

Proteinska suplementacija u sportaša

Marić, Ivana

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, School of Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:105:208416>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2023-10-04**



Repository / Repozitorij:

[Dr Med - University of Zagreb School of Medicine Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
MEDICINSKI FAKULTET**

Ivana Marić

Proteinska suplementacija u sportaša

Diplomski rad



Zagreb, 2020.

Ovaj diplomski rad izrađen je na Medicinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, na Katedri za Zdravstvenu ekologiju i medicinu rada Škole narodnog zdravlja Andrija Štampar, pod vodstvom doc.dr.sc. **Milana Miloševića** i predan je na ocjenu u akademskoj godini 2019./2020.

Kratice korištene u radu

ATP	adenozin trifosfat
BCAA	branched chain amino acids
BSA	bovine serum albumin
BV	biološka vrijednost
5-HTP	5-hidroksitriptofan

Sadržaj

SAŽETAK

1. UVOD	1
2. PROTEINI	3
2.1. Ravnoteža dušika i hormonska regulacija.....	4
2.2. Probava proteina i aminokiselina i njihova biološka vrijednost	5
3. PROTEINI U HRANI	7
4. PROTEINSKI SUPLEMENTI	10
4.1. Sirutka	11
4.1.1. Sastav	12
4.1.2. Proizvodni oblici proteina sirutke	13
4.2. Kazein	14
4.2.1. Sastav	14
4.2.2. Proizvodni oblici kazeina	15
4.3. Protein jaja.....	16
4.4. Protein soje	16
4.5. Protein konoplje.....	18
4.6. Protein graška.....	18
4.7. L glutamin	19
4.8. Aminokiseline razgranatog lanca.....	20
4.9. L arginin	21
5. PREDNOSTI I NEDOSTATCI PROTEINSKE SUPLEMENTACIJE	23
6. ZAKLJUČAK	26
7. LITERATURA	28
8. ZAHVALA	36
9. ŽIVOTOPIS	37

SAŽETAK

Proteinska suplementacija u sportaša

Ivana Marić

Vrhunski sport zahtijeva mnoga odricanja i često velike napore u pomicanju granica ljudskih mogućnosti. Stoga je segment prehrane u sportu u posljednjih nekoliko desetljeća postao nezaobilazan. Danas, više nego ikada prije, ostvarivanje rezultata u vrhunskom sportu prati znanost. Trening i prehrana usko su povezani, jer intenzivni trening izaziva pojačanu metaboličku, fizičku i psihičku aktivnost, pa su energetske potrebe sportaša veće nego potrebe ljudi koji se sportom ne bave aktivno.

Proteinska suplementacija kod sportaša postala je složenija sa brojnim istraživanjima kojima se ocjenjuju učinci proteinske suplementacije na performanse i oporavak. Većina stručnjaka slaže se u važnosti konzumiranja cjelovite hrane kako bi se osigurao optimalan unos hranjivih sastojaka, što je i koncept poznat i kao "food first".

Prehrambeni dodaci predstavljaju pogodno i isplativo sredstvo za maksimaliziranje optimalnog unosa makro i mikrohranjivih sastojaka. Proteinski prah jedan je od najpopularnijih prehrambenih dodataka sportašima i ljudima koji žele dobiti mišićnu masu. Međutim, dovoljno proteina se lako može unijeti i konzumacijom hrane bogate proteinima.

Prehrana bi se trebala individualizirati na temelju potreba za hranjivim tvarima koje ovise o vrsti treninga i rasporedu treninga. Ciljevi uzimanja prehrambenih proteina također bi trebali biti odabrani na temelju individualnih ciljeva i periodizacije treninga. Proteinska suplementacija u sportaša ima mnogo ciljeva, uključujući rast mišića, snagu i oporavak.

Svrha ovog diplomskog rada je pružiti uvid o vrstama proteinskih suplemenata, njihovoj korisnosti i učinkovitosti.

Ključne riječi: proteini, suplementacija, sportaši, prehrana, rast mišića, snaga, oporavak

SUMMARY

Protein supplementation in athletes

Ivana Marić

Top sport requires many sacrifices and often great efforts in pushing the boundaries of human possibilities. Therefore, the diet segment in sports has become indispensable in the last few decades. Today, more than ever before, achieving results in top sports is accompanied by science. Training and nutrition are closely related, because intensive training causes increased metabolic, physical and mental activity, so the energy needs of athletes are greater than the needs of people who do not play sports actively.

Supplementation in athletes has become more complex with numerous studies evaluating the effects of supplementation on performance and recovery. Most experts agree on the importance of consuming whole foods to ensure optimal nutrient intake, a concept also known as “food first”.

Nutritional supplements represent a convenient and cost-effective means of maximizing optimal macro and micronutrient intake. Protein powder is one of the most popular dietary supplements for athletes and people who want to gain muscle mass. However, enough protein can be easily ingested by consuming protein-rich foods.

Nutrition should be individualized based on nutrient needs that depend on the type of training and training schedule. Dietary protein intake goals should also be selected based on individual goals and training periodization. Protein supplementation in athletes has many goals, including muscle growth, strength, and recovery.

The purpose of this thesis is to provide insight into the types of protein supplements, their usefulness and effectiveness.

Key words: protein, supplementation, athletes, nutrition, muscle growth, strength, recovery

1. UVOD

« Ispravna prehrana bitan je čimbenik postizanja vrhunskih rezultata u sportu. Sama zdrava prehrana ne može jamčiti sportski uspjeh, ali će neodgovarajući režim prehrane zasigurno štetiti sportaševu programu treniranja i ograničiti njegovu maksimalnu sposobnost na natjecanju. Pa ipak, usprkos tome, mnogi sportaši imaju loše navike kada je u pitanju prehrana. Stoga je potrebno ustanoviti program vrednovanja prehrane, da bi se mogla pratiti prehrana sportaša, te osigurati prikladna edukacija i korekcija. »

Sport Medicine Manual, IOC Medical Commission, 1990

« Obilat unos proteina ne pospješuje nastup, ne stimulira razvoj mišića, niti povećava snagu. Dodatni protein upotrijebljen je za energiju ili se taloži kao mast. Ispravno vježbanje, a ne visokoproteinska hrana, stimulira rast mišićne mase. Program progresivnog treninga teretom trebao bi se provoditi usporedo s hranjivo odgovarajućim režimom prehrane. »

IOC, Medical Commission, Sport Medicine Manual, Lausanne 2000.

Prije otprilike 10–15 godina, proteinske dodatke su konzumirali isključivo bodybuilderi i osobe su se bavile intenzivnim vježbanjem. U zadnje vrijeme uzimanje proteinske suplementacije postaje uobičajeno i za polaznike teretane. Međutim, veliki dio opće populacije se oslanja na proteinsku suplementaciju kao zamjenu za obrok, smanjenje tjelesne težine i navodnu zdravstvenu korist (1).

Proteinski dodaci djeluju kao izvori proteina dok se u pokretu, jer zahtijevaju manje vremena za pripremu i mogu koštati manje nego tradicionalni izvori hrane. Proteinski dodaci su također poželjni u odnosu na tradicionalne izvore proteina zbog njihove lakoće dostupnosti i uporabe. Proteinski suplementi imaju različite prednosti i nedostatke koji su s njima povezani, a koje javnost često previdi. Provedeno je mnogo studija, čiji su rezultati i za i protiv njihove uporabe (2).

Vrhunski sport zahtijeva mnoga odricanja i često velike napore u pomicanju granica ljudskih mogućnosti. Stoga je segment prehrane u sportu u posljednjih nekoliko desetljeća postao nezaobilazan. Danas, više nego ikada prije, ostvarivanje rezultata u vrhunskom sportu prati znanost. Trening i prehrana usko su povezani, jer intenzivni trening izaziva pojačanu metaboličku, fizičku i psihičku aktivnost, pa su energetske potrebe sportaša veće nego potrebe ljudi koji se sportom ne bave aktivno (3).

Vjerojatno nema drugog hranjivog sastojka koji sportašima privuče toliko pozornosti koliko proteini najviše zbog svoje uloge u mišićnom rastu i obnavljanju. Za neke bi proteinski dodaci mogli biti korisni kao dio cjelokupnog plana prehrane, no zasigurno nisu bitni za sve (2).

2. PROTEINI

Proteini su osnovni elementi žive stanice svakog organizma i nositelji brojnih fizioloških funkcija. Naziv dolazi od grčke riječi *protos* ili *proteuo* što znači prvi, odnosno najvažniji. Po kemijskom sastavu to su složeni organski spojevi najvećim dijelom sastavljeni od ugljika, vodika, kisika i dušika, mnogi od njih sadrže sumpor i fosfor, a neki željezo, jod, bakar i cink (4).

Osnovni kemijski spojevi od kojih se sastoje svi proteini nazivaju se aminokiseline. Svu složenost i raznolikost proteinskih struktura ljudskog tkiva sačinjava samo dvadesetak aminokiselina od kojih se samo devet smatra prijeko potrebnim ili esencijalnim. Gledajući iz ove perspektive naša potreba za proteinima u prehrani zapravo se svodi na potrebu za esencijalnim aminokiselinama (4,5).

Esencijalne aminokiseline su: leucin, lizin, izoleucin, treonin, triptofan, metionin, valin, fenilalanin i histidin. Histidin je nekad smatran esencijalnim samo kod dojenčadi, ali novija istraživanja pokazuju da bi mogao biti esencijalan i kod odraslih. Nabrojanih devet aminokiselina tijelo ne može proizvesti samo nego ih mora unijeti putem hrane zbog čega se i nazivaju esencijalnim (6).

Sve ostale aminokiseline mogu se sintetizirati od navedenih devet. S njima se u bezbrojnim kombinacijama povezuju u duge peptidne lance. Neki su dugi od nekoliko stotina ili tisuća aminokiselina i tvore različite proteinske strukture našeg tijela.

Oko 20% ukupne mase ljudskog tijela sastoji se od stotina tisuća različitih vrsta proteina. Neki od njih djeluju kao enzimi, hormoni ili transportne molekule u krvi, neki stvaraju antitijela koja nas štite od bolesti. Drugi pak tvore naše stanice, organe ili strukturalna tkiva poput mišića, kože ili kostiju. Proteini mogu poslužiti i kao izvor energije pri čemu 1g proteina daje 4kcal (4,6).

Bjelančevine ili proteini su, uz vodu, najvažnije tvari u tijelu. Najvažniji su čimbenik u rastu i razvoju svih tjelesnih tkiva. Glavni su izvor tvari za izgradnju mišića, krvi, kože, kose, noktiju i unutarnjih organa, uključujući srce i mozak. Glavna zadaća bjelančevina je proces rasta i razvoja. Sudjeluju u procesima rasta ili regeneracije, kao i u procesu

stvaranja novih tjelesnih stanica koje trebaju bjelančevine za svoju izgradnju i uspostavljanje odgovarajuće funkcije. Ovisno o dobi i spolu, potrebe za bjelančevinama se znatno razlikuju. Druga velika zadaća bjelančevina je nadomještanje oštećenih i odumrlih stanica. Stanice koje obično trebaju nadomjestak jesu, između ostalih, stanice mišića, stanice krvi, bubrega, jetre, mišića, te stanice kose, noktiju, zubi i kostiju (4-6).

2.1. Ravnoteža dušika i hormonska regulacija

Postoji dinamična ravnoteža bjelančevina u tijelu. Stare se troše i razgrađuju, a zamjenjuju ih nove sintetizirane iz proteina hrane koju konzumiramo. Ovaj proces odvija se neprestano, a kao produkt razgradnje proteina javlja se dušik. Dušik se izlučuje putem urina, a manjim dijelom i preko kože (7,8).

Ljudski organizam ne može uskladištiti neograničenu količinu proteina, jer višak ili izgara u energiju ili se pretvara u masno tkivo. A izgubljeni je dušik potrebno nadoknaditi redovnim unosom bjelančevinama bogatom hranom. Probavom se bjelančevine iz hrane razlažu u aminokiseline od kojih će se izgraditi novi tjelesni proteini i zamijeniti oni istrošeni. Razliku između na taj način primljenog proteinskog dušika iz hrane i dušika izlučenog putem mokraće nazivamo bilancom ili ravnotežom dušika (7,9).

U idealnoj situaciji dušična bilanca je u ravnoteži što znači da bjelančevine unesene hranom nadoknađuju dušik izlučen putem mokraće pa tijelo nesmetano gradi nove stanice i tkiva. Međutim, metabolizam je dinamički proces živog organizma u kojem se stalno izmjenjuju stanja takozvane negativne i pozitivne dušične bilance.

Negativna dušična bilanca predstavlja stanje povećane razgradnje bjelančevina (katabolizam) i uzrokovati će trošenje tjelesnih proteina i smanjenje mišićne mase. A pozitivna bilanca znači zadržavanje dušika i povećanje sinteze proteina (anabolizam). To će doprinijeti izgradnji tjelesnih proteina i povećanju mišićne mase (9).

Možemo reći da se metabolizam proteina u ljudskom organizmu sastoji od dvije faze koje se neprestano izmjenjuju: faze anabolizma i faze katabolizma.

Samim procesima sinteze i resinteze proteina upravljaju hormoni. Hormon rasta hipofize i hormon gušterače inzulin potiču sintezu proteina, a koče je hormoni kore nadbubrežne žlijezde glukokortikoidi. Muški spolni hormon testosteron omogućuje odlaganje bjelančevina u mišićima. Hormon štitnjače tiroksin, upravljajući metabolizmom svih stanica, posredno utječe i na povećanje ili smanjenje sinteze proteina (10-12).

U praksi katabolizam će biti uzrokovan stanjem gladi ili nedovoljnog unosa hrane, slično kao i dugotrajnim iscrpljujućim treningom ili visokom temperaturom. Nasuprot tome, relativno kratak i intenzivan trening s utezima aktivirat će testosteron i hormon rasta. On će uz adekvatnu prehranu potaknuti povećanu sintezu proteina i dovesti organizam u anabolnu fazu (13).

2.2. Probava proteina i aminokiselina i njihova biološka vrijednost

Probava bjelančevina konzumiranih hranom počinje u želucu, u kiseloj sredini, uz pomoć enzima pepsina, nastavlja se u tankom crijevu, u lužnatom okružju pod utjecajem enzima tripsina. Od tu se proteini, uglavnom već rastavljeni do aminokiselina, resorbiraju u krvotok portalne vene kojim stižu u jetru, glavno mjesto sinteze novih bjelančevina (14,15).

Tjelesni proteini uvijek sadrže svih devet esencijalnih aminokiselina u određenim omjerima i nedostatak samo jedne od njih može značiti i prestanak anabolne faze, nemogućnost izgradnje novih proteina i početak mišićne razgradnje odnosno katabolizma. Ako u našoj prehrani nedostaje samo jedna od devet prijeko potrebnih aminokiselina, sinteza novih tjelesnih proteina će stati (16,17).

Ravnoteža navedenih devet aminokiselina u bilo kojoj namirnici određuje njezinu kakvoću i iskoristivost. Za mjeru iskoristivosti bjelančevina koristi se izraz biološka vrijednost (BV). BV nam govori koliki se postotak bjelančevina unesenih hranom prevede u tjelesne bjelančevine. Što je veća BV, veća je i iskoristivost bjelančevina u tijelu (18).

Bjelančevine koje sadrže sve prave omjere i količine navedenih esencijalnih aminokiselina nazivamo visokokvalitetnim bjelančevinama ili potpunim bjelančevinama i njihov BV je blizu 100%. To su uglavnom namirnice životinjskog porijekla: meso, perad, riba, mlijeko, mliječni proizvodi i jaja (19).

Biljne bjelančevine obično se smatraju bjelančevinama niže kvalitete ili nepotpunim bjelančevinama jer im uglavnom nedostaje jedna ili više esencijalnih aminokiselina. Takve bjelančevine imaju BV najčešće niži od 70% (18).

3. PROTEINI U HRANI

Bjelančevine se nalaze u različitim vrstama prehrambenih namirnica. Može ih se naći, u gotovo čitavoj hrani, osim u rafiniranim šećerima i mastima. Hrana životinjskog podrijetla, poput mesa, ribe, jaja (bjelanjak), mlijeka, jogurta i sira, dobar je izvor bjelančevina u kvalitativnom i kvantitativnom smislu (20,21).

Tijelo ima najviše koristi od bjelančevina iz proteina iz cjelovite hrane, jer se osim bjelančevina, dobivaju i vitamini, minerali, masti i ugljikohidrati koje ova hrana nudi - koji su ključni za očuvanje zdravlja i povećanje performansi. Pored toga, što manje je hrana procesuirana, tijelo je lakše probavlja (22). Najbolje je miješati izvore proteina kako bi dobili sve različite hranjive tvari koje sadrže. Međutim, treba imati na umu da se hrana poput slanine i crvenog mesa najbolje konzumira umjereno te da je meso poput piletine i puretine zdravija opcija (23).

Izvori proteina na bazi biljaka su gotovo uvijek nepotpuni, tako da im se treba dodati ugljikohidrate da bi bili potpuni. Na primjer, riža i grah formiraju potpuni protein za razliku od samog graha (24).

Noviji trendovi u prehrani preferiraju biljne izvore bjelančevina te proteinske dodatke u prahu. Oni ne sadrže štetne tvari poput zasićenih masnoća i kolesterola koje nalazimo u namirnicama životinjskog porijekla (20).

Osim što je potrebno ograničiti unos životinjskih izvora bjelančevina dodatno je potrebno obratiti pažnju i na njihovu vrstu. Potrebno je dati prednost ribi, te bijelom purećem i pilećem mesu zbog niže energetske vrijednosti, nižeg sadržaja kolesterola i masnoća. Govedinu, svinjetinu i ostala crvena mesa trebali bi konzumirati samo povremeno. Dodatni oprez u konzumaciji životinjskih namirnica potreban je zbog opasnosti od antibiotika i hormona koji su u njima sadržani zbog modernog masovnog industrijskog načina proizvodnje (21,25).

S druge strane, namirnice biljnog porijekla poput soje, mahunarki, žitarica i orašastih plodova iako sadrže uglavnom bjelančevine niže kvalitete smatraju se zdravijim izvorom proteina od životinjskih namirnica. Naime, biljne namirnice uz proteine sadrže i

kompleksne ugljikohidrate, esencijalne masne kiseline te mnoštvo vitamina, minerala i ostalih hranjivih sastojaka. Ne sadrže kolesterol niti nezdrave masnoće (26).

Nekada se smatralo kako se biljne bjelančevine moraju pomno kombinirati kako bi se mogle mjeriti sa punovrijednim životinjskim bjelančevinama (25). Danas znamo da je dovoljno tijekom 48 sati pojesti biljne namirnice iz različitih skupina (mahunarke, žitarice, orašasti plodovi, voće i povrće) i na taj način ostvariti dovoljan i kvalitetan unos bjelančevina (27).

Posebno je vrijedna žitarica quinoa (nekada glavna hrana Inka i Asteka) koja sadrži sve esencijalne aminokiseline. Bogata je vitaminima i mineralima i esencijalnim mastima te se kao takva najviše približila onome što se usuđujemo nazvati savršena hrana (26,28).

Prema najnovijim spoznajama 1/3 životinjskih i 2/3 biljnih proteina predstavljali bi idealan omjer za unos bjelančevina u prehrani (2).

Dnevne preporučene količine proteina ovise o izvoru proteina koji se konzumiraju, tjelesnoj masi te aktivnostima koje se izvode (29).

Tablica 1. Preporuka dnevnog unosa bjelančevina prema tjelesnoj aktivnosti

Preporuka o dnevnom unosu bjelančevina
prema tjelesnoj aktivnosti

<i>Odrasla osoba koja ne prakticira tjelesnu aktivnost</i>	1,2 g proteina po kg tjelesne težine
<i>Djeca i adolescenti</i>	1,2 – 1.3 g proteina po kg tjelesne težine
<i>Sportaši koji se bave bodybuildingom</i>	najmanje 1,2 – 2 g proteina po kg tjelesne težine
<i>Sportaši koji prakticiraju treninge izdržljivosti</i>	1,2 -1,4 g proteina po kg tjelesne težine

Većina svjetskih i europskih institucija za prehranu preporuča 15% dnevnog energetskeg unosa iz proteina ili 0,8-1 g proteina po kg tjelesne težine. Sportašima i djeci u razvoju preporuča se i do 20% dnevnog energetskeg unosa iz bjelančevina. To je oko 2 g po kilogramu tjelesne težine. Isto tako u jednom obroku organizam može iskoristiti najviše 30-40 g proteina, a više od toga tijelo pretvara u energiju ili skladišti u masno tkivo (27-31).

Za optimalan unos i zadovoljenje dnevnih potreba organizma za bjelančevinama dnevni unos potrebno je podijeliti na više obroka bogatih bjelančevinama u prosjeku po 30 g (27).

U modernim razvijenim društvima malo je vjerojatno da će netko patiti od bolesti uzrokovanih nedostatkom proteina u prehrani. Puno je veća vjerojatnost zapravo suprotna (31). Prevelik unos bjelančevina u hrani je štetan i ne doprinosi povećanju mišićne mase. Mišiće razvija pravilan trening, odmor te povećan, ali ne prevelik unos proteina i adekvatan unos ostalih makronutrijenata posebno kompleksnih ugljikohidrata (33,34).

Prema tome, dnevni unos proteina kod sportaša ne bi trebao prelaziti 2 g po kilogramu tjelesne težine. Ostatak potrebnih kalorija treba nadoknađivati kompleksnim ugljikohidratima (34).

Manjak proteina može uzrokovati gubitak mišićne mase, pad imuniteta, probleme s hormonima, kožom i čitav spektar vrlo ozbiljnih bolesti i poremećaja (35). Dok prevelik unos, pogotovo proteina životinjskog porijekla, može uzrokovati aterosklerozu, probleme sa srcem i bubrezima, povećanje kiselosti u tkivima, nedostatak kalcija u kostima i osteoporozu pa čak i neke teže maligne bolesti poput raka dojke ili debelog crijeva (36,37).

Biljni izvori proteina uz ograničen unos životinjskih proteina uglavnom iz ribe i peradi trebali bi biti najbolji izbor za konzumaciju proteina. Kod sportaša i ljudi pod stresom ili povećanim naporom, uz gore navedeno, proteinski dodaci u prahu ili u obliku proteinskih pločica trebali bi biti najbolji izbor za konzumaciju proteina (31). Proteini i aminokiseline u prahu i proteinske pločice svakako su zanimljiva alternativa za unos kvalitetnih proteina. Ne sadrže nepotrebne masnoće i kolesterol te su lako probavljivi (34,38).

4. PROTEINSKI SUPLEMENTI

Proteinski suplementi se široko prodaju i koriste kao proizvodi za rast mišića i poboljšanje performansi, a dijeta bogata proteinima s malo ugljikohidrata se tradicionalno primjenjuje za mršavljenje. Međutim, znanje o prehranbenom značaju i učinku proteina i proteinskih suplemenata variraju (39,40). Protein je najvažnija prehranbena komponenta u ljudskoj prehrani kroz cijeli život, jer osigurava rast u dojenačkoj dobi, podržava metabolizam mišića i kostiju, osigurava održavanje i razvoj normalnog živčanog sustava i pomaže u održavanju mišićne mase i fizičkih performansi, na primjer, u starijoj dobi. Pa ipak, rijetko koja normalna svakodnevna zapadnjačka prehrana ne pruža dovoljno proteina koji bi zadovoljili dnevne potrebe (41-43).

Sportaši imaju povišene fiziološke potrebe za proteinima da bi održali odgovarajuću sintezu proteina i proizvodnju energije, kao i dovoljnu imunološku funkciju u uvjetima povećanog stresa zbog čestih, intenzivnih i produženih ciklusa vježbanja. Potreba za proteinima se povećava povećanjem intenziteta i trajanja sportskih performansi; prema tome, proteine treba uključiti u obroke prije i nakon performansi te redovito tijekom dana kako bi se osigurala učinkovita opskrba esencijalnim aminokiselinama (44,45).

Kako bi se zadovoljile ove specifične prehranbene potrebe, razvijeno je nekoliko namirnica i dodataka. Primjerice, aminokiseline razgranatog lanca (BCAA; valin, leucin i izoleucin) sportaši često koriste i smatra se da smanjuju bol u mišićima nakon intenzivnog vježbanja te poboljšavaju uspješnost treninga. Dodatak BCAA mogao bi imati ulogu u regulaciji moždane proizvodnje neurotransmitera što ima utjecaj na razvoj umora tijekom vježbanja (46). Osim toga, zahvaljujući brznoj probavljivosti i apsorpciji, proteini sirutke su popularan izvor proteina za sportaše (42).

Intenzitet vježbi, vrsta i izvor prehranbenih proteinskih suplemenata, kao i vrijeme njihova unosa utječu na učinkovitost djelovanja suplementacije na metabolizam mišića (47).

Jasno valja praviti razliku prema vrsti i namjeni proizvoda, budući da takvi dodaci prehrani mogu biti:

- a) proteinski proizvodi kao zamjenski obroci,

- b) proteinski proizvodi s visokim udjelom ugljikohidrata (*engl. weight-gainer*) koji služe za povećanje mišićne i ukupne tjelesne mase,
- c) visokoproteinski proizvodi s niskim sadržajem ugljikohidrata koji su neizostavni u poštudnim programima mišićne definicije nakon naporne tjelesne aktivnosti.

Nema sumnje da je odgovarajuća suplementacija itekako korisna u ostvarenju sportskih ciljeva, ali je važno znati da to nije zamjena za pravilnu i uravnoteženu prehranu. Nema tog praha ili tablete koji će nadoknaditi kvalitetnu i redovitu prehranu, odgovarajući program treninga te dovoljan odmor i oporavak (2). Suplementi "ne rade" sami od sebe, ali kada ih se uzima pravilno, u kombinaciji s odgovarajućom prehranom i programom treninga, mogu itekako pomoći u povećanju mišićne mase, jakosti i izdržljivost te ubrzati vrijeme oporavka - u suprotnom su bacanje novaca (48).

4.1. Sirutka

Proteini mlijeka sastoje se od kazeina, koji čini 80% svih proteina u mlijeku, i proteina mliječnog seruma (sirutke) koji čine 20%. Pored njih se u neznatnim količinama nalaze još i enzimi i neki minorni proteini.

Sirutka (*engl. Whey*) je fragment topiv u vodi, a ekstrahira se iz kazeina tijekom procesa koagulacije i sinereze (dva se fragmenta odvoje nakon dodavanja koagulant). Kada se koagulans (obično kimozi) doda u mlijeko, skuta (kazein) i sirutka se odvajaju, a dio koji koagulira je sir. Izraz "skuta i sirutka" odnosi se na ovaj postupak, a skute su uglavnom kazeinski proteini dok su sirutke whey proteini (49-51).

Sirutka je tekući dio koji se vidi kao "nusproizvod" iz procesa pravljenja sira koji se sastoji od uglavnom kazeina, a tehnička definicija sirutke je "skupina mliječnih proteina koja ostaje topljiva u mliječnom serumu" (51). Dakle, „Whey“ nije jedan protein, nego klasa proteina koji se grupiraju na temelju njihove topljivosti i metode proizvodnje.

Sirutka se općenito može naći u mlijeku. Iako većina komercijalno prodane sirutke potječe od krava (goveda), sirutka se može dobiti iz bilo koje životinje čije se mlijeko proizvodi kroz tkiva dojke: bivoli (53), deve (54), ljame (55), mačke (56) i ljudi (57).

Kao proteinski suplement prodaje se suhi prah s različitim razinama obrade koji utječu na koncentraciju proteina i brzinu apsorpcije.

4.1.1. Sastav

Aminokiseline proteina sirutke mogu se oblikovati u različite redosljede i stvarati jedinstvene bioaktivne peptide. Osim razlika u sastavu aminokiselina, različiti izvori proteina mogu imati različite učinke kroz svoje bioaktivne peptide. Najvažniji peptidi u sirutki su:

- a) β -laktoglobulin (A i B) s oko dva puta više A od B, 1290 mg i 2280 mg po litri sirutke (58) i 2-4 g (kombinirani A i B) po litri mlijeka (52). β -laktoglobulin je glavni bioaktivni peptid u sirutki, a B fragment je 162. aminokiselinska sekvenca i bogata je leucinom (13,5%); A je druga najpoznatija varijanta, ali nedavno je pokazano da β -laktoglobulin posjeduje H (59), I i J (60) i W varijante (61). β -laktoglobulin ima sposobnost vezanja topivih i amfifilnih molekula u masti i može pojačati apsorpciju hranjivih tvari topivih u masti (52).
- b) Alfa-laktalbumin, s oko 0,6-1,7 g po litri punomasnog mlijeka tj. s oko 1,2-1,5 g po litri sirutke (52). Alfa-laktalbumin je 123. aminokiselinska sekvenca s dvije varijante (A i B), a referentna varijanta (B) je bogata leucinom (10,6%), asparaginskom kiselinom (10,6%) i cisteinom (6,5%) (52). Smatra se dobrim za dojenčad jer ima 72% homolognosti ljudskom alfa-laktalbuminu, hranjivom sastojku koji se nalazi u majčinom mlijeku (62).
- c) Albumin goveđeg seruma (*engl. Bovine serum albumin - BSA*) iznosi oko 0,4 g po litri mlijeka (52). To je oko 1,5% ukupnih mliječnih bjelančevina, ali zbog njegova manjka u proteinima kazeina, čini do 8% ukupnih proteina sirutke. Najveći je protein u sirutki sa 583 aminokiseline (63). BSA omogućuje vezanje na hidrofobne molekule i može potencijalno povećati iskoristivost molekula topljivih u masti (64).
- d) Imunoglobulini čine 1% ukupnih mliječnih bjelančevina i 8% ukupnih proteina sirutke. Postoje različiti imunoglobulini u sirutki (IgG1, IgG2a (A1 i A2), IgG2b i IgG3; IgA, M, E i D).

Imunoglobulin klasificiran kao β 2-mikroglobulin također se naziva i laktolinom (52). Budući da su ovi imunoglobulini male veličine i vezani disulfidnim lancima, oni su najveći izvor aminokiseline cisteina u sirutki i mogu komunicirati s imunološkim sustavom.

Manje zastupljeni jesu glikomakropeptid, laktoferin, laktoperoksidaza, NOP-47 te laktostatin.

Tablica 2. Udio pojedine aminokiseline u koncentratu proteina sirutke (Sindayikengera i Xia, 2006.)

AMINOKISELINA	mg AK / g proteina
Izoleucin	49,7 – 57,3
Leucin	79,8 – 106,6
Valin	18,4 – 59,3
Lizin	76,1 – 88,1
Metionin i cistein (kombinacija)	oko 79,7 (otprilike jednak omjer)
Fenilalanin i tirozin (kombinacija)	oko 58,2 (otprilike jednak omjer)
Treonin	61,1 – 68,7
Triptofan	oko 17,3
Histidin	7,8 – 18,7
Alanin	42,1 – 55,5
Arginin	22,0 – 27,1
Glutamin	141,4 – 158,4
Glicin	13,8 – 53,2
Prolin	46,7 – 66,6
Serin	38,8 – 53,0
Aspartat	oko 94,1

4.1.2. Proizvodni oblici proteina sirutke

- a) Koncentrat je najmanje prerađeni oblik koji sadrži 35-80% proteina, sadrži i veću količinu ugljikohidrata u obliku laktoze (49). Osnovni je i daleko najčešće korišten izvor proteina zbog lake topljivosti.
- b) Izolat sadrži oko 90% proteina i prerađen za uklanjanje masti, kolesterola i laktoze - sadrži veći postotak proteina od koncentrata. Brže se probavlja, a proizvodnja je

skuplja jer se koristi tehnika ionizacije i prolazi dodatan proces filtracije kako bi se uklonila laktoza i masti (49).

- c) Hidroizolat ima udio proteina veći od 95%. Ne sadrži laktozu, kao ni masti ni dodatne ugljikohidrate. Najbrže se probavlja, a proizvodi se tako da se dodaje voda polimerima proteina što ih razbija na manje grupe proteina nazvane peptide. Zbog toga se posebni bioaktivni učinci kvarternih proteinskih struktura u sirutki (imunoglobulini, goveđi serumski albumin, laktalglobulin i laktalbumini) ne mogu primijeniti na hidroliziranu sirutku (49,65).

4.2. Kazein

Obično je poznat kao sporo probavljiva komponenta mliječnih proteina. Kazein je protein koji se dobiva iz mlijeka mnogih vrsta; većina ljudske konzumacije kazeina dolazi iz goveđeg (kravljeg) mlijeka. Kazein je netopljivi dio mlijeka, dok je sirutka topiva. Količina kazeina u standardnom mliječnom proteinu iznosi oko 80% (49,50).

4.2.1. Sastav

Kazein je potpun protein jer sadrži sve aminokiseline koje ulaze u sastav proteina. Treba praviti razliku između kompletnog proteina i njegove biološke vrijednosti, koja zavisi od odnosa i zastupljenosti pojedinih aminokiselina u njemu. Kazein sadrži relativno velike količine glutaminske kiseline i prolina, pored toga sadrži i znatne količine leucina, lizina, valina i asparaginske kiseline. Kazeinski protein, kao i svi proteini, izvor je prehrambenih aminokiselina. Kako se radi o životinjskim izvorima, potpun je u smislu da sadrži sve esencijalne aminokiseline u dovoljnom broju za pravilno funkcioniranje čovjeka na minimalnoj razini preporučenog unosa proteina. Kazeinski protein također sadrži razne bioaktivne peptide koji se mogu definirati kao sljedovi aminokiselina koji su djelomično denaturirani u želudcu kako bi se otkrile kratke sekvence (66).

4.2.2. Proizvodni oblici kazeina

Standardna obrada uključuje odvajanje dvaju mliječnih proteina (kazein i sirutka). Bjelančevine iz cijelog mlijeka obrađuju se spojem poznatim kao "koagulans", obično kimozinom (51), koji služi za koagulaciju (zgrušavanje ili učvršćivanje) fragmenta kazeina. Ovo je korak ključan za pravljenje sira (za koji je potrebno da kazein dobije čvrstu osnovu), ali je također značajan za odvajanje sirutke i kazeina (skute) (67,68).

Kad je kazeinski ulomak čvršći, fragment sirutke (još uvijek tekuć) se odvaja od kazeina postupkom koji se naziva sinereza. Kazeinska proteinska suplementacija se bavi izdvajanjem što više sirutke, što iza sebe ostavlja čisti kazeinski protein (68).

a) Micelarni kazein izvorni je oblik kazeina koji se nalazi u mlijeku. Molekule kazeina su amorfne i tvore sitne okrugle strukture nazvane micle koje lebde suspendirano u otopini. Micela se sastoji od tisuća molekula kazeina nakupljenih oko unutarnje jezgre koja je bogata kalcijevim fosfatom (69). Obično se proizvodi mikrofiltracijom koja ima sposobnost koncentracije micelarnih segmenata kazeina (70).

Kada je micelarni kazein izložen kiselini u želudcu, on se uvija u veliki bolus, ili ugrušak, koji se zatim probavlja polako tijekom više sati. To daje micelarnom kazeinu mnoga njegova jedinstvena svojstva (71). Kazeinski bolus probavlja se polako, u vremenskom intervalu do sedam sati, opskrbljujući tijelo aminokiselinama za izgradnju mišića, održavajući pozitivnu dušičnu ravnotežu i održavajući tijelo u anaboličkom stanju (72). Iz tih razloga, za micelarni kazein se kaže da je "jedini nekatabolni protein koji postoji" (71). Micelarni kazein najčešće se koristi kao noćni protein, kako bi se tijelo opskrbilo aminokiselinama tijekom spavanja, što je razdoblje kada tijelo popravljiva i izgrađuje mišiće.

b) Kazein hidrolizat je prethodno razgrađeni, brzo djelujući protein. Sadrži sličan aminokiselinski dodatak sirutki, s oko 20% BCAA. Nastaje procesom hidrolize koja razgrađuje proteine na manje peptide ili aminokiseline. Hidroliza sprječava stvaranje kazeinskih micela, što znači da kazein ne stvara bolus u želucu. Umjesto toga, brzo se apsorbira i probavlja, brzinom sličnom ostalim hidroliziranim proteinima, poput sirutke (73). To znači da je najprikladniji za upotrebu odmah

nakon vježbanja, gdje pozitivna ravnoteža aminokiselina može pomoći oporavku te zaustaviti razgradnju mišića koji se dogodi nakon vježbanja (72).

Obje vrste kazeina sadrže kompletan kompleks aminokiselina i lako se probavljaju, apsorbiraju te koriste za oblikovanje mišića (73).

4.3. Protein jaja

Protein jaja potječe uglavnom od pilećih jaja (bjelanjak). Jajni protein je potpuni izvor proteina, što znači da sadrži sve esencijalne aminokiseline (i više) koje su potrebne za život i rast mišića. Ima vrlo visok BV i zlatni je standard s kojim se uspoređuju drugi proteini. Također, za razliku od nekih vrsta proteina sirutke, bjelančevina iz jaja ne sadrži laktozu, te je zbog toga pogodna za one koji su netolerantni na laktozu.

Proteini jaja su visoko vrijedni proteini za izgradnju tijela. Jedno istraživanje pokazalo je da se sinteza mišićnih proteina povećavala povećanjem unosa proteina iz jaja do 20 g, nakon čega dosegne plato (75). Nadalje, stručnjaci nastavljaju s tvrdnjom da su jaja dobar izvor leucina, koji je jedan od ključnih hranjivih sastojaka potrebnih za izgradnju mišića i sintezu energije (76).

Iako su bjelančevine jaja vrlo kvalitetne, ipak se ne apsorbiraju tako brzo kao protein sirutke (35). Stoga bjelančevine iz jaja nisu preporučeni izvor proteina odmah nakon vježbanja. Umjesto toga treba upotrijebiti visokokvalitetni, brzo apsorbirani protein poput sirutke. Preporuka je da se protein jaja koristi tijekom dana ili prije spavanja (slično micelarnom kazeinu). Jajni protein može se naći kao samostalan prašak za jaja.

4.4. Protein soje

Soja se može konzumirati u različitim oblicima, uključujući tofu, tempehu, sojino mlijeko i druge alternative mlijeka i mesa. Također se može pretvoriti u proteinski prah soje. Za vegetarijance, vegane i one koji izbjegavaju ili su alergični na mliječnu hranu, protein soje

često služi kao glavni izvor ovog važnog hranjivog sastojka. Prašak za izolat proteina soje je izrađen od odmašćenih sojinih pahuljica koje su isprane alkoholom ili vodom kako bi se uklonili šećeri i dijetalna vlakna. Tada su dehidrirani i pretvoreni u prah. Ovaj proizvod sadrži vrlo malo masti i nema kolesterola. Iako je koncentrirani izvor bjelančevina, prašak izolata proteina soje također sadrži fitate koji mogu smanjiti apsorpciju minerala (50,76).

Za razliku od većine ostalih biljnih bjelančevina, sojin protein je kompletan protein. To znači da sadrži sve esencijalne aminokiseline koje tijelo ne može proizvesti i koje mora dobiti iz hrane. Dok svaka aminokiselina ima ulogu u sintezi proteina mišića, aminokiseline razgranatog lanca (BCAA) najvažnije su kada je riječ o izgradnji mišića (77,78).

U usporedbi s proteinima sirutke i kazeina, protein soje je negdje u sredini što se tiče sinteze proteina mišića. Jedno istraživanje pokazalo je da je soja inferiornija od proteina sirutke u pogledu sinteze proteina za mišiće, ali da je bolja od kazeina. Istraživači su zaključili da bi to moglo biti posljedica brzine probave ili sadržaja leucina (50). Neka istraživanja sugeriraju da kombiniranje mliječnih i sojinih proteina može rezultirati većom sintezom proteina u mišićima nego sama sirutka, kazein ili soja (79).

Prerađeni sojin protein pojavljuje se u hrani uglavnom u tri oblika: sojino brašno, izolati sojinih proteina i koncentrat sojinih proteina (80).

- a) Sojino brašno se dobiva mljevenjem soje u fini prah. Dolazi u tri oblika: cjelovita ili punomasna (sadrži prirodna ulja); odmašćen (uklonjena ulja) s 50% udjela proteina i s visokom topljivošću u vodi ili s niskom topljivošću u vodi; i lecitiniran (dodan lecitin) (81).
- b) Soin protein izolat je visoko rafiniran ili pročišćen oblik sojinog proteina s minimalnim udjelom proteina od 90% na osnovi bez vlage. Izrađen je od odmašćenog sojinog brašna u kojem je uklonjen veći dio neproteinskih sastojaka, masti i ugljikohidrata (80).
- c) Koncentrat sojinih proteina je oko 70% sojinog proteina i u osnovi je odmašćeno sojino brašno bez ugljikohidrata topljivih u vodi. Izrađuje se uklanjanjem dijela ugljikohidrata (topljivih šećera) iz soje koja se odmašćuje. Soin protein

koncentrat zadržava većinu vlakana originalne soje i dostupni su u različitim oblicima: granule, brašno (80).

4.5. Protein konoplje

Konopljin protein je nusproizvod prerade sjemenki konoplje. Biljka konoplje je poznata i kao kanabis ili marihuana, ali sojevi koji se koriste za proizvodnju sjemena, vlakana i dr. sadrže vrlo nisku razinu psihoaktivnog spoja koji se obično povezuje s rekreacijskom upotrebom (82). Protein ima do 10% masnih kiselina, uglavnom omega 3,6 i polinezasićene masti. Konopljin protein je kompletan protein koji sadrži svih 9 esencijalnih aminokiselina koje se moraju dobiti iz hrane. Dobar je izvor vlakana, lako se probavlja i bogat je mineralima i antioksidansima. Manje je rafiniran od ostalih vrsta bjelančevina u prahu (83).

Ima visoku stopu apsorpcije, kao i dodatne prednosti omega i masnih kiselina. Također je jedna od rijetkih biljnih bjelančevina koja sadrži sve esencijalne aminokiseline, pa je dobra opcija za one koji traže mogućnost prirodnih ili vegetarijanskih proteina. Konopljin protein je brzo probavljajući protein, pa je dobra opcija za korištenje prije ili poslije vježbanja (84)(85).

4.6. Protein graška

Proteinski prašak graška je vegetarijanski proteinski dodatak koji se dobiva uglavnom iz žutog graška. Protein graška ima visoku stopu probavljivosti koja se povećava ovisno o vrsti proteina. Dobar je alternativni izvor proteina za one koji ne podnose laktozu ili ne mogu uzimati mliječne proizvode. Obično ima visoku stopu probavljivosti oko 90-95%, ovisno o izvoru i obliku proteina. Također ima dodatnu korist jer je hipoalergen zbog odsutnosti uobičajenih alergena poput laktoze, glutena i pšenice. Kao proteini sirutke, i proteini graška mogu biti u koncentriranom obliku, izolatnom obliku i obliku hidrolata - svi oni imaju povećanu probavljivost i apsorpciju (86).

U istraživanjima je rezultirao smanjenim unosom hrane, što ga čini izuzetno pogodnim izvorom proteina za one koji imaju za cilj mršavljenje, gubitak masnoće i poboljšani sastav tijela. Pored toga, protein graška može pomoći sniženju krvnog tlaka (87).

Proteinski prašak graška se često miješa s drugim hipoalergenim proteinima poput rižina proteina. To je zato što se međusobno nadopunjuju u smislu sastava aminokiselina. Protein graška je niži u aminokiselinama cisteinu i metioninu, ali viši u aminokiselini lizin. Rižin protein s druge strane sadrži veće količine cisteina i metionina, ali mu nedostaje lizin, što ga čini izuzetno pogodnim dodatkom proteinu graška.

Protein graška je zvijezda u usponu na tržištu proteina i suplemenata zbog visoke probavljivosti i bioraspoloživosti, njegove male alergene prirode i kao održiv i isplativ izvor proteina (88).

4.7. L glutamin

Glutamin je jedna od 20 aminokiselina koje se prirodno nalaze u prehranbenim proteinima i poluesencijalna aminokiselina čija se biološka potreba povećava u određenim stanjima kao što su bolest ili kaheksija (89). Glutamin se nalazi u velikim količinama u većini mesa i životinjskih proizvoda, kao i u svim mliječnim proizvodima ili nusproizvodima, poput proteina sirutke ili kazeina (90). To je najzastupljenija aminokiselina u ljudskom tkivu (uglavnom mišićnom tkivu) i plazmi. Ima različite biološke uloge, uključujući sudjelovanje u transportu dušika između tkiva zajedno s alaninom, djeluje kao prekursor za antioksidant glutation, djeluje kao prekursor nukleotida, regulira acidobazni metabolizam i sudjeluje kao supstrat u glukoneogenezi (91). Također može potaknuti proizvodnju L-citrulina i L-glicina djelujući kao supstrat (92).

Glutamin je aminokiselina koja sudjeluje u homeostazi mišića i sintezi proteina u mišićima, pri čemu višak izaziva anabolizam i sprječava razgradnju, dok deficit uzrokuje katabolizam (93,95). Naime, naporan trening predstavlja stres za tijelo. To dovodi do drastičnog pada glutamina, jer ga organi - kojima je glutamin neophodan za rad (jetra, bubrezi, gušterača, imunološki sustav) - "kradu" iz mišića. To za posljedicu ima

razgradnju mišića i gubitak mišićne mase. Poznato je da glutamin smanjuje brzinu oksidacije leucina i povećava njegovo taloženje, što povećava učinke leucina u stanicama skeletnog mišića (96).

Vježbe izdržljivosti koji traju duže od 2 sata obično pokazuju smanjenje razina glutamina u serumu (97,98). Suplementacija glutamina i povećani unos proteina iz hrane mogu ublažiti ovaj pad glutamina u serumu (99) i potencijalno mogu smanjiti oštećenje imunoloških stanica povezano s dugotrajnim kardiovaskularnim vježbanjem (100). Smanjenje razine glutamina u serumu može također suzbiti oslobađanje interleukina-6 (IL-6) iz mišićnog tkiva, a suplementacija glutamina može očuvati razinu IL-6 (101).

Glutaminski suplementi su obično u obliku praha jer to znatno olakšava doziranje, ovisno o potrebama, ali također omogućuje bržu apsorpciju. Jedna preporuka je uzeti 5 g prije treninga, a drugi 5 g nakon treninga (102).

4.8. Aminokiseline razgranatog lanca

Aminokiseline razgranatog lanca (*engl. Branched chain amino acids - BCAA*) odnose se na aminokiseline leucin, izoleucin i valin jer su jedine tri aminokiseline koje imaju razgranati bočni lanac. Sve su esencijalne aminokiseline (103) i zajedno tvore najveći bazen esencijalnih aminokiselina u tjelesnom bazenu (35-40%), a prisutne su u visokim razinama (14-18%) u mišićnom tkivu (104-106). Dodatak BCAA može pospješiti sintezu mišićnih proteina i povećati rast mišića tijekom vremena. Suplementacija se također može koristiti za sprječavanje umora kod sportaša.

Leucin igra važnu ulogu u sintezi proteina mišića (107), dok izoleucin inducira unos glukoze u stanice. Potrebna su dodatna istraživanja kako bi se utvrdila uloga valina u BCAA dodatku. Suplementacija BCAA sprječava serumski pad BCAA koji nastaje tijekom vježbanja. Pad u serumu obično bi izazvao priljev triptofana u mozak, praćen proizvodnjom serotonina, što uzrokuje umor (108).

Smatra se da je središnja hipoteza umora (108,109) povezana s učincima dodavanja BCAA na razvoj umora (110). Povećan transport triptofana u mozak (koji stvara serotonin putem 5-HTP) je mogući uzročni faktor umora, a obnavljanje oksidiranih BCAA za očuvanje omjera može umanjiti proizvodnju umora. Unos triptofana u mozak povećava se tijekom vježbanja. Povećana sinteza serotonina potiče umor i sedaciju. Kako BCAA-i dijele isti prijenos u mozak kao triptofan, smatra se da bi unos prije vježbanja mogao spriječiti unos triptofana i proizvodnju serotonina, te na taj način ometati početak umora (110). BCAA je važno unositi svakodnevno, ali mnogi izvori proteina, poput mesa i jaja, već daju BCAA.

4.9. L arginin

U normalnim okolnostima, arginin se sintetizira u tijelu pomoću složenog lanca reakcija. Zbog toga se ne smatra strogo esencijalnom aminokiselinom. No, obično se ne sintetizira u odgovarajućim količinama koje bi udovoljilo zahtjevima većine ljudi, a prehrambeni izvor bi također mogao biti potreban. Može se naći u suplementima, u mnogim životinjskim proizvodima poput mesa i mliječnih proizvoda, kao i u biljnim izvorima kao što su orasi, sjemenke i pšenica (111).

Arginin je aminokiselina koja je ispitivana zbog svojih potencijalnih svojstava u poboljšanju atletskih performansi. To je zanimljivo za sportaše zbog mogućih učinaka na poboljšanje izdržljivosti. L-arginin povećava proizvodnju i lučenje hormona rasta, što pospješuje anaboličke procese (obnovu i rast mišićnih stanica) (112). Visoko zanimanje za arginin proizlazi iz njegove metaboličke veze s proizvodnjom dušičnog oksida. Dušikov oksid je prirodni vazodilatator, što znači da ga tijelo samo sintetizira kako bi privremeno proširilo krvne žile. To omogućava da više krvi dopre do mišića, a dodatna opskrba krvlju može pomoći u povećanju izdržljivosti i dizanju utega. Dušikov oksid kao tvar smatra se lijekom, nestabilan je i zbog toga nije dostupan većini ljudi. Međutim, arginin je prekursor dušičnog oksida u tijelu, a kao aminokiselina je lako dostupan svima (113).

Arginin služi i kao prekursor citrulina i kreatina; obje važne tvari u kontekstu sportskih performansi. Kreatin fosfat je prirodno proizvedena molekula unutar tijela koja se razgrađuje kako bi se postigla viša razina ATP-a. Arginin je uključen u proces stvaranja kreatina u tijelu. Citrulin je preteča arginina (114). Suplementacija citrulinom može biti učinkovitija u stvaranju dušičnog oksida od direktne uporabe arginina. Arginin se najčešće uzima prije treninga.

5. PREDNOSTI I NEDOSTATCI PROTEINSKE SUPLEMENTACIJE

Međunarodno društvo za sportsku prehranu preporučuje da bi oni koji vježbaju trebali pokušati zadovoljiti svoje potrebe za proteinima preko cjelovite hrane, a proteinski dodaci mogu biti praktičan način da sportaši visokog intenziteta brzo postignu svoje povećane potrebe za proteinima (po danu: snagatori trebaju 1,24 g/kg, sportaši za izdržljivost trebaju 1,2-1,4 g/kg, sjedeće jedinice trebaju 0,8-1 g/kg). Ako se odluče za uporabu proteinskih suplemenata, oni bi trebali sadržavati i protein sirutke i kazein zbog visoke probavljivosti proteina, reguliranja aminokiselina i sposobnosti povećanja mišićnih proteina (115).

Europska agencija za sigurnost hrane izvijestila je da postoji dovoljno dokaza koji govore da sportašima visokog intenziteta konzumiranje 3 g kreatina dnevno može pomoći u postizanju povećanja tjelesnih performansi tijekom kratkoročnih, intenzivnih, ponavljanih vježbi (116).

Može biti korisno osobama kojima vježbanje izaziva loš apetit. Otkriveno je da neki ljudi razviju loš apetit nakon vježbi visokog intenziteta (117), u tim se slučajevima proteinski shakeovi mogu podnijeti bolje od cjelovite hrane.

BCAA se često nalaze u proteinskim suplementima, a neka istraživanja pokazuju da ova vrsta aminokiselina može poboljšati oporavak tijekom intenzivnog vježbanja (115,106).

Proteinski suplementi su brzi i laki za upotrebu, a mogu biti korisni ako su vrijeme, mogućnost kuhanja ili kuharske vještine ograničeni. Oni mogu biti korisni i ako se posebno želi povećati udio proteina u obroku, a da se ne poveća previše masti ili kalorija. Ovisno o specifičnom proizvodu, neki dodaci proteinima mogu biti isplativi (111). Za elitne sportaše proteinski dodaci se često osiguravaju sponzorstvom što može rezultirati ukupnom uštedom troškova.

Odrasli ne bi trebali konzumirati više od dva puta preporučenog dnevnog unosa proteina koji je 55,5 g za muškarce i 45 g za žene (118). Proteinski pripravci često uključuju otprilike 20-40 g proteina po obroku, pa njihova potrošnja lako može dovesti do pretjeranog unosa proteina. Britansko dijetetsko udruženje izvještava da će, kada se

ispune potrebe za energijom, izbalansirana prehrana obično osigurati dovoljno bjelančevina kako bi se zadovoljilo povećanje zahtjeva povezanih s vježbanjem (118). Za usporedbu, pileća prsa sadrže otprilike 30 g proteina što je često nivo proteina koji se nalazi u proteinskim shakeovima.

Ukupna dokazna baza za upotrebu proteinskih suplemenata nije baš jaka. Europska agencija za sigurnost hrane izvještava da nema dovoljno dokaza koji bi podržavali uzročno-posljedičnu vezu između dodataka proteina sirutke, BCAA ili L-glutamina i rasta ili održavanja mišićne mase, povećanja izdržljivosti, reparacije koštanog mišićnog tkiva popravljavanje i bržeg oporavka mišića nakon vježbanja (119-121).

Dokazano je da konzumiranje previše proteina tijekom dužeg vremena može pogoršati postojeće probleme s bubrezima i može povećati rizik od razvoja osteoporoze (122). Nuspojave bezreceptnih proteinskih dodataka uključuju: dehidraciju, zatvor, pojačani rad crijeva, mučninu, grčeve, nadimanje, smanjeni apetit, umor i interakciju s lijekovima (2).

Istraživanje britanske regulatorne agencije za lijekove i zdravstvo utvrdilo je da 84 proizvoda sportske prehrane koji se prodaju sadrže opasne sastojke, uključujući steroide, stimulanse i hormone koji mogu rezultirati: zatajenjem bubrega, napadajima ili srčanim problemima. Jedan specifični proizvod "Celtic dragon" iznesen je s tržišta nakon što su dva muškarca hospitalizirana s teškom žuticom i oštećenjem jetre (123).

Najveći rizik je obično s dodacima kupljenim preko interneta, ali čak i legalni sportski dodaci mogu biti kontaminirani ilegalnim tvarima. Primjeri toga su rezultirali skandalima s dopingom za profesionalne sportaše; profesionalni boksač Enzo Maccarinelli suspendiran je iz boksa na 6 mjeseci nakon što je testiran pozitivno na zabranjenu supstancu koja je, kako se navodi, pronađena u dodatku za sagorijevanje masti koji je opisan kao "odobreni dodatak borcima" (124,125).

Proteinski shakeovi često se stavljaju na tržište kao zamjena za obrok, ali nisu svi prehrambeno uravnoteženi. Kao što je gore istaknuto, to bi moglo dovesti do prekomjernog unosa proteina, ali isto tako može dovesti do prehrambenih nedostataka, a smanjenje ukupne količine u prehrani bi moglo naštetiti probavnom sustavu. Kako neki

proteinski dodaci sadrže i ugljikohidrate i masti, mogu imati i visoki udio kalorija što može dovesti do povećanja kilograma ako razina vježbanja nije dovoljno visoka.

6. ZAKLJUČAK

Vrlo je jednostavno zaključiti postoji li stvarna potreba za proteinskom suplementacijom u sportaša. Ona ovisi o tome kolika je njihova dnevna potreba za proteinima te koliko im je prehrana u skladu s dnevnim potrebama.

Većina ljudi doista može dobiti dovoljno proteina iz cjelovite hrane, bez uzimanja proteinskih dodataka. Meso, riba, perad, jaja, mliječni proizvodi, grah, leća, proizvodi od soje, orašasti plodovi, sjemenke, integralne žitarice pružaju potrebne prehrambene proteine. Prosječna zdrava osoba koja je prilično atletska i jede uravnoteženu, raznoliku prehranu, vjerojatno već dobiva dovoljno proteina iz svoje hrane. Velika korist prave hrane je u tome što se tako konzumiraju i razni drugi mikronutrijenti i vlakna tijekom cjelovitog obroka.

Populacija poput sportaša, kao osoba pod povećanim fizičkim naporima, svakako imaju veće potrebe na proteinima, i stoga, moraju voditi računa o njihovom unosu. Dinamika života je vrlo bitan faktor koji onemogućava (pravovremeni) unos obroka tijekom dana, te se najviše zbog toga proteinska suplementacija nameće kao dobro rješenje. No, naravno da postoji i druga strana medalje.

Proteinski praškovi ne trebaju postati oslonac prehrane. Jasno da prilikom odabira proteinskog treba uzeti u obzir i kriterije sadrži li umjetna sladila, koji je sadržaj proteina, koji su glavni izvori proteina, koja je tehnologija primijenjena u koncentriranju i izoliranju proteina i tako dalje.

Valja reći kako proteini kvalitetnih i provjerenih proizvođača s dozvolom Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo i Ministarstva zdravstva prolaze kontrolu koja jamči sigurnost.

Na kraju, dodaci prehrani, a tako i proteinski dodaci prehrani, ako se koriste prema individualnoj preporuci stručnjaka nisu štetni proizvodi, već korisni prehrambeni proizvodi koji prvenstveno služe kao dopuna prehrani. Njihova primjena doći će do pozitivnog izražaja samo ako prehrana kao baza bude pravilno posložena i uravnotežena.

Uz utvrđenu sigurnost i potencijalnu korist sportaši bi trebali razmotriti uzimanje proteinskih suplemenata, ukoliko ne konzumiraju optimalni dnevni unos proteina, na temelju težine i razine aktivnosti.

7. LITERATURA

1. Thomas, P. R. (2005). Dietary supplements for weight loss? *Nutrition Today*, 40(1):6–12.
2. Samal JRK, Samal IR. (2017) Protein Supplements: Pros and Cons. *Journal of Dietary Supplements*, 15(3):365-371.
3. Pingitore A, Lima GPP, Mastorci F, Quinones A, Iervasi G, Vassalle C. (2015) Exercise and oxidative stress: Potential effects of antioxidant dietary strategies in sports. *Nutrition*, 31(7-8):916-22.
4. Hazell TJ, Lemon PWR. (2019) Proteins. *J Int Soc Sports Nutr.*, 14:20.
5. Damodaran S, Fennema R (2017) Amino acids, peptides, and proteins. *Fennema's Food Chemistry*, Boca Raton, CRC Press.
6. Amadei A, Linssen ABM, Berendsen HJC. (1993) Essential dynamics of proteins. *Proteins Struct Funct Bioinforma.*, 17(4):412-25.
7. Mifflin BJ, Habash DZ. (2002) The role of glutamine synthetase and glutamate dehydrogenase in nitrogen assimilation and possibilities for improvement in the nitrogen utilization of crops. *J Exp Bot.*, 53(370):979-87.
8. Boisseau N, Vermorel M, Rance M, Duché P, Patureau-Mirand P. (2007) Protein requirements in male adolescent soccer players. *Eur J Appl Physiol*, 100(1):27-33.
9. Tomé D, Bos C. (2000) Dietary Protein and Nitrogen Utilization. *J Nutr.*, 130(7):1868-73.
10. Song Y, Yao X, Ying H. (2011) Thyroid hormone action in metabolic regulation. *Protein Cell*, 2(5):358-68.
11. Clapp C, Thebault S, Jeziorski MC, Martínez De La Escalera G. (2009) Peptide hormone regulation of angiogenesis. *Physiol Rev.*, 89(4):1177-215.
12. Nieschlag S, Rommerts FFG. (2010) Testosterone: an overview of biosynthesis, transport, metabolism and non-genomic actions. *Testosterone*, Cambridge, Cambridge University Press.
13. Sheffield-Moore M, Urban RJ. (2004) An overview of the endocrinology of skeletal muscle. *Trends Endocrinol Metab.*, 15(3):110-5.
14. Villamide MJ, Nicodemus N, Fraga MJ, Carabaño R. (2010) Protein digestion. *Nutrition of the Rabbit: 2nd Edition*, Wallingford, CAB International.
15. Campbell I. (2015) Digestion and absorption. *Anaesth Intensive Care Med.*, 16(1):35-36.
16. Said, HM (2018) Protein Digestion and Absorption. *Physiology of the Gastrointestinal Tract: Sixth Edition*, Cambridge, Academic Press.
17. MacFarlane NG. (2018) Digestion and absorption. *Anaesthesia and Intensive Care Medicine*, 19(3):125-127.
18. Friedman M. (1996) Nutritional Value of Proteins from Different Food Sources. A Review. *J. Agric. Food Chem.*, 44(1):6–29.
19. Tahergorabi R, Hosseini SV. (2017) Proteins, peptides, and amino acids. *Nutraceutical*

- and Functional Food Components: Effects of Innovative Processing Techniques, Cambridge, Academic Press.
20. Phillips GO, Williams PA. (2011) Handbook of Food Proteins: 1st Edition, Cambridge, Woodhead Publishing.
 21. Yada RY. (2004) Proteins in Food Processing: 2nd Edition, Cambridge Woodhead Publishing.
 22. Consultation R. (2011) Dietary protein quality evaluation in human nutrition. *FAO Food Nutr Pap.*, 92:1-66.
 23. van Vliet S, Beals JW, Martinez IG, Skinner SK, Burd NA. (2018) Achieving optimal post-exercise muscle protein remodeling in physically active adults through whole food consumption. *Nutrients.*, 10(2): 224.
 24. Preece KE, Hooshyar N, Zuidam NJ. (2017) Whole soybean protein extraction processes: A review. *Innovative Food Science & Emerging technologies*, 43:163-172.
 25. Zayas JF. (1997) *Functionality of Proteins in Food*, Springer, Berlin, Heidelberg.
 26. Richter CK, Skulas-Ray AC, Champagne CM, Kris-Etherton PM. (2015) Plant Protein and Animal Proteins: Do They Differentially Affect Cardiovascular Disease Risk? *Adv Nutr.*, 13;6(6):712-28.
 27. Westerterp-Plantenga MS. (2008) Protein intake and energy balance. *Regul Pept.*, 149(1-3):67-9.
 28. Navruz-Varli S, Sanlier N. (2016) Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). *J Cereal Sci.*, 69:371-376.
 29. de Boer J, Helms M, Aiking H. (2006) Protein consumption and sustainability: Diet diversity in EU-15. *Ecological Economics*, 59(3):267-274.
 30. Wu G. (2016) Dietary protein intake and human health. *Food Funct.*, 7(3):1251-65.
 31. Grigg D. (1995) The pattern of world protein consumption. *Geoforum*, 26(1):1-17.
 32. Tarnopolsky M. (2004) Protein requirements for endurance athletes. *Nutrition*, 20(7-8):662-8.
 33. Lambert CP, Frank LL, Evans WJ. (2004) Macronutrient considerations for the sport of bodybuilding. *Sports Med.*, 34(5):317-27.
 34. Lun V, Erdman KA, Fung TS, Reimer RA. (2012) Dietary supplementation practices in canadian high-performance athletes. *International Journal Of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 22(1):31–37.
 35. Bilsborough S, Mann N.(2006) A review of issues of dietary protein intake in humans. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.*, 16(2):129-52.
 36. Halton TL, Hu FB. (2004) The effects of high protein diets on thermogenesis, satiety and weight loss: A critical review. *J Am Coll Nutr.*, 23(5):373-85.
 37. Tipton KD. (2011) Efficacy and consequences of very-high-protein diets for athletes and exercisers. *Proc Nutr Soc.*, 70(2):205-14.
 38. Candow DG, Burke NC, Smith-Palmer T, Burke DG. (2006) Effect of whey and soy

- protein supplementation combined with resistance training in young adults. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.*, 16(3):233-44.
39. Bianco A, Mammina C, Paoli A, Bellafiore M, Battaglia G, Caramazza G, et al. (2011) Protein supplementation in strength and conditioning adepts: Knowledge, dietary behavior and practice in Palermo, Italy. *J Int Soc Sports Nutr.*, 8(1):25.
 40. Gannon NP, Schnuck JK, Vaughan RA. (2018) BCAA Metabolism and Insulin Sensitivity – Dysregulated by Metabolic Status? *Mol Nutr Food Res.*, 62(6):e1700756.
 41. Ranganathan J, Vennard D, Waite R, Dumas P, Lipinski B, Searchinger T. (2016) Shifting diets Toward a sustainable food future. *Creata Sustain Food Futur.*, Washington, International food policy research institute (IFPRI).
 42. Clarke SF, Murphy EF, O'Sullivan O, Lucey AJ, Humphreys M, Hogan A, et al. (2014) Exercise and associated dietary extremes impact on gut microbial diversity. *Gut.*, 63(12):1913-20.
 43. Kårlund A, Gómez-Gallego C, Turpeinen AM, Palo-Oja OM, El-Nezami H, Kolehmainen M. (2019) Protein supplements and their relation with nutrition, microbiota composition and health: Is more protein always better for sportspeople? *Nutrients*, 11(4):829.
 44. Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. (2016) Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *J Acad Nutr Diet.*, 116(3):501-528.
 45. Travis Thomas D, Erdman KA, Burke LM (2016) Nutrition and Athletic Performance. *Med Sci Sports Exerc.*, 48(3):543-68.
 46. Clark A, Mach N. (2016) Exercise-induced stress behavior, gut-microbiota-brain axis and diet: A systematic review for athletes. *J Int Soc Sports Nutr.*, 13:43.
 47. Cermak NM, Res PT, De Groot LCPGM, Saris WHM, Van Loon LJC. (2012) Protein supplementation augments the adaptive response of skeletal muscle to resistance-type exercise training: A meta-analysis. *Am J Clin Nutr.*, 96:1454-64.
 48. Ramchandran L, Vasiljevic T. (2012) *Whey Processing. Membrane Processing: Dairy and Beverage Applications.* Blackwell, Oxford.
 49. Carunchia Whetstine ME, Croissant AE, Drake MA. (2005) Characterization of dried whey protein concentrate and isolate flavor. *J Dairy Sci.*, 88(11):3826-39.
 50. Tang JE, Moore DR, Kujbida GW, Tarnopolsky MA, Phillips SM. (2009) Ingestion of whey hydrolysate, casein, or soy protein isolate: Effects on mixed muscle protein synthesis at rest and following resistance exercise in young men. *Journal of Applied Physiology*, 107(3):987-992.
 51. Kumar A, Grover S, Sharma J, Batish VK. (2010) Chymosin and other milk coagulants: Sources and biotechnological interventions. *Crit Rev Biotechnol.*, 30(4):243-58.
 52. Farrell HM, Jimenez-Flores R, Bleck GT, Brown EM, Butler JE, Creamer LK, et al. (2004) Nomenclature of the proteins of cows' milk - Sixth revision. *J Dairy Sci.*, 87(6):1641-1674.
 53. Abd El -Fattah AM, Abd Rabo FHR, EL-Dieb SM, Elkashef HAS. (2012) Changes in composition of colostrum of Egyptian buffaloes and Holstein cows. *BMC Vet Res.*, 5;8:19.
 54. Zhang H, Yao J, Zhao D, Liu H, Li J, Guo M. (2005) Changes in chemical composition of

- Alxa bactrian camel milk during lactation. *J Dairy Sci.* 88(10):3402-10.
55. Morin DE, Rowan LL, Hurley WL, Braselton WE. (1995) Composition of Milk from Llamas in the United States. *J Dairy Sci.*, 78(8):1713-20.
 56. Adkins Y, Zicker SC, Lepine A, Lönnerdal B. (1997) Changes in nutrient and protein composition of cat milk during lactation. *Am J Vet Res.*, 58(4):370-5.
 57. Jenness R. (1979) The composition of human milk. *Seminars in Perinatology*, 3(3):225-39.
 58. Ye X, Yoshida S, Ng TB. (2000) Isolation of lactoperoxidase, lactoferrin, α -lactalbumin, β -lactoglobulin B and β -lactoglobulin A from bovine rennet whey using ion exchange chromatography. *Int J Biochem Cell Biol.*, 32(11-12):1143-50.
 59. Conti A, Napolitano L, Maria Cantisani A, Davoli R, Dall'Olio S. (1988) Bovine β -lactoglobulin H: isolation by preparative isoelectric focusing in immobilized pH gradients and preliminary characterization. *J. Biochem. Biophys. Meth.*, 16:205–14.
 60. Godovac-Zimmermann J, Krause I, Baranyi M, Fischer-Frühholz S, Juszczak J, Erhardt G, et al. (1996) Isolation and rapid sequence characterization of two novel bovine β -lactoglobulins I and J. *Journal of Protein Chemistry*, 15(8):743-50.
 61. Godovac-Zimmermann J, Krause I, Buchberger J, Weiss G, Klostermeyer H. (1990) Genetic Variants of Bovine β -Lactoglobulin. A Novel Wild-type β -Lactoglobulin W and its Primary Sequence. *Biol Chem Hoppe Seyler.*, 371(3):255-60.
 62. Heine WE, Klein PD, Reeds PJ. (1991) The importance of α -lactalbumin in infant nutrition. *The Journal of Nutrition*, 121(3):277-283.
 63. Hirayama K, Akashi S, Furuya M, Fukuhara K ichi. (1990) Rapid confirmation and revision of the primary structure of bovine serum albumin by ESIMS and frit-FAB LC/MS. *Biochem Biophys Res Commun.*, 173(2):639-46
 64. Sousa GT, Lira FS, Rosa JC, De Oliveira EP, Oyama LM, Santos R V., et al. (2012) Dietary whey protein lessens several risk factors for metabolic diseases: A review. *Lipids in Health and Disease*, 11:67.
 65. Potier M, Tomé D. (2008) Comparison of digestibility and quality of intact proteins with their respective hydrolysates. *J AOAC Int.*, 91(4):1002-5.
 66. Korhonen H, Pihlanto A. (2006) Bioactive peptides: Production and functionality. *International Dairy Journal*, 16(9):945-960.
 67. Johnson ME, Lucey JA. (2006) Major technological advances and trends in cheese. *J Dairy Sci.*, 89(4):1174-8.
 68. Huffman LM, Harper WJ. (1999) Maximizing the value of milk through separation technologies. *J Dairy Sci.*, 82(10):2238-44.
 69. Holt C, Carver JA, Ecroyd H, Thorn DC. (2013) Invited review: Caseins and the casein micelle: Their biological functions, structures, and behavior in foods. *J Dairy Sci.*, 96(10):6127-46.
 70. Maubois JL. (2002) Membrane microfiltration: A tool for a new approach in dairy technology. *Journal of Membrane Science*, 432:106–114.

71. Boirie Y, Dangin M, Gachon P, Vasson MP, Maubois JL, Beaufrère B. (1997) Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion. *Proc Natl Acad Sci U S A.*, 94(26):14930-5.
72. Dideriksen K, Reitelseder S, Holm L. (2013) Influence of amino acids, dietary protein, and physical activity on muscle mass development in humans. *Nutrients*, 5(3):852-76.
73. Koopman R, Crombach N, Gijsen AP, Walrand S, Fauquant J, Kies AK, et al. (2009) Ingestion of a protein hydrolysate is accompanied by an accelerated in vivo digestion and absorption rate when compared with its intact protein. *American journal of Clinical Nutrition*, 90(1):106-15.
74. Moore DR, Robinson MJ, Fry JL, Tang JE, Glover EI, Wilkinson SB, et al. (2009) Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men. *Am J Clin Nutr.*, 89(1):161-8.
75. Layman DK, Rodriguez NR. Egg protein as a source of power, strength, and energy. *Nutr Today*, 44(1):43-8.
76. Song F, Tang DL, Wang XL, Wang YZ. (2011) Biodegradable soy protein isolate-based materials: A review. *Biomacromolecules*, 12(10):3369-80.
77. Blomstrand E, Eliasson J, Karlsson HKR, Köhnke R. (2006) Branched-Chain Amino Acids Activate Key Enzymes in Protein Synthesis after Physical Exercise. *The Journal of Nutrition*, 136(1):269-73.
78. Moberg M, Apró W, Ekblom B, Van Hall G, Holmberg HC, Blomstrand E. (2016) Activation of mTORC1 by leucine is potentiated by branched-chain amino acids and even more so by essential amino acids following resistance exercise. *Am J Physiol Cell Physiol.*, 310(11):874-84.
79. Butteiger DN, Cope M, Liu P, Mukherjea R, Volpi E, Rasmussen BB, et al. (2013) A soy, whey and caseinate blend extends postprandial skeletal muscle protein synthesis in rats. *Clin Nutr.*, 32(4):585-91.
80. Singh P, Kumar R, Sabapathy SN, Bawa AS. (2008) Functional and edible uses of soy protein products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7(1):14 - 28.
81. Lusas EW, Riaz MN. (1995) Soy protein products: processing and use. *J Nutr.*, 125(3):573-580.
82. House JD, Neufeld J, Leson G. (2010) Evaluating the quality of protein from hemp seed (*Cannabis sativa* L.) products through the use of the protein digestibility-corrected amino acid score method. *J Agric Food Chem.*, 58(22):11801-7.
83. House JD. (2010) Evaluating the Quality of Protein from Hemp Seed and Hemp Seed Products Through the use of the Protein Digestibility- Corrected Amino Acid Score Method. *J Agric Food Chem.*, 58(22):11801-7.
84. Schwab US, C. Callaway J, Erkkilä AT, Gynther J, Uusitupa MIJ, Järvinen T. (2006) Effects of hempseed and flaxseed oils on the profile of serum lipids, serum total and lipoprotein lipid concentrations and haemostatic factors. *European Journal of Nutrition* 45(8):470-7.
85. Rodriguez-Leyva D, Pierce GN. (2010) The cardiac and haemostatic effects of dietary

- hempseed. *Nutrition and Metabolism*, 7(1):32.
86. Abou-Samra R, Keersmaekers L, Brienza D, Mukherjee R, Macé K. (2011) Effect of different protein sources on satiation and short-term satiety when consumed as a starter. *Nutr J.*, 10:139.
 87. Li H, Prairie N, Udenigwe CC, Adebisi AP, Tappia PS, Aukema HM, et al. (2011) Blood pressure lowering effect of a pea protein hydrolysate in hypertensive rats and humans. *J Agric Food Chem.*, 59(18):9854-60.
 88. Tulbek MC, Lam RSH, Wang YC, Asavajaru P, Lam A. (2016) Pea: A Sustainable Vegetable Protein Crop. *Sustainable Protein Sources*, 145-164.
 89. Lacey JM, Wilmore DW. (1990) Is Glutamine a Conditionally Essential Amino Acid? *Nutr Rev.*, 48(8):297-309.
 90. Lenders CM, Liu S, Wilmore DW, Sampson L, Dougherty LW, Spiegelman D, et al. (2009) Evaluation of a novel food composition database that includes glutamine and other amino acids derived from gene sequencing data. *Eur J Clin Nutr.*, 63(12):1433-9.
 91. Gleeson M. (2008) Dosing and efficacy of glutamine supplementation in human exercise and sport training. In: *Journal of Nutrition* 138(10):2045-2049.
 92. Fujita T, Yanaga K. (2007) Association between glutamine extraction and release of citrulline and glycine by the human small intestine. *Life Sci.*, 80(20):1846-50.
 93. MacLennan PA, Smith K, Weryk B, Watt PW, Rennie MJ. (1988) Inhibition of protein breakdown by glutamine in perfused rat skeletal muscle. *FEBS Lett.*, 237(1-2):133-6.
 94. MacLennan PA, Brown RA, Rennie MJ. (1987) A positive relationship between protein synthetic rate and intracellular glutamine concentration in perfused rat skeletal muscle. *FEBS Lett.*, 215(1):187-91.
 95. Zhou X, Thompson JR. (1997) Regulation of protein turnover by glutamine in heat-shocked skeletal myotubes. *Biochim Biophys Acta - Mol Cell Res.*, 1357(2):234-42.
 96. Hankard RG, Haymond MW, Darmaun D. (1996) Effect of glutamine on leucine metabolism in humans. *Am J Physiol.*, 4(1):748-54.
 97. Parry-Billings M, Budgett R, Koutedakis Y, Blomstrand E, Brooks S, Williams C, et al. (1992) Plasma amino acid concentrations in the overtraining syndrome: Possible effects on the immune system. *Med Sci Sports Exerc.*, 24(12):1353-8.
 98. Rennie MJ, Edwards RHT, Krywawych S, Davies CT, Halliday D, Waterlow JC, et al. (1981) Effect of exercise on protein turnover in man. *Clin Sci.*, 61(5):627-39.
 99. Kingsbury KJ. (1998) Contrasting plasma free amino acid patterns in elite athletes: Association with fatigue and infection. *Br J Sports Med.*, 32(1):25-32.
 100. Cury-Boaventura MF, Levada-Pires AC, Folador A, Gorjão R, Alba-Loureiro TC, Hirabara SM, et al. (2008) Effects of exercise on leukocyte death: Prevention by hydrolyzed whey protein enriched with glutamine dipeptide. *Eur J Appl Physiol.*, 103(3):289-94.
 101. Hiscock N, Petersen EW, Krzywkowski K, Boza J, Halkjaer-Kristensen J, Pedersen BK. (2003) Glutamine supplementation further enhances exercise-induced plasma IL-6. *Journal of Applied Physiology*, 95(1):145-148.

102. Ramezani Ahmadi A, Rayyani E, Bahreini M, Mansoori A. (2019) The effect of glutamine supplementation on athletic performance, body composition, and immune function: A systematic review and a meta-analysis of clinical trials. *Clin Nutr.*, 38(3):1076-1091.
103. Yoshizawa F. (2012) New therapeutic strategy for amino acid medicine: Notable functions of branched chain amino acids as biological regulators. *Journal of Pharmacological Sciences*, 118(2):149-155.
104. Layman DK, Baum JI. (2004) Dietary Protein Impact on Glycemic Control during Weight Loss. *J Nutr.*, 134(4):968-73.
105. Riazi R, Wykes LJ, Ball RO, Pencharz PB. (2003) The Total Branched-Chain Amino Acid Requirement in Young Healthy Adult Men Determined by Indicator Amino Acid Oxidation by Use of I-[1-13C]Phenylalanine. *J Nutr.*, 133(5):1383-9.
106. Shimomura Y, Yamamoto Y, Bajotto G, Sato J, Murakami T, Shimomura N, et al. (2006) Nutraceutical Effects of Branched-Chain Amino Acids on Skeletal Muscle. *J Nutr.*, 136(2):529-532.
107. Drummond MJ, Fry CS, Glynn EL, Dreyer HC, Dhanani S, Timmerman KL, et al. (2009) Rapamycin administration in humans blocks the contraction-induced increase in skeletal muscle protein synthesis. *J Physiol.*, 587(7):1535-46.
108. Ament W, Verkerke G. (2009) Exercise and fatigue. *Sports Med.*, 39(5):389-422.
109. Davis JM, Alderson NL, Welsh RS. (2000) Serotonin and central nervous system fatigue: Nutritional considerations. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72(2):573-578.
110. Blomstrand E. (2006) A role for branched-chain amino acids in reducing central fatigue. In: *Journal of Nutrition* 136(2):544-547.
111. Tipton KD, Wolfe RR. (2004) Protein and amino acids for athletes. *Journal of Sports Sciences* 22(1):65-79.
112. Isidori A, Lo Monaco A, Cappa M. (1981) A study of growth hormone release in man after oral administration of amino acids. *Curr Med Res Opin.*, 7(7):475-81.
113. Williams MH. (1999) Facts and fallacies of purported ergogenic amino acid supplements. *Clin Sports Med.*, 18(3):633-49.
114. Paddon-Jones D, Børsheim E, Wolfe RR. (2004) Potential Ergogenic Effects of Arginine and Creatine Supplementation. *J Nutr.*, 134(10):2888-2894.
115. Jäger R, Kerksick CM, Campbell BI, Cribb PJ, Wells SD, Skwiat TM, et al. (2017) International Society of Sports Nutrition Position Stand: Protein and exercise. *J Int Soc Sports Nutr.*, 14:20.
116. Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to creatine and increase in physical performance during short-term, high intensity, repeated exercise bouts. (2011) *EFSA J*, 9(7):2303.
117. Broom DR, Stensel DJ, Bishop NC, Burns SF, Miyashita M. (2007) Exercise-induced suppression of acylated ghrelin in humans. *J Appl Physiol.*, 102(6):2165-71.
118. Barron RL, Vanscoy GJ. (1993) Natural products and the athlete: Facts and folklore. *Ann Pharmacother*, 27(5):607-15.

119. Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to whey protein and increase in satiety leading to a reduction in energy intake, contribution to the maintenance or achievement of a normal body weight, growth or maintenance. (2010) EFSA J., 8(10):1818.
120. Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to branched-chain amino acids (BCAA) and growth or maintenance of muscle mass, attenuation of the decline in muscle power following exercise at high. (2010) EFSA J., 8(10):1790.
121. Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to L-glutamine and growth or maintenance of muscle mass, faster restoration of muscle glycogen stores after strenuous exercise, skeletal muscle tissue repair. (2011) EFSA J., 9(6):2225.
122. Agostini D, Zeppa SD, Lucertini F, Annibalini G, Gervasi M, Marini CF, et al. (2018) Muscle and bone health in postmenopausal women: Role of protein and vitamin d supplementation combined with exercise training. *Nutrients*, 10(8):1103.
123. El Sherrif Y, Potts JR, Howard MR, Barnardo A, Cairns S, Knisely AS, et al. (2013) Hepatotoxicity from anabolic androgenic steroids marketed as dietary supplements: Contribution from ATP8B1/ABCB11 mutations? *Liver Int.*, 33(8):1266–70.
124. Reardon C, Creado S. (2014) Drug abuse in athletes. *Subst Abus Rehabil.*,5:95–105.
125. Thevis M, Sigmund G, Geyer H, Schänzer W. (2010) Stimulants and Doping in Sport. *Endocrinol Metab Clin North Am.*, 39(1):89-105.

8. ZAHVALA

Želim se zahvaliti svom mentoru doc.dr.sc. Milanu Miloševiću, koji mi je pomogao savjetima i stručnim vodstvom pri izradi ovog diplomskog rada.

Veliku zahvalnost dugujem svim svojim prijateljima i kolegama koji su mi vrijeme provedeno na fakultetu uljepšali svojim prisustvom i bez kojih cijeli tijek mog studiranja ne bi prošao tako lako i zabavno.

Posebno se želim zahvaliti cijeloj svojoj obitelji koja me tijekom čitavog mog školovanja podržavala i upućivala na pravi put. Najveća hvala mojim roditeljima i sestrama bez kojih sve što sam dosad postigla ne bi bilo moguće.

Veliko hvala svima!

9. ŽIVOTOPIS

Osobni podaci:

Ime i prezime: Ivana Marić

Datum i mjesto rođenja: 01.08.1995. Čapljina, BiH

e-mail: maric-ivana@hotmail.com

Obrazovanje:

Odrasla sam u Stocu u Hercegovini, gdje sam odličnim uspjehom završila Osnovnu školu Stolac. Od 2010. godine sam pohađala Opću gimnaziju u Stocu, koju sam 2014. godine završila odličnim uspjehom i bila proglašena učenicom generacije.

Od 2014. sam studirala Medicinu na Medicinskom fakultetu Sveučilišta u Mostaru, koju sam 2016. nastavila, a 2020. godine završila na Medicinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.