (viz obr. 7). Z celkového počtu 103 osob, které se dotazníkového šetření zúčastnily, bylo 59 mužů, což odpovídá 57 % všech respondentů. Žen bylo 44, tedy 43 % ze souboru.



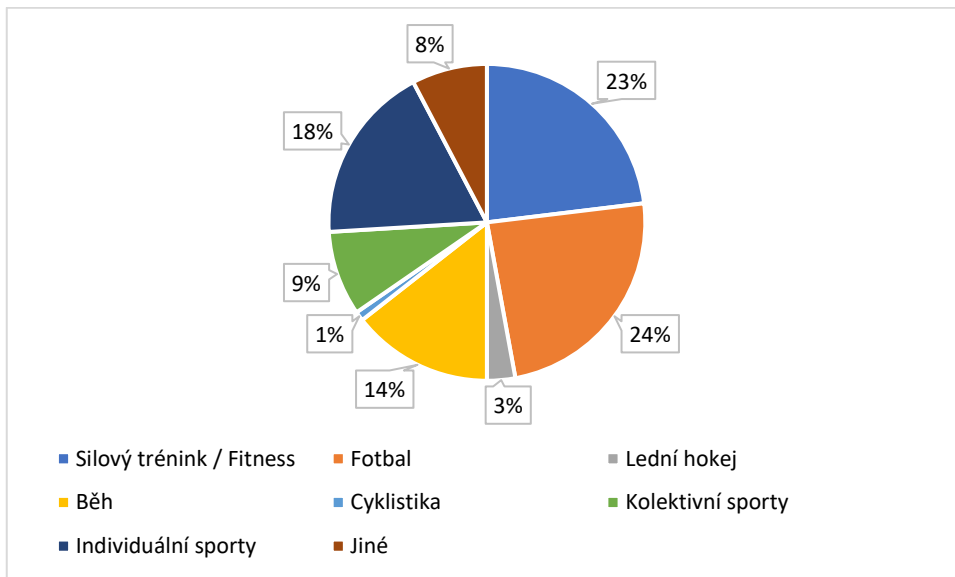
Obrázek 7: Jaké je vaše pohlaví?

Druhá otázka byla zaměřena na věk respondentů (viz obr. 8). Největší část tvořili sportovci ve věku 19–25 let, celkem 63 osob. Dále následovali respondenti ve věku 26–35 let v počtu 22 osob, do 18 let odpovědělo 14 osob a nejméně zastoupenou skupinou byli respondenti nad 35 let, kteří byli 4.



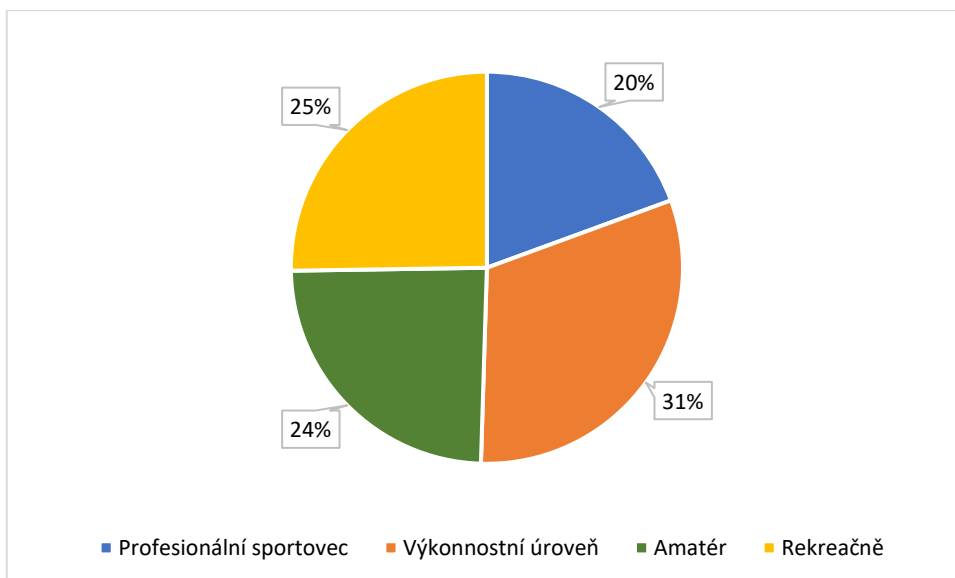
Obrázek 8: Kolik je vám let?

Cílem třetí otázky bylo zjistit, jakému sportu se aktuálně nejvíce věnují (viz obr. 9). Nejčastěji byla uváděna odpověď fotbal (24 %), následovaná silovým tréninkem / fitness (23 %). Tyto dvě kategorie dohromady tvoří téměř polovinu všech odpovědí. Významné zastoupení měly také individuální sporty, jako jsou tenis, plavání nebo bojové sporty, které uvedlo 18 % respondentů. Následovaly aktivity jako běh (14 %), kolektivní sporty jiné než fotbal nebo hokej (9 %) a jiné sporty (8 %). Méně často byly zmiňovány lední hokej (3 %) a cyklistika (1 %).



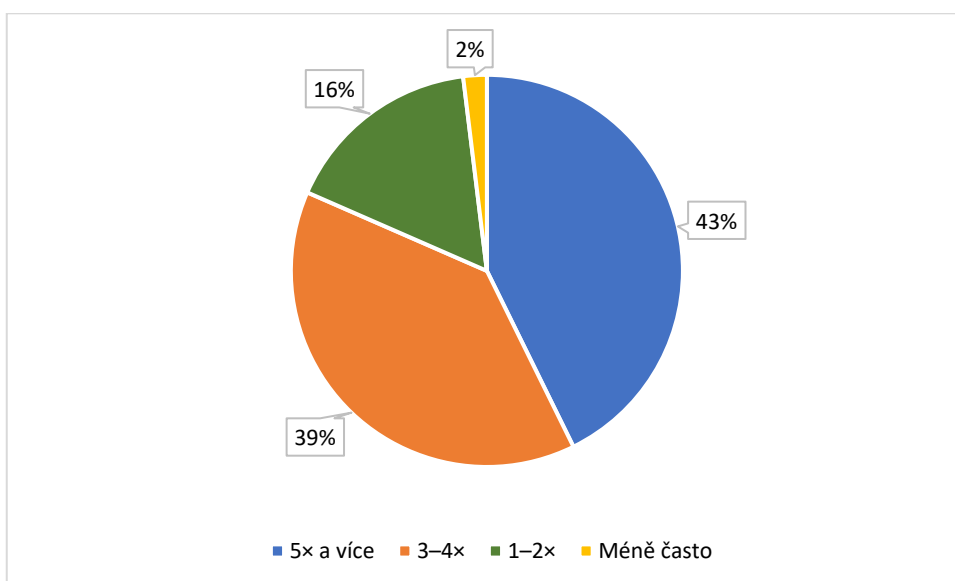
Obrázek 9: Jakému sportu se aktuálně nejvíce věnujete?

Čtvrtá otázka se zaměřovala na úroveň, na jaké se respondenti sportu věnují (viz obr. 10). Nejčastěji se jednalo o sportovce na výkonnostní úrovni (31 %) a rekreační sportovce (25 %). Následovali amatéři (24 %) a profesionální sportovci, kteří tvořili 20 % všech odpovědí.



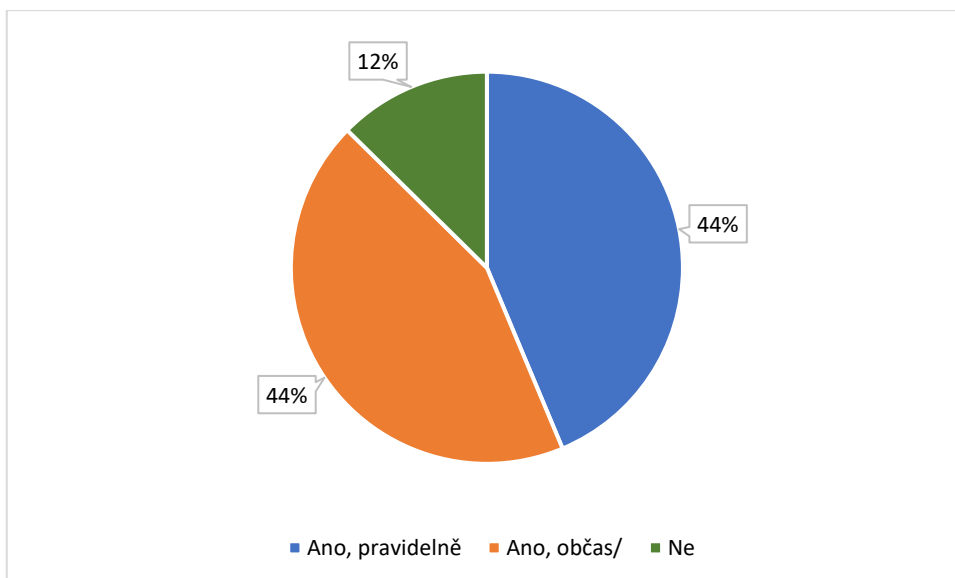
Obrázek 10: Na jaké úrovni sportujete?

Pátá otázka zjišťovala četnost sportovní aktivity respondentů v průběhu týdne. Nejvíce dotazovaných sportuje 5× a více týdně (43 %), dále 3–4× týdně uvedlo 39 % respondentů. Menší část odpovídala 1–2× týdně (16 %) a pouze 2 % sportují méně často. Přehledně jsou výsledky znázorněny na obrázku 11.



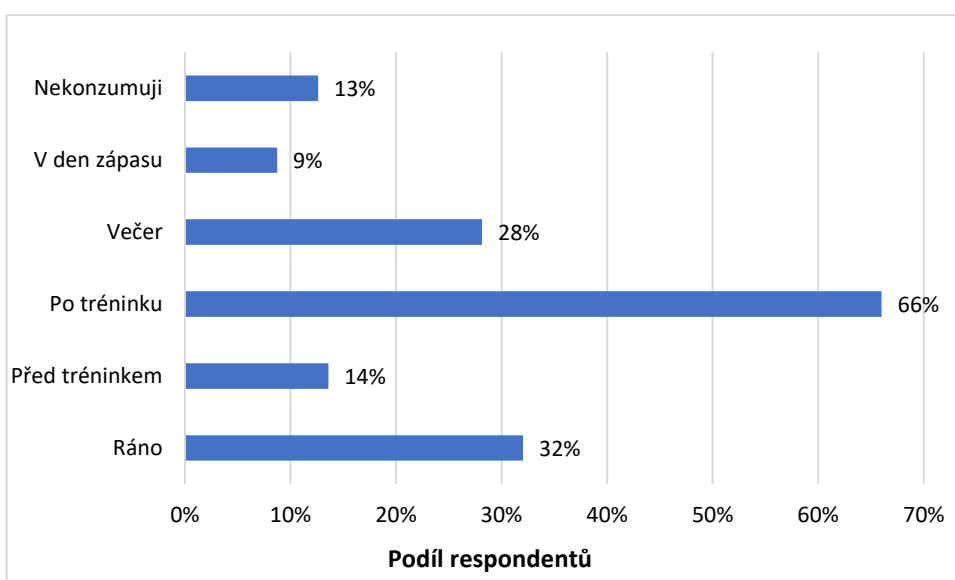
Obrázek 11: Kolikrát týdně sportujete (včetně tréninků a zápasů)?

Další otázka měla za cíl zjistit, zda respondenti užívají proteinové doplňky stravy. Shodně 44 % uvedlo, že je užívají pravidelně, a stejný podíl také občas. Zbýlých 12 % respondentů odpovědělo, že proteinové doplňky neužívají vůbec (viz obr. 12).



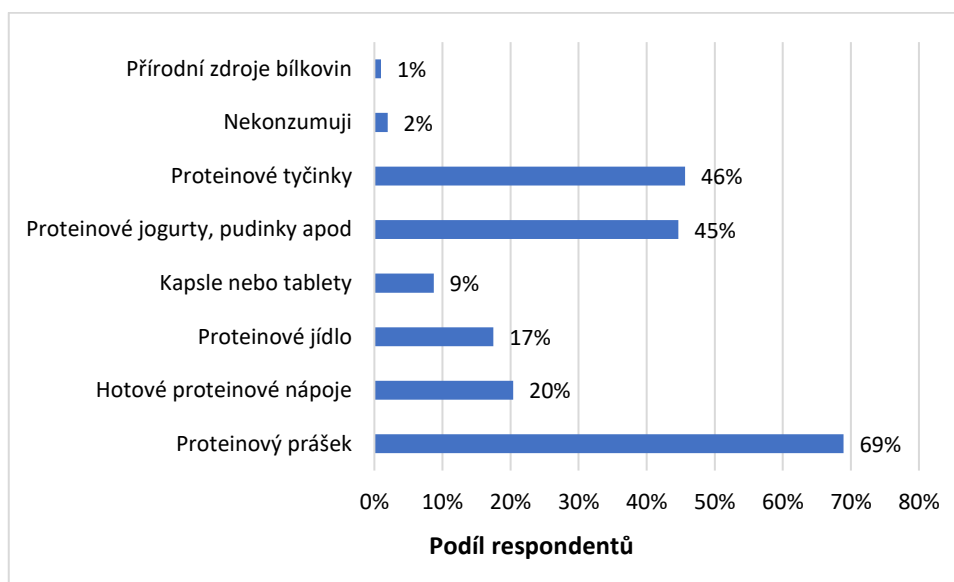
Obrázek 12: Užíváte proteinové doplňky stravy?

Ve sledované otázce, která umožňovala více odpovědí, byly procentuální hodnoty počítány z celkového počtu odpovědí ($n = 167$). Výsledky, jak je znázorněno na obrázku 13 ukázaly, že nejčastějším časem konzumace proteinových doplňků je období po tréninku, které uvedla více než polovina respondentů. Dalšími preferovanými časy byly ráno a večer, zatímco nejnižší zastoupení měla konzumace v den zápasu. Část respondentů rovněž uvedla, že proteinové doplňky neužívá vůbec. Preferovaný čas užití souvisí s podporou regenerace a obnovy svalové hmoty po výkonu.



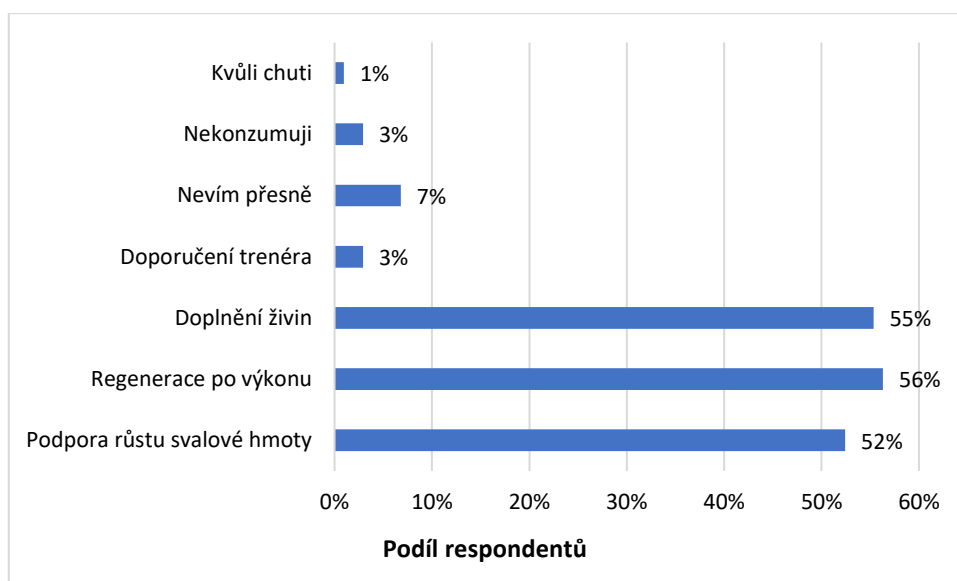
Obrázek 13: Kdy obvykle proteinový doplněk konzumujete? (možno více odpovědí)

Otázka osm umožňovala více odpovědí, proto jsou procenta počítána z celkového počtu odpovědí ($n = 215$). Z výsledků je patrné, že respondenti nejčastěji preferují proteinový prášek, který uvedlo téměř 70 % dotázaných. Na dalších místech se umístily proteinové tyčinky a proteinové jogurty nebo pudinky. Nejnižší zastoupení měly odpovědi „nekonsumuji“ a „upřednostňuji přírodní zdroje bílkovin“, což ukazuje, že většina respondentů volí zpracované formy proteinových doplňků (viz obrázek 14).



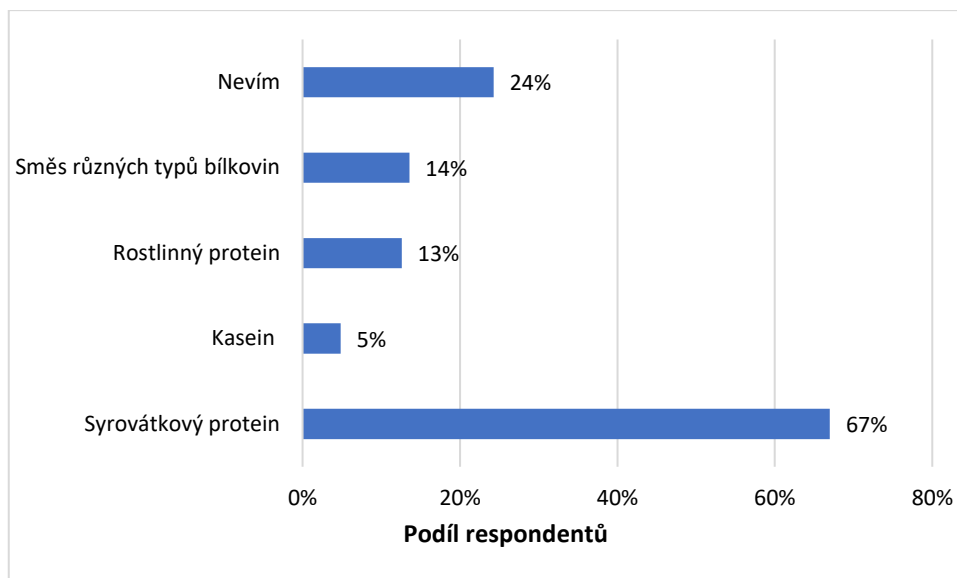
Obrázek 14: V jaké formě nejčastěji konzumujete proteinové doplňky?

Další otázkou byly zjišťovány důvody, které respondenty vedou ke konzumaci proteinových doplňků. Mezi hlavní uváděné motivace, jak ukazuje obrázek 15, patří zejména podpora regenerace po výkonu, doplnění živin a růst svalové hmoty. Odpovědi naznačují, že proteinové doplňky stravy jsou především spojovány s urychlením regenerace po fyzické aktivitě a doplněním potřebného množství bílkovin. Ostatní motivace, jako jsou konzumace kvůli chuti nebo na doporučení trenéra, byly uváděny pouze výjimečně.



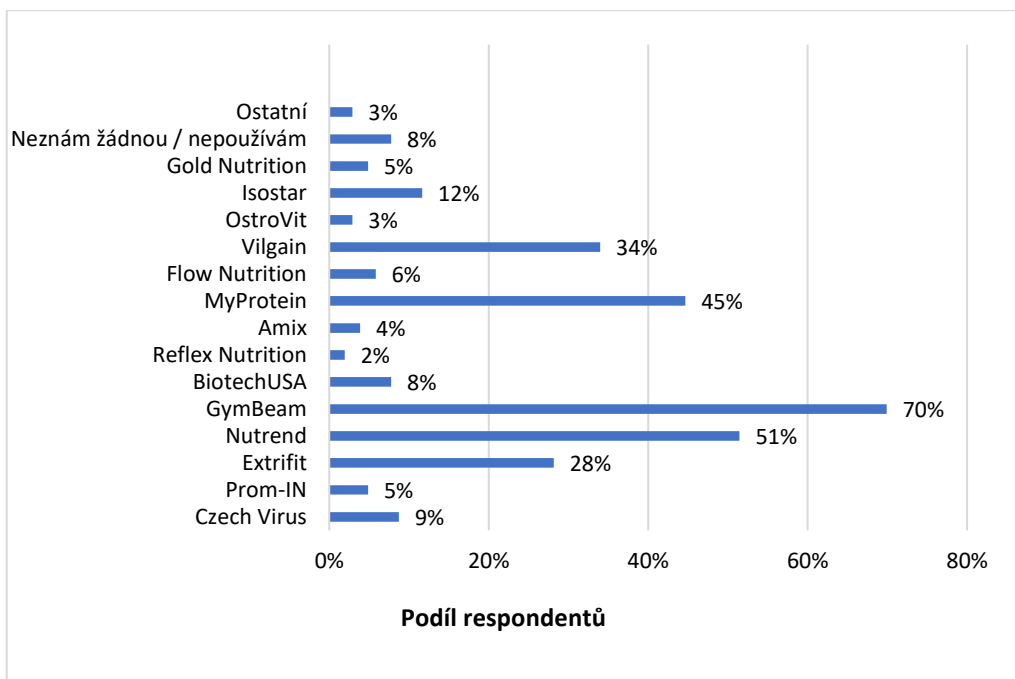
Obrázek 15: Z jakého důvodu užíváte proteinový doplněk? (možno více odpovědí)

Otázka deset se zaměřovala na preferovaný typ proteinového doplňku. Z výsledků, jak je znázorněno na obrázku 16, je patrné, že mezi respondenty jednoznačně dominuje syrovátkový protein. Tento typ proteinu bývá sportovci často volen pro své nutriční vlastnosti, především vysokou biologickou hodnotu, kompletní spektrum esenciálních aminokyselin a rychlou vstřebatelnost, což z něj činí ideální volbu zejména po fyzické zátěži. Ostatní typy proteinů, jako jsou kasein nebo rostlinné zdroje bílkovin, byly preferovány podstatně méně často, což může souviset s jejich pomalejší vstřebatelností nebo odlišným aminokyselinovým profilem [3, 27]. Zajímavým zjištěním je také skutečnost, že značná část respondentů si není jistá, jaký typ proteinu konzumuje. Tento fakt může poukazovat na nižší informovanost spotřebitelů o složení a charakteristikách proteinových doplňků, což by mohlo být předmětem dalšího vzdělávání.



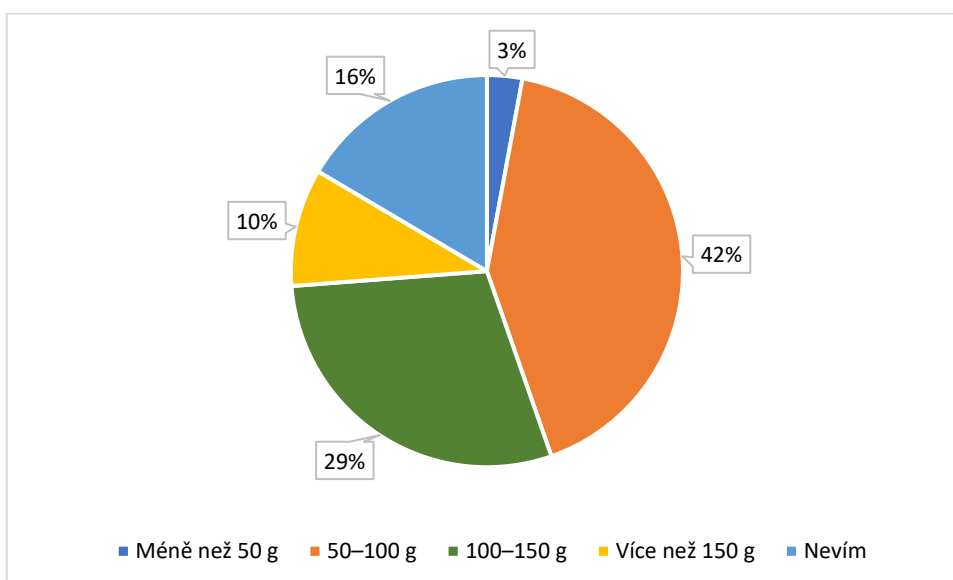
Obrázek 16: Víte, jaký typ bílkoviny obsahuje váš oblíbený proteinový doplněk?

Další otázka byla zaměřena na znalost a preferenci nejpoužívanějších značek proteinových doplňků na českém trhu. Nejčastěji respondenti uváděli značku GymBeam (70%), následovanou značkami Nutrend (51%) a ExtriFit (28%), které patří mezi nejviditelnější a nejdostupnější na domácím trhu. Významné zastoupení měly rovněž značky MyProtein (45%) a Vilgain (34%). Ostatní značky byly uváděny méně často a byly proto zahrnuty do kategorie „ostatní“. Část respondentů (8%) uvedla, že žádnou z uvedených značek nezná nebo proteinové doplňky nepoužívá. Lze to interpretovat jako projev nižší znalosti sortimentu těchto doplňků nebo slabšího osobního zájmu o jejich zařazení do stravy (viz obrázek 17).



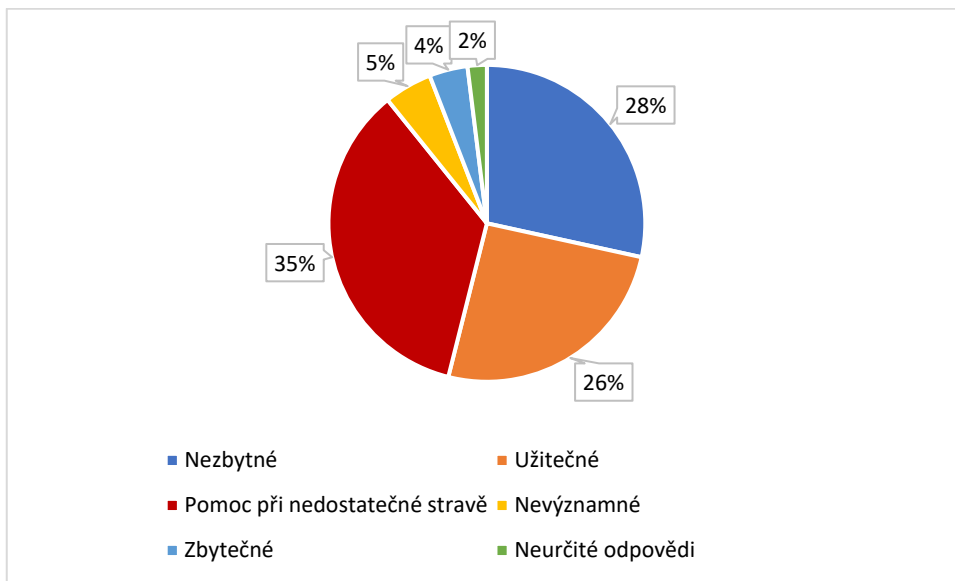
Obrázek 17: Které značky proteinových doplňků znáte nebo jste už vyzkoušeli?

Dvanáctá otázka se týkala množství bílkovin, které respondenti v průměru denně přijímají ze všech zdrojů. Nejčastější odpovědí bylo 50–100 g, kterou uvedlo 42 % respondentů. Následovalo rozmezí 100–150 g s podílem 29 %. Více než 150 g bílkovin denně přijímá 10 % účastníků, zatímco pouze 3 % uvedla příjem nižší než 50 g. Přibližně 16 % respondentů si nebylo vědomo svého denního příjmu bílkovin, jak ukazuje obrázek 18.



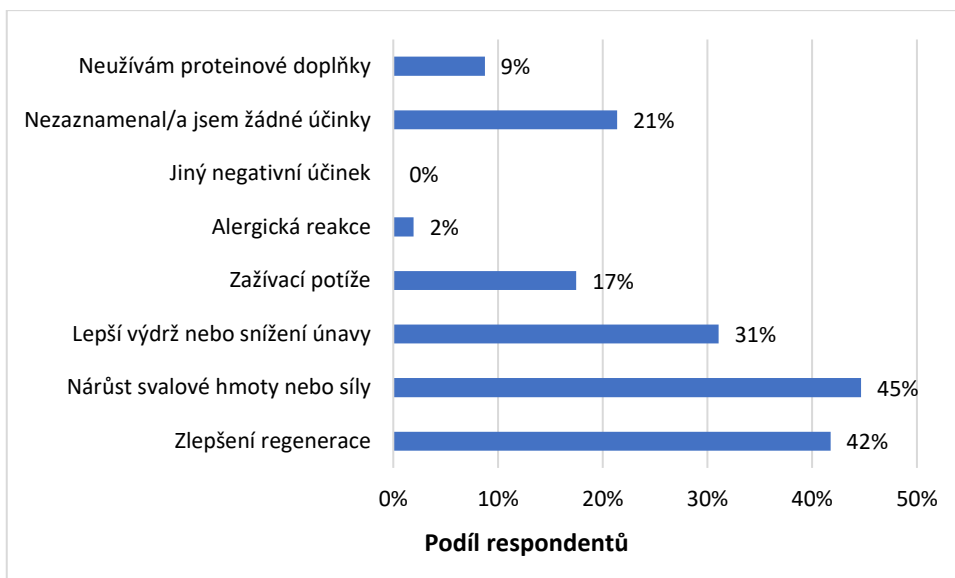
Obrázek 18: Kolik gramů bílkovin denně v průměru přijmete (ze všech zdrojů)?

Respondenti se v otázce 13 vyjadřovali k účinnosti a významu proteinových doplňků ve sportovní výživě. Nejčastěji byly označeny pomoc při nedostatečné stravě 35 % a nezbytné pro výkon a regeneraci 28 %. Dalších 26 % respondentů považuje proteinové doplňky za užitečné, zejména v rámci intenzivního tréninku. Zbylé odpovědi se vyskytovaly méně často – 5 % je považuje za nevýznamné, 4 % za zbytečné a 2 % respondentů zvolili neurčitě nebo váhavě odpovědi, jak ilustruje obr. 19.



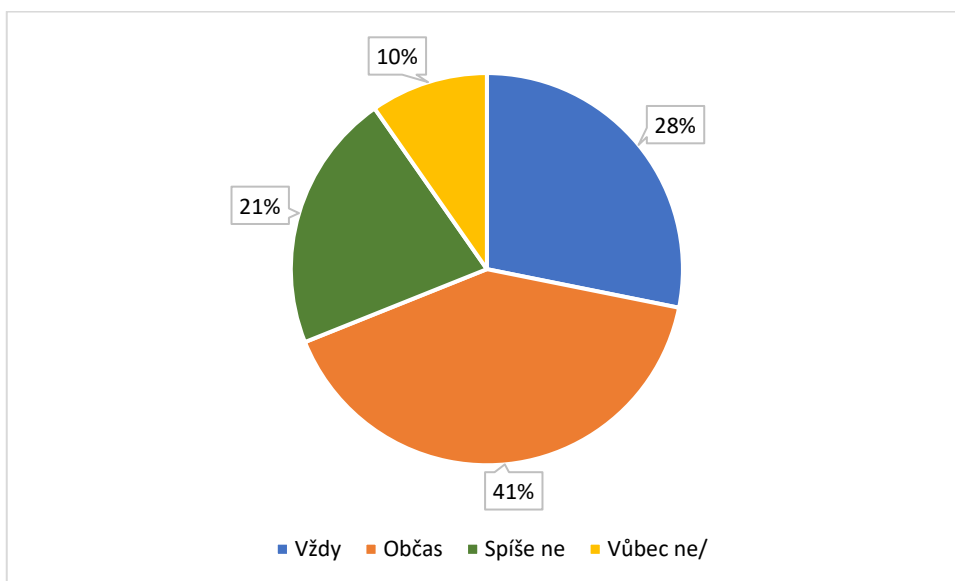
Obrázek 19: Jaký je váš názor na účinnost a důležitost proteinových doplňků ve sportovní výživě?

Ve čtrnácté otázce respondenti vyjadřovali svůj názor na účinky, které u sebe vnímají při konzumaci proteinových doplňků. Mezi nejčastěji uváděné účinky patřily nárůst svalové hmoty nebo síly (45 %) a zlepšení regenerace (42 %), což potvrzuje, že hlavním důvodem jejich užívání je podpora regenerace a růstu svalové hmoty. Jak ukazuje obrázek 20, další pozitivně vnímané účinky zahrnovaly lepší výdrž nebo snížení únavy. Negativní účinky, jako zažívací potíže či alergické reakce, byly uváděny spíše výjimečně. Část respondentů uvedla, že při konzumaci proteinových doplňků nezaznamenala žádné účinky, případně tyto doplňky vůbec neužívá.



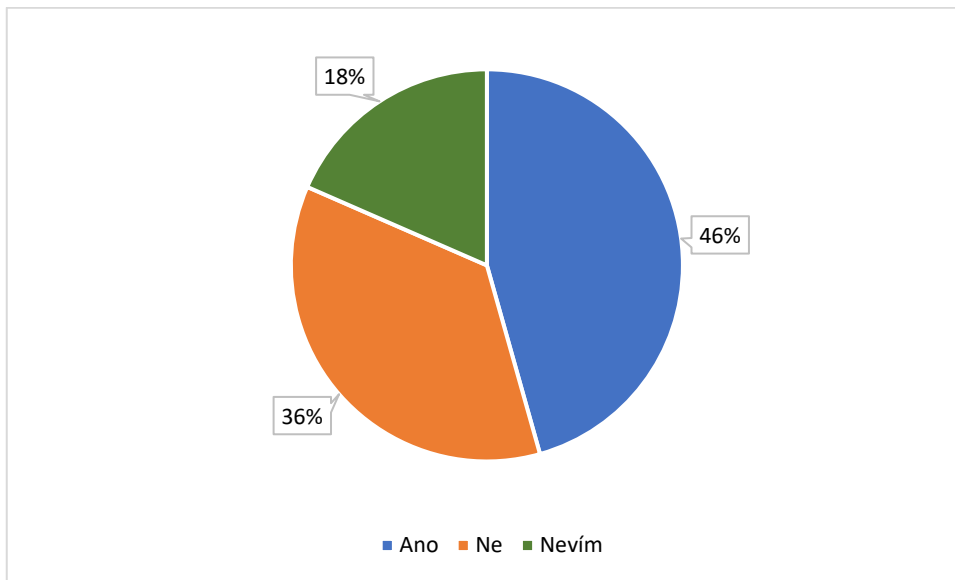
Obrázek 20: Pozorujete u sebe při pravidelném užívání proteinových doplňků nějaké účinky? (pozitivní nebo negativní)

Cílem další otázky bylo zjistit, zda sportovci při nákupu proteinových přípravků sledují jejich složení a kvalitu. Nejčastější odpovědí bylo, že složení sledují občas, což uvedlo 41 % respondentů. Dalších 28 % uvedlo, že složení sledují vždy, zatímco 21 % odpovědělo, že spíše ne. Nejmenší podíl respondentů, 10 %, uvedl, že složení doplňků vůbec nesleduje. Z odpovědí vyplývá, že většina sportovně aktivních jedinců alespoň částečně zohledňuje kvalitu a složení konzumovaných proteinových doplňků, přesto se ukazuje, že důsledné posuzování složení je spíše výjimkou než pravidlem. Přehled výsledků je uveden na obrázku 21.



Obrázek 21: Sledujete složení nebo kvalitu proteinového přípravku, který kupujete?

Šestnáctá otázka se zabývala tím, zda sportovci při užívání proteinových přípravků berou v úvahu riziko obsahu zakázaných látek, například ve vztahu k antidopingovým pravidlům (viz obr. 22). Téměř polovina respondentů (46 %) uvedla, že toto riziko zohledňuje. Naopak 36 % se tím nezabývá a 18 % si není jistých. Tyto výsledky naznačují, že povědomí o možných dopingových rizicích sice existuje, ale část sportovně aktivní populace této problematice nevěnuje dostatečnou pozornost nebo jí nerozumí.



Obrázek 22: Zohledňujete riziko obsahu zakázaných látek (např. ve vztahu k antidopingovým pravidlům)?

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zaměřila na význam bílkovin ve sportovní výživě, jejich biochemické vlastnosti, metabolismus a dostupné formy suplementace. Teoretická část shrnula základní poznatky o proteinech, aminokyselinách a peptidových strukturách a zdůraznila význam bílkovin pro regeneraci, růst svalové hmoty a celkovou výkonnost sportovců. Popsány byly různé typy proteinových doplňků, jejich charakteristiky, výhody i specifika využití.

V dotazníkové části bylo šetření mezi sportovci, které přineslo cenné poznatky o jejich návycích v oblasti proteinové suplementace. Z výsledků vyplynulo, že většina respondentů proteinové doplňky buď pravidelně (44 %) nebo alespoň občas (44 %) konzumuje, což potvrzuje jejich významnou roli ve sportovní výživě. Nejčastějším časem konzumace byla doba po tréninku, což odpovídá potřebě rychlé regenerace. Výsledky také ukázaly, že nejvíce užívaným typem je syrovátkový protein, zejména díky své rychlé vstřebatelnosti a dobré chuti. Mezi nejpreferovanější formy proteinové suplementace patřil proteinový prášek, který uvedlo téměř 70 % respondentů. Dále byly oblíbené proteinové tyčinky a jogurty, zatímco přírodní zdroje bílkovin nebo úplné vynechání doplňků uváděli respondenti jen výjimečně. Přibližně dvě třetiny sportovců se alespoň částečně zajímají o složení a kvalitu výrobků, které konzumují, avšak pouze menší část to činí důsledně. To poukazuje na prostor pro zlepšení informovanosti sportovců ohledně výběru kvalitních produktů. Důležitým zjištěním je také to, že řada sportovců vnímá suplementaci jako prostředek ke zlepšení výkonnosti – 45 % respondentů uvedlo, že zaznamenali nárůst svalové hmoty, a 42 % z nich pocítilo lepší regeneraci po fyzické zátěži. Někteří respondenti však zcela přehlížejí riziko možného výskytu zakázaných látek v doplňcích stravy, což může být zvláště problematické u výkonnostních sportovců. Tato skutečnost zdůrazňuje potřebu vybírat suplementy z ověřených a certifikovaných zdrojů.

Celkově lze konstatovat, že proteinové doplňky tvoří běžnou a důležitou součást výživy mnoha sportovců. Zároveň je však nezbytné klást větší důraz na informovanost spotřebitelů o kvalitě výrobků, vhodném dávkování a správném načasování jejich konzumace. Tato práce tak může posloužit jako užitečný přehled pro sportovce i trenéry a zároveň jako východisko pro další výzkum v oblasti suplementace a sportovní výživy.

LITERATURA

- [1] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. Bílkoviny. In: *Chemie potravin 1*. 1. vyd. Tabor: OSSIS, 2002, s. 27–32. ISBN 978-80-86659-15-2.
- [2] NELSON, David L., Michael M. COX a David L. NELSON. Amino Acids, Peptides, and Proteins. In: Albert L. LEHNINGER, ed. *Lehninger principles of biochemistry*. 6. vyd. Basingstoke: Macmillan Higher Education, 2013, s. 75–105. ISBN 978-1-4292-3414-6.
- [3] AJOMIWE, Nneka, Mike BOLAND, Suphat PHONGTHAI, Manisha BAGIYAL, Jaspreet SINGH a Lovedeep KAUR. Protein Nutrition: Understanding Structure, Digestibility, and Bioavailability for Optimal Health. *Foods*. 2024, **13**(11), 1771.
- [4] MARIOTTI, François. Animal and Plant Protein Sources and Cardiometabolic Health. *Advances in Nutrition*. 2019, **10**, S351–S366.
- [5] BERG, Jeremy M., John L. TYMOCZKO, Gregory J. GATTO. Protein Composition and Structure. In: Jeremy M. BERG, John L. TYMOCZKO, Gregory J. GATTO a Lubert STRYER, ed. *Biochemistry*. 8. ed. New York, NY: W.H. Freeman/Macmillan, 2015, s. 27–57. ISBN 978-1-4641-2610-9.
- [6] MORRIS, Rhiannon, Katrina A. BLACK a Elliott J. STOLLAR. Uncovering protein function: from classification to complexes. *Essays in Biochemistry*. 2022, **66**(3), 255–285.
- [7] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. Bílkoviny. In: *Chemie potravin*. 1. vyd. Tabor: OSSIS, 2002, s. 54–55. ISBN 978-80-86659-15-2.
- [8] CABALLERO, Benjamin, Luiz C. TRUGO a Paul M. FINGLAS, ed. Protein / Functional Properties. In: Benjamin CABALLERO, Luiz C. TRUGO a Paul M. FINGLAS, ed. *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. 2 nd. San Diego: Amsterdam ; New York : Academic Press, 2003, s. 4786–4797. ISBN 978-0-12-227055-0.
- [9] BELITZ, Hans-Dieter, Werner GROSCH a Peter SCHIEBERLE, ed. Amino Acids, Peptides, Proteins. In: Hans-Dieter BELITZ, Werner GROSCH a Peter SCHIEBERLE, ed. *Food Chemistry*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2009, s. 8–92. ISBN 978-3-540-69934-7.
- [10] SUN, Qian a Zhen ZHAO. Chapter Three - Peptide Hormones as Tumor Markers in Clinical Practice. In: Tony Y. HU a Fuyuhiko TAMANOI, ed. *The Enzymes*. B.m.: Academic Press, 2017, Peptidomics of Cancer-Derived Enzyme Products, s. 65–79.

- [11] YANG, Mengxiao, Zhi YANG, David W. EVERETT, Elliot P. GILBERT, Harjinder SINGH a Aiqian YE. Digestion of food proteins: the role of pepsin. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2025, Latest article, 1–22. DOI: 10.1080/10408398.2025.2453096.
- [12] LOVEDAY, Simon M. Protein digestion and absorption: the influence of food processing. *Nutrition Research Reviews*. 2023, **36**(2), 544–559.
- [13] GILANI, G. Sarwar, Chao Wu XIAO a Kevin A. COCKELL. Impact of Antinutritional Factors in Food Proteins on the Digestibility of Protein and the Bioavailability of Amino Acids and on Protein Quality. *British Journal of Nutrition*. 2012, **108**(S2), S315–S332.
- [14] HATHCOCK, John N. Residue Trypsin Inhibitor: Data Needs for Risk Assessment. In: Mendel FRIEDMAN, ed. *Nutritional and Toxicological Consequences of Food Processing*. Boston, MA: Springer US, 1991, s. 273–279. ISBN 978-1-4899-2626-5.
- [15] MANNINEN, Anssi H. Protein hydrolysates in sports nutrition. *Nutrition & Metabolism*. 2009, **6**(1), 38.
- [16] MANNINEN, Anssi H. Protein Hydrolysates in Sports and Exercise: A Brief Review. *Journal of Sports Science & Medicine*. 2004, **3**(2), 60–63.
- [17] ALBERTS, Bruce, Alexander JOHNSON, Julian LEWIS, Martin RAFF, Keith ROBERTS a Peter WALTER. From RNA to Protein. In: *Molecular Biology of the Cell*. 4th edition. B.m.: Garland Science, 2002.
- [18] COOPER, Geoffrey M. Translation of mRNA. In: *The Cell: A Molecular Approach*. 2nd edition. B.m.: Sinauer Associates, 2000.
- [19] KARLSON, Peter. Peptidy. In: Jan KOCOUREK, Sylva LEBLOVÁ, Lumír MACHOLÁN a Ladislav SKURSKÝ, (přel.) *Základy biochemie*. Praha: Academia, 1981, s.50–57.
- [20] APOSTOLOPOULOS, Vasso, Joanna BOJARSKA, Tsun-Thai CHAI, Sherif ELNAGDY, Krzysztof KACZMAREK, John MATSOUKAS, Roger NEW, Keykavous PARANG, Octavio Paredes LOPEZ, Hamideh PARHIZ, Conrad O. PERERA, Monica PICKHOLZ, Milan REMKO, Michele SAVIANO, Mariusz SKWARCZYNSKI, Yefeng TANG, Wojciech M. WOLF, Taku YOSHIYA, Janusz ZABROCKI, Piotr ZIELENKIEWICZ, Maha ALKHAZINDAR, Vanessa BARRIGA, Konstantinos KELAIDONIS, Elham

Mousavinezhad SARASIA a Istvan TOTH. A Global Review on Short Peptides: Frontiers and Perspectives. *Molecules*. 2021, **26**(2), 430.

[21] DAVÍDEK, Jiří, Gustav JANÍČEK a Jan POKORNÝ. Peptidy. In: *Chemie potravin*. Praha: SNTL / ALFA, 1983, s. 22–29.

[22] CHANDEL, Navdeep S. Amino Acid Metabolism. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*. 2021, **13**(4), a040584.

[23] HOLEČEK, Milan. Metabolismus bílkovin a aminokyselin. In: *Regulace metabolismu cukrů, tuků, bílkovin a aminokyselin*. Praha: Grada Publishing, 2006, s. 147–178. ISBN 80-247-1562-9.

[24] LING, Zhe-Nan, Yi-Fan JIANG, Jun-Nan RU, Jia-Hua LU, Bo DING a Jian WU. Amino acid metabolism in health and disease. *Signal Transduction and Targeted Therapy*. 2023, **8**(1), 1–32.

[25] DAI, Ziwei, Weiyan ZHENG a Jason W. LOCASALE. Amino acid variability, tradeoffs and optimality in human diet. *Nature Communications*. 2022, **13**(1), 6683.

[26] WALSH, Neil P., Andrew K. BLANNIN, Paula J. ROBSON a Michael GLEESON. Glutamine, Exercise and Immune Function. *Sports Medicine*. 1998, **26**(3), 177–191.

[27] JÄGER, Ralf, Chad M. KERKSICK, Bill I. CAMPBELL, Paul J. CRIBB, Shawn D. WELLS, Tim M. SKWIAT, Martin PURPURA, Tim N. ZIEGENFUSS, Arny A. FERRANDO, Shawn M. ARENT, Abbie E. SMITH-RYAN, Jeffrey R. STOUT, Paul J. ARCIERO, Michael J. ORMSBEE, Lem W. TAYLOR, Colin D. WILBORN, Doug S. KALMAN, Richard B. KREIDER, Darryn S. WILLOUGHBY, Jay R. HOFFMAN, Jamie L. KRZYKOWSKI a Jose ANTONIO. International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2017, **14**(1), 20.

[28] WU, Guoyao. Dietary protein intake and human health. *Food & Function*. 2016, **7**(3), 1251–1265.

[29] SCHOENFELD, Brad Jon, Alan Albert ARAGON a James W. KRIEGER. The effect of protein timing on muscle strength and hypertrophy: a meta-analysis. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2013, **10**(1), 53.

[30] MORTON, Robert W., Kevin T. MURPHY, Sean R. MCKELLAR, Brad J. SCHOENFELD, Menno HENSELMANS, Eric HELMS, Alan A. ARAGON, Michaela C.

DEVRIES, Laura BANFIELD, James W. KRIEGER a Stuart M. PHILLIPS. A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *British Journal of Sports Medicine*. 2018, **52**(6), 376–384.

[31] DEVKOTA, Ayush, Manakamana GAUTAM, Uttam DHAKAL, Suman DEVKOTA, Gaurav Kumar GUPTA, Ujjwal NEPAL, Amey Dinesh DHURU a Aniket Kumar SINGH. *The Interplay Between Physical Activity, Protein Consumption, and Sleep Quality in Muscle Protein Synthesis*. B.m.: arXiv. 21. říjen 2024. arXiv:2410.16169.

[32] DEUTZ, Nicolaas E. P., Jurgen M. BAUER, Rocco BARAZZONI, Gianni BIOLO, Yves BOIRIE, Anja BOSY-WESTPHAL, Tommy CEDERHOLM, Alfonso CRUZ-JENTOFT, Zeljko KRZNARIC, K. Sreekumaran NAIR, Pierre SINGER, Daniel TETA, Kevin TIPTON a Philip C. CALDER. Protein intake and exercise for optimal muscle function with aging: Recommendations from the ESPEN Expert Group. *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland)*. 2014, **33**(6), 929–936.

[33] GERBERDING, S. J a C. H BYERS. Preparative ion-exchange chromatography of proteins from dairy whey. *Journal of Chromatography A*. 1998, **808**(1), 141–151.

[34] ADHIKARI, Shiksha, Marijke SCHOP, Imke J. M. DE BOER a Thom HUPPERTZ. Protein Quality in Perspective: A Review of Protein Quality Metrics and Their Applications. *Nutrients*. 2022, **14**(5), 947.

[35] HERREMAN, Laure, Paul NOMMENSEN, Bart PENNINGNS a Marc C. LAUS. Comprehensive overview of the quality of plant-And animal-sourced proteins based on the digestible indispensable amino acid score. *Food Science & Nutrition*. 2020, **8**(10), 5379–5391.

[36] LONNIE, Marta, Emma HOOKER, Jeffrey M. BRUNSTROM, Bernard M. CORFE, Mark A. GREEN, Anthony W. WATSON, Elizabeth A. WILLIAMS, Emma J. STEVENSON, Simon PENSON a Alexandra M. JOHNSTONE. Protein for Life: Review of Optimal Protein Intake, Sustainable Dietary Sources and the Effect on Appetite in Ageing Adults. *Nutrients*. 2018, **10**(3), 360.

[37] HRUBY, Adela a Paul F JACQUES. Protein Intake and Human Health: Implications of Units of Protein Intake. *Advances in Nutrition*. 2021, **12**(1), 71–88.

[38] TROMMELEN, Jorn, Michelle E. G. WEIJZEN, Janneau VAN KRANENBURG, Renate A. GANZEVLES, Milou BEELEN, Lex B. VERDIJK a Luc J. C. VAN LOON. Casein

Protein Processing Strongly Modulates Post-Prandial Plasma Amino Acid Responses In Vivo in Humans. *Nutrients*. 2020, **12**(8), 2299.

[39] TROMMELEN, Jorn, Glenn A. A. VAN LIESHOUT, Pardeep PABLA, Jean NYAKAYIRU, Floris K. HENDRIKS, Joan M. SENDEN, Joy P. B. GOESSENS, Janneau M. X. VAN KRANENBURG, Annemie P. GIJSEN, Lex B. VERDIJK, Lisette C. P. G. M. DE GROOT a Luc J. C. VAN LOON. Pre-sleep Protein Ingestion Increases Mitochondrial Protein Synthesis Rates During Overnight Recovery from Endurance Exercise: A Randomized Controlled Trial. *Sports Medicine (Auckland, N.z.)*. 2023, **53**(7), 1445–1455.

[40] PENNING, Bart, Yves BOIRIE, Joan MG SENDEN, Annemie P GIJSEN, Harm KUIPERS a Luc JC VAN LOON. Whey protein stimulates postprandial muscle protein accretion more effectively than do casein and casein hydrolysate in older men. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2011, **93**(5), 997–1005.

[41] DIJK, Francina J., Zandrie HOFMAN, Yvette C. LUIKING, Matthew J. W. FURBER, Justin D. ROBERTS, Ardy VAN HELVOORT a Miriam VAN DIJK. Muscle Protein Synthesis with a Hybrid Dairy and Plant-Based Protein Blend (P4) Is Equal to Whey Protein in a Murine Ageing Model after Fasting. *Nutrients*. 2023, **15**(11), 2569.

[42] PINCKAERS, Philippe Jm, Jacintha DOMIĆ, Heather L. PETRICK, Andrew M. HOLWERDA, Jorn TROMMELEN, Floris K. HENDRIKS, Lianne Hp HOUBEN, Joy Pb GOESSENS, Janneau Mx VAN KRANENBURG, Joan M. SENDEN, Lisette Cpgm DE GROOT, Lex B. VERDIJK, Tim SNIJDERS a Luc Jc VAN LOON. Higher Muscle Protein Synthesis Rates Following Ingestion of an Omnivorous Meal Compared with an Isocaloric and Isonitrogenous Vegan Meal in Healthy, Older Adults. *The Journal of Nutrition*. 2024, **154**(7), 2120–2132.

[43] AMBULKAR, Pranit, Prashant HANDE, Bhagwat TAMBE, Vidyadhar G. VAIDYA, Ninad NAIK, Ramshyam AGARWAL a Gayatri GANU. Efficacy and safety assessment of protein supplement - micronutrient fortification in promoting health and wellbeing in healthy adults - a randomized placebo-controlled trial. *Translational and Clinical Pharmacology*. 2023, **31**(1), 13–27.

[44] MÆHRE, Hanne K., Lars DALHEIM, Guro K. EDVINSEN, Edel O. ELVEVOLL a Ida-Johanne JENSEN. Protein Determination—Method Matters. *Foods*. 2018, **7**(1), 5.

- [45] BRADSTREET, R. B. A Review of the Kjeldahl Determination of Organic Nitrogen. *Chemical Reviews*. 1940, **27**(2), 331–350.
- [46] NIELSEN, S. Suzanne, ed. Compositional Analysis of Foods. In: S. Suzanne NIELSEN, ed. *Food Analysis*. 5. vyd. Cham: Springer International Publishing, 2017, s. 317–370. ISBN 978-3-319-45774-1.
- [47] BRADFORD, Marion M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*. 1976, **72**(1), 248–254.
- [48] BAINES, Dev. Analysis of purity. In: Simon ROE, ed. *Protein Purification Techniques: A Practical Approach*. 2. vyd. Oxford: Oxford University Press, 2001, s. 27–50. ISBN 0-19-963678-7.
- [49] OWUSU-APENTEN, Richard. *Food Protein Analysis: Quantitative Effects On Processing*. New York: Marcel Dekker, 2002. ISBN 978-0-8247-4467-0.
- [50] DAHER, Jana, Moriah MALLICK a Dalia EL KHOURY. Prevalence of Dietary Supplement Use among Athletes Worldwide: A Scoping Review. *Nutrients*. 2022, **14**(19), 4109.
- [51] KO, Gang Jee, Yoshitsugu OBI, Amanda R. TORTORICCI a Kamyar KALANTAR-ZADEH. Dietary Protein Intake and Chronic Kidney Disease. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*. 2017, **20**(1), 77–85.
- [52] JHEE, Jong Hyun, Youn Kyung KEE, Seohyun PARK, HyOUNGNAE KIM, Jung Tak PARK, Seung Hyeok HAN, Shin-Wook KANG a Tae-Hyun YOO. High-protein diet with renal hyperfiltration is associated with rapid decline rate of renal function: a community-based prospective cohort study. *Nephrology Dialysis Transplantation*. 2020, **35**(1), 98–106.
- [53] COSTELLO, Rebecca B, Andrea ROSANOFF, Qi DAI, Leila G SALDANHA a Nancy A POTISCHMAN. Perspective: Characterization of Dietary Supplements Containing Calcium and Magnesium and Their Respective Ratio—Is a Rising Ratio a Cause for Concern? *Advances in Nutrition*. 2021, **12**(2), 291–297.
- [54] GANSON, Kyle T., Rachel F. RODGERS, Alexander TESTA, Stuart B. MURRAY a Jason M. NAGATA. Muscle-building supplement use is associated with muscle dysmorphia

symptomatology among Canadian adolescents and young adults. *PLOS Mental Health*. 2025, **2**(2), e0000217.

[55] MAUGHAN, Ronald J, Louise M BURKE, Jiri DVORAK, D Enette LARSON-MEYER, Peter PEELING, Stuart M PHILLIPS, Eric S RAWSON, Neil P WALSH, Ina GARTHE, Hans GEYER, Romain MEEUSEN, Lucas J C VAN LOON, Susan M SHIRREFFS, Lawrence L SPRIET, Mark STUART, Alan VERNEC, Kevin CURRELL, Vidya M ALI, Richard GM BUDGETT, Arne LJUNGQVIST, Margo MOUNTJOY, Yannis P PITSILADIS, Torbjørn SOLIGARD, Uğur ERDENER a Lars ENGEBRETSSEN. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *British Journal of Sports Medicine*. 2018, **52**(7), 439–455.

PŘÍLOHA 1: Užívání proteinových doplňků u sportovců

1. Jakého jste pohlaví?

- a. Muž
- b. Žena

2. Do jaké věkové skupiny patříte?

- a. Méně než 18 let
- b. 19 až 25 let
- c. 26 až 35 let
- d. Více než 35 let

3. Který sport v současné době provozujete nejčastěji? (označte jednu možnost)

- a. Fotbal
- b. Hokej
- c. Posilování / fitness
- d. Běhání
- e. Jízda na kole
- f. Jiný kolektivní sport (mimo fotbal a hokej)
- g. Individuální sport (např. tenis, plavání, bojová umění)
- h. Jiný:

4. Na jaké úrovni sport vykonáváte?

- a. Profesionálně
- b. Výkonnostně
- c. Amatérsky
- d. Pro zábavu / rekreačně

5. Jak často během týdne sportujete (včetně tréninků a utkání)?

- a. Pětkrát nebo více
- b. Třikrát až čtyřikrát
- c. Jednou až dvakrát
- d. Méně často

6. Užíváte nějaké proteinové doplňky stravy?
- Ano, pravidelně
 - Ano, občas
 - Ne, neužívám
7. Kdy obvykle konzumujete proteinový doplněk? (můžete označit více odpovědí)
- Ráno
 - Před fyzickou aktivitou
 - Po tréninku
 - Večer
 - V den soutěže / zápasu
 - Proteinové doplňky neužívám
8. V jaké podobě nejčastěji přijímáte proteinové doplňky? (můžete označit více odpovědí)
- Prášek rozpuštěný ve vodě nebo mléce
 - Hotové proteinové nápoje
 - Jídla s obsahem proteinu (např. kaše, palačinky apod.)
 - Tablety nebo kapsle
 - Proteinové výrobky jako jogurty či pudinky
 - Proteinové tyčinky
 - Jiná forma:
9. Z jakého důvodu nejčastěji užíváte proteinové doplňky? (můžete označit více odpovědí)
- Pro podporu růstu svalů
 - Kvůli lepší regeneraci po fyzickém výkonu
 - Jako doplněk k běžné stravě
 - Na doporučení trenéra nebo výživového specialisty
 - Nejsem si jistý/á
 - Jiný důvod:
10. Víte, jaký druh bílkoviny obsahuje váš oblíbený proteinový přípravek? (můžete označit více odpovědí)
- Syrovátkový protein (např. WPC, WPI, WPH)
 - Kasein

- c. Rostlinný protein (např. sójový, hrachový)
- d. Směs různých druhů bílkovin
- e. Nevím

11. Které značky proteinových doplňků znáte nebo jste už někdy vyzkoušeli? (můžete označit více odpovědí)

- a. Czech Virus
- b. Prom-IN
- c. Extrifit
- d. Nutrend
- e. GymBeam
- f. BiotechUSA
- g. Reflex Nutrition
- h. Amix
- i. MyProtein
- j. Flow Nutrition
- k. Vilgain
- l. OstroVit
- m. Isostar
- n. Gold Nutrition
- o. Nepoužívám žádné / žádnou značku neznám
- p. Jiná značka:

12. Kolik bílkovin denně zhruba přijmete ze všech zdrojů?

- a. Méně než 50 gramů
- b. 50 až 100 gramů
- c. 100 až 150 gramů
- d. Více než 150 gramů
- e. Nejsm si jistý/á

13. Jak vnímáte roli proteinových doplňků ve sportovní výživě?

- a. Jsou nezbytné pro výkon a regeneraci
- b. Jsou přínosné při náročném tréninku
- c. Jsou vhodné jako doplněk, když strava nestačí

- d. Při pestré stravě nejsou potřeba
- e. Jsou zbytečné a přeceňované
- f. Jiný názor:

14. Zaznamenal/a jste u sebe při pravidelném užívání proteinových doplňků nějaké účinky?
(můžete označit více odpovědí)

- a. Rychlejší regenerace
- b. Zvýšení síly nebo růst svalové hmoty
- c. Lepší vytrvalost nebo menší únava
- d. Trávicí potíže (např. nadýmání, průjem)
- e. Alergická reakce (např. na laktózu, syrovátku, sóju)
- f. Jiné nežádoucí účinky:
- g. Nevšiml/a jsem si žádného účinku
- h. Proteinové doplňky neužívám
- i. Jiné:

15. Věnujete pozornost složení nebo kvalitě proteinu, který si kupujete?

- a. Ano, vždy
- b. Občas
- c. Spíše ne
- d. Vůbec ne

16. Zohledňujete při výběru proteinového doplňku riziko obsahu zakázaných látek (např. ve vztahu k antidopingovým pravidlům)?

- a. Ano
- b. Ne
- c. Nevím