

# Najznačajniji dodaci prehrani kod sportaša i rekreativaca

---

**Brunec, Petra**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:108971>

*Rights / Prava:* [Attribution-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-15**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology](#)



**Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet  
Sveučilišni prijediplomski studij Prehrambena tehnologija**

**Petra Brunec**  
0058219611

**NAJZNAČAJNIJI DODACI PREHRANI KOD SPORTAŠA I REKREATIVACA  
ZAVRŠNI RAD**

**Predmet:** Kemija i biokemija hrane

**Mentor:** prof. dr. sc. Irena Landeka Jurčević

**Zagreb, 2024.**

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet  
Sveučilišni prijediplomski studij Prehrambena tehnologija

Zavod za poznavanje i kontrolu sirovina i prehrambenih proizvoda  
Laboratorij za kemiju i biokemiju hrane

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti  
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

**Najznačajniji dodaci prehrani kod sportaša i rekreativaca**

**Petra Brunec, 0058219611**

### **Sažetak:**

Uslijed neinformiranosti o pravilnoj i uravnoteženoj prehrani, rekreativni i profesionalni sportaši često podliježu deficitu hranjivih stvari te na preporuku nutricionista ili liječnika posežu za dodacima prehrani. Sportski dodaci prehrani koriste se u svrhu jačanja imuniteta, povećanja mišićne mase i izdržljivosti, bolje prilagodbe na trening ili bržeg oporavka. Najčešće korištene dodatke prehrani kod fizički aktivnih osoba čine proteini sirutke koji su korisni za održavanje imunološke funkcije, smanjenje fizičkog stresa i stimulaciju sinteze proteina te dodaci vitamina ili minerala koji su nužni za očuvanje općeg zdravlja organizma. Cilj ovog rada je istražiti gore navedene i ostale najznačajnije dodatke prehrani koji sportašima osiguravaju dovoljan unos hranjivih tvari i potencijalno mogu doprinijeti poboljšanju sportskih performansi, oporavku nakon treninga, smanjenju umora i općenito održavanju općeg zdravlja.

**Ključne riječi:** dodaci prehrani, rekreativni i profesionalni sportaši

**Rad sadrži:** 24 stranica, 1 tablica, 38 literaturnih navoda

**Jezik izvornika:** hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom obliku pohranjen u knjižnici Sveučilišta u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološkoga fakulteta, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

**Mentor:** prof. dr. sc. Irena Landeka Jurčević

**Datum obrane:** 10. rujna 2024.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Undergraduate thesis

University of Zagreb  
Faculty of Food Technology and Biotechnology  
University undergraduate study Food Technology

Department of Food Quality Control  
Laboratory for Food Chemistry and Biochemistry

Scientific area: Biotechnical Sciences  
Scientific field: Food Technology

**The most significant dietary supplements for athletes and recreational exercisers**

**Petra Brunec, 0058219611**

### **Abstract:**

Due to the lack of information about a proper and a balanced diet, recreational and professional athletes are often subject to a deficit of certain nutrients, and on the recommendation of a nutritionist or a doctor, they resort to nutritional supplements. Sports nutritional supplements are used for strengthening immunity, increasing muscle mass and endurance, better adaptation to training or for faster recovery. The most commonly used nutritional supplements for physically active people are whey protein and vitamin or mineral supplements. Whey protein is useful for maintaining an effective immune system, reducing physical stress and stimulating protein synthesis. Vitamin and mineral supplements are, on the other hand, necessary for maintaining the general health of the body. The goal of this thesis is to research the listed supplements and the other most common supplements that provide athletes with sufficient nutrient intake and can potentially contribute to improving sports performance, recovery after training, reducing fatigue and maintaining a healthy organism.

**Keywords:** Dietary supplements, athletes and recreational exercisers

**Thesis contains:** 24 pages, 1 tables, 38 references

**Original in:** Croatian

Thesis is deposited in printed and electronic form in the Library of the University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

**Mentor:** Irena Landeka Jurčević, PhD, Full Professor

**Thesis defended:** September 10, 2024

## SADRŽAJ

|   |    |
|---|----|
| 1. UVOD .....   | 1  |
| 2. TEORIJSKI DIO .....  | 2  |
| 2.1. OPĆENITO O DODACIMA PREHRANI KOD SPORTAŠA I REKREATIVACA ..... | 2  |
| 2.2. PROTEINSKI DODACI PREHRANI .....                               | 3  |
| 2.2.1. PROTEINI SIRUTKE (WHEY PROTEIN) .....                        | 4  |
| 2.2.2. KREATIN .....  | 5  |
| 2.2.3. KOLAGEN .....  | 6  |
| 2.2.4. AMINOKISELINE RAZGRANATOG LANCA (BCAA) .....                 | 8  |
| 2.2.5. GLUTAMIN .....   | 9  |
| 2.2.6. L-KARNITIN .....   | 10 |
| 2.3. MIKRONUTRIJENTI .....  | 11 |
| 2.3.1. VITAMINI .....   | 11 |
| 2.3.2. MINERALI .....   | 14 |
| 2.3. DODACI PREHRANI PRIJE TRENINGA ( <i>PRE-WORKOUT</i> ) .....    | 16 |
| 2.4. HIDRATACIJA I SPORTSKA PIĆA .....                              | 17 |
| 3. ZAKLJUČCI .....  | 20 |
| 4. POPIS LITERATURE .....   | 22 |

## 1. UVOD

Fizička aktivnost i zdrave prehrambene navike često se povezuju s pozitivnim učincima na zdravlje, uključujući smanjenje rizika od bolesti srca i krvnih žila te anksioznosti i depresije, kontrolu prekomjerne tjelesne mase, hipertenzije (1) te s većim zadovoljstvom vlastitim tjelesnim izgledom. Osobe koje se bave fizičkom aktivnošću može se podijeliti na rekreativne i profesionalne sportaše. Intenzitet i opseg treninga, ciljevi, prehrambene navike, rizici od povreda, psihološki aspekti i posvećenost neke su od razlika po kojima se navedene grupe razlikuju. Dok profesionalni sportaši treniraju intenzivno, po određenim planovima i imaju konkretne ciljeve kao što su natjecanja, rekreativni sportaši vježbaju umjereno s ciljem održavanja zdravlja, kondicije ili radi užitka (1).

Provođenjem uravnotežene i pravilne prehrane, osiguravaju se optimalne energetske potrebe te svi makro i mikro nutrijenti koji su potrebni tijelu sportaša za provođenje fizičke aktivnosti (2), a pozitivan učinak za profesionalne sportaše očituje se i u postizanju bolje izdržljivosti na treningu i povećanju sposobnosti oporavka (1). Iako pravilna prehrana osigurava dovoljan unos makro i mikro nutrijenata, često je teško unijeti dovoljnu količinu nutrijenata u organizam putem hrane u slučaju zdravstvenih poremećaja ili ukoliko je tijelu potreban povećan unos radi tjelesne aktivnosti. S ciljem potpomaganja unosa hranjivih sastojaka u organizam, danas se na tržištu može pronaći velik broj različitih dodataka prehrani (3).

Budući da se na tržištu može pronaći velik broj različitih dodataka prehrani, te su potrošači, osobito rekreativni i vrhunski sportaši, često nesigurni što kupiti i konzumirati, cilj ovog rada je istražiti najznačajnije dodatke prehrani koji bi rekreativnim i profesionalnim sportašima osigurali dovoljan unos svih hranjivih tvari te potencijalno pridonijeli poboljšanju sportskih rezultata.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. OPĆENITO O DODACIMA PREHRANI KOD SPORTAŠA I REKREATIVACA

Uslijed velike energetske potrošnje tijekom pojačane fizičke aktivnosti, sportašima je nerijetko vrlo teško zadovoljiti potrebe za svim potrebnim nutrijentima. Dok optimalan unos makronutrijenata osigurava adekvatan oporavak, mišićni rast i samu kontrakciju mišića, optimalan unos mikro nutrijenata je također od velike važnosti obzirom na to da vitamini i minerali omogućuju odvijanje kemijskih procesa u organizmu pomoću kojih se osigurava energija iz proteina, masti i ugljikohidrata, odnosno, makronutrijenata. Osim navedenog, mikro nutrijenti su iznimno važni za funkcioniranje organizma, štite ga od ozljeda te sudjeluju u procesu oporavka (4).

Uslijed neinformiranosti o pravilnoj i uravnoteženoj prehrani koja osigurava dovoljnu količinu svih nutrijenta, profesionalni sportaši i rekreativci često podliježu deficitu istih, no kako bi to spriječili, na preporuku trenera, nutricionista, dijetetičara ili liječnika, često posežu za dodacima prehrani (5).

Dodaci prehrani uključuju preparate proizvedene iz koncentriranih izvora tvari s hranjivim ili fiziološkim učinkom koji imaju za cilj obogatiti prehranu, a uključuju vitamine, minerale, aminokiseline, enzime, probiotike, biljne ekstrakte, vlakna i druge tvari. Odobranje i stavljanje na tržište navedenih proizvoda, u Republici Hrvatskoj regulira Ministarstvo zdravstva. Dodaci prehrani se na tržištu nalaze u obliku tableta, kapsula, pastila, granula, praha, tekućine i ostalim oblicima te deklaracija ovih proizvoda navodi upozorenja o preporučenim dnevnim dozama, kao i upozorenje da dodatak prehrani nije zamjena za uravnoteženu prehranu te nema funkciju lijeka (6). Niz uvjeta potrebno je ispuniti kako bi određeni dodatak prehrani stigao na tržište, te se svrstao u kvalitetan i poželjan proizvod, a jedan od najznačajnijih uvjeta jest njegova zdravstvena ispravnost. Zdravstvena ispravnost takvog proizvoda uvjetovana je aktivnim sastojcima proizvoda te njihovom kvalitetom (3).

Općenito, vitamini i minerali, biljni i ergogeni dodaci te sportska hrana kao što su pločice, gelovi, napitci, proteinski prahovi i slično, svrstani su u kategoriju sportskih dodataka prehrani. Jačanje imuniteta, povećanje izdržljivosti organizma i mišićne mase, brži oporavak i prilagodba treningu neki su od glavnih razloga uzimanja istih (7).

Ukoliko je uvođenje dodataka prehrani opravdano na osnovu analize sastava tijela, procjene prehrane, povijesti bolesti i biokemijskim testiranjima, nutricionist, odnosno liječnik uvodi primjenu određenog dodatka prehrani, no pri tome je važno provesti odgovarajući plan prehrane koji uvelike ovisi o vrsti sporta, intenzitetu i trajanju treninga te samoj fazi treninga, zato što će jedino tako organizmu biti osigurana dovoljna količina svih nutrijenata (4).

## 2.2. PROTEINSKI DODACI PREHRANI

Proteini su molekule složene kemijske strukture, nastale povezivanjem aminokiselina peptidnom vezom u duge lance. Postoji ukupno 20 aminokiselina od kojih su građeni proteini svih vrsta organizama te se sastoje od amino-skupine, karboksilne skupine, vodikovog atoma i specifične R-skupine (aminokiselinski radikal) po kojoj se aminokiseline međusobno razlikuju. Aminokiseline mogu biti esencijalne koje uključuju lizin, leucin, izoleucin, treonin, triptofan, metionin, valin, fenilalanin i histidin ili neesencijalne (8). Iako je unos svih aminokiselina važan za nesmetan rast i razvoj mišića, izgradnju kosti, zubi i ostalih organa ili strukturnih tkiva (9), održavanje hormonalnog balansa, imunološkog sustava, te za odvijanje staničnog i energetskog metabolizma (11), esencijalne aminokiseline nužno je unositi putem hrane budući da ih organizam ne može sam sintetizirati (10).

Zbog navedenih razloga, za svakog pojedinca izrazito je važan dovoljan unos proteina, a kako rekreativci i osobito profesionalni sportaši troše više energije uslijed fizičkog stresa tokom treninga, za održavanje tjelesne mase, povećanje mišićne mase ili održavanje kondicije, potrebno im je više nutritivno i energetski bogate hrane (9). Također, fizički aktivne osobe imaju veći postotak bezmasne tjelesne mase, za čije je održavanje potrebna veća količina proteina, budući da se dio proteina troši za vrijeme fizičke aktivnosti, a dio za oporavak mišića te se manja količina izlučuje iz tijela urinom (10).

Na potreban dnevni unos proteina utječe niz čimbenika, a neki od njih su: dob, spol, fizičko stanje osobe, vrsta sporta, trajanje treninga te kvaliteta unesenih proteina (9). Preporučena dnevna količina, odnosno RDA, za proteine iznosi 0,8 g po kilogramu tjelesne mase na dan, no kako brojna istraživanja ukazuju da navedena količina nije optimalna za održavanje kako mišićne mase tako i performansi sportaša, preporuka koju je izdala *International Society of Sport Nutrition*, navodi kako optimalna količina proteina za sportaše i rekreativce iznosi u prosjeku 1,4 do 2,0 g proteina po kilogramu tjelesne mase dnevno, što odgovara 10-35 % ukupnog dnevnog unosa makrohraniva (12). Prekomjeren unos proteina nije poželjan obzirom na to da može dovesti do problema sa srcem i bubrezima, povećanja kiselosti organizma, nedostatka kalcija, ali i nekih težih stanja. Isto tako, nedovoljan unos proteina može uzorkovati pad imuniteta, smanjenje udjela mišićne mase, hormonalni disbalans i ostale poremećaje (13).

Kako bi se osigurala maksimalna sinteza mišićnih proteina, potrebno je uzeti u obzir ravnomjeren unos proteina tokom dnevnih obroka. Preporuka je unositi 20-40 g proteina po obroku (12) iz različitih izvora kao što su jaja, mlijeko, meso, soja, žitarice itd. (14) Prema dosadašnjim istraživanjima, unos proteina iz različitih izvora, s različitim sastavom i različitom kinetikom apsorpcije, najbolji je izbor u prehrani sportaša, no zbog ubrzanog načina života,



netolerancije na pojedine izvore proteina i potrebnog povećanog unosa proteina, rekreativci i profesionalni sportaši sve češće posežu za proteinskim dodacima u obliku praha ili pločica (11). Najčešće korišteni proteinski dodaci prehrani su: protein sirutke (whey), kreatin, kolagen BCAA, glutamin, L-karnitin (10).

### 2.2.1. Proteini sirutke (Whey protein)

Prema brojnim istraživanjima, proteini sirutke, najčešće su korišteni dodatci prehrani u prehrani sportaša i rekreativaca (15). Čine 18-20% ukupnih proteina mlijeka (16), a uz njega, jedan od glavnih izvora proteina u mlijeku je kazein (15).

Proteini sirutke tipični su globularni proteini izolirani iz sirutke, sporednog produkta u proizvodnji sira. Složene su strukture koja se odlikuje relativno ravnomjernom raspodjelom nepolarnih, polarnih, neutralnih te nabijenih i nenabijenih aminokiselinskih ostataka. Njihova karakteristična intramolekularna struktura nastaje zahvaljujući stvaranju disulfidnih veza između ostataka cisteina (16). U serumu mlijeka,  $\beta$ -laktoglobulina je najviše te čini oko 50% ukupnih proteina sirutke, potom slijedi  $\alpha$ -laktalbumin (oko 22%), manji polimeri, proteoze-peptoni (oko 10 %), imunoglobulini čine svega oko 5 % te albumin krvnog seruma oko 12% (17).

Koncentrat i izolat proteina sirutke te obogaćene frakcije proteina, najprivlačniji su oblici proteina sirutke među potrošačima (18). Dok izolat proteina sirutke sadrži više od 90 % proteina u suhoj tvari, koncentrat proteina sirutke sadrži svega 50-70% proteina u suhoj tvari te znatno više ostalih tvari kao što su laktoza, masti i mineralne tvari (16). S obzirom da izolat proteina sirutke sadrži manje od 1% laktoze, lakše je probavljiv, i pogodan za konzumaciju kod osoba netolerantnih na laktozu, a uz to, dodatna prednost je brža i lakša apsorpcija te pogodnost za aromatiziranje što ga obično čini skupljim u odnosu na koncentrat proteina sirutke. Prednost koncentrata proteina sirutke u odnosu na izolat je što sadrži više biološki aktivnih proteina koji pozitivno utječu na jačanje imunološkog sustava (19). Osim izolata i koncentrata proteina sirutke, na tržištu se može pronaći i hidrolizat proteina sirutke koji se proizvodi djelomičnom hidolizom proteina sirutke te je posljedica toga lakša apsorpcija, no i viša cijena proizvoda (14).

Zahvaljujući visokom udjelu svih esencijalnih aminokiselina, osobito metionina, lizina, cisteina te cistina, proteini sirutke nutritivno su najvrjedniji proteini s višom biološkom vrijednošću u odnosu na kazein, proteine jaja i mesa (20). Osim što sadrže sve aminokiseline nužne za ljudski organizam, sadrže i visok udio BCAA (aminokiseline razgranatog lanca) oko 26% (18), bitnih za stimulaciju sinteze proteina, odnosno mišića tijekom izgradnje, ali i

održavanja trenutne mišićne mase te regeneracije nakon tjelovježbe (14). Također, trenutna istraživanja sugeriraju da uzimanjem dodataka prehrani prirodno bogatim BCAA kao što su proteini sirutke, može biti izrazito korisno u procesu oporavku nakon treninga (18).

Sve više istraživanja ukazuje na potencijalne prednosti konzumacije proteina sirutke u liječenju HIV-a, smanjenju rizika od pojave karcinoma, smanjenju utjecaja stresa, smanjenju visokog krvnog tlaka (16), smanjenju kroničnog umora, liječenju nekih bolesti bubrega i prije svega u jačanju imunološkog sustava te poboljšanja performansi kod osoba koje se bave sportom (14).

Jedan od najznačajnijih pozitivnih efekata konzumacije proteina sirutke jest što imaju sposobnost podizanja razine najvažnijeg prirodnog antioksidansa u tijelu, glutationa (GSH), odgovornog za jačanje imuniteta i sprečavanje oksidacijskog stresa – glavnog uzroka zamora mišića kod sportaša (18).

Mnogobrojne su prednosti korištenja proteina sirutke u obliku dodatka prehrani u prehrani sportaša i rekreativaca, a neke od njih su sljedeće:

- brz je izvor visokokvalitetnih proteina
- visoke je probavljivosti i apsorpcije
- stimulira maksimalnu sintezu proteina, pomaže u izgradnji mišićne mase
- sadrži visoke koncentracije BCAA-a: leucina, izoleucina i valina
- izvor je aminokiselina sumpora kao što su cistein i metionin što pomaže u održavanju razine antioksidansa u tijelu
- sadrži visoke razine arginina i lizina te tako može potaknuti otpuštanje hormona rasta što potiče povećanje mišićne mase i smanjenje tjelesne masti
- sadrži glutamin što pomaže u obnavljanju glikogena u mišićima i sprječava pad imunološke funkcije uslijed pretreniranosti
- izvor je biološki visokovrijednog kalcija što potpomaže u smanjenju fizičkog stresa tijekom pojačane fizičke aktivnosti (18)

### 2.2.2. Kreatin

Kreatin je jedan od najčešće korištenih suplemenata u svrhu poboljšanja sportskih performansi i izgradnji mišićne mase, dušična je organska kiselina, čijih je 95% zaliha pohranjeno u skeletnim mišićima. Primarno se sintetizira u jetri i u nešto manjoj mjeri u bubrezima te gušterači (21).

Unosi se putem hrane, glavni izvori su crveno meso i riba, no prema istraživanjima, raznolikom prehranom, prosječan čovjek unese svega 1 g kreatina dnevno, što je u prehrani

sportaša često nedovoljno (21). Konzumacijom kreatina kao dodatka prehrani, raste razina koncentracije fosfokreatina u stanicama koji ima sposobnost doniranja visokoenergetske fosfatne skupine ADP-u iz kojeg potom nastaje ATP. Intenzivnije stvaranje ATP-a omogućuje opskrbu mišića s više energije tijekom intenzivnog treninga. Također, osim navedenog, korištenje suplementa kreatina pospješuje ponovnu sintezu fosfokreatina nakon vježbanja i skladištenje glikogena u skeletnim mišićima što je važno u oporavku mišića nakon intenzivnog treninga (22). Istraživanja ukazuju kako je suplementacija kreatinom u prehrani sportaša doprinosi povećanju mišićne mase, snage (22) te performansi prilikom izvođenja kratkotrajnih visokointenzivnih vježbi (21).

Prema dosadašnjim istraživanjima, doza od 0,3 g kreatina/kg tjelesne mase dnevno tijekom najmanje 3 dana rezultira najbržim povećanjem zaliha kreatina u tijelu. Kako bi se zalihe održale, potrebna je suplementacija od 3 do 5 g kreatina/dnevno (23). Uzimanje kreatina putem dodatka mora biti regulirano i ograničeno budući se prekomjernim uzimanjem smanjuje sinteza kreatina u tijelu (21).

### 2.2.3. Kolagen

Kolagen čini oko 25 – 30% ukupnih proteina u ljudskom tijelu, najzastupljeniji je oblik strukturnog proteina te je pronađen u tetivama, koži i kostima. Do danas je identificirano 28 različitih tipova kolagena, a najzastupljeniji u mišićno-kostanim tkivima su tipovi I, II, III i IV, dok se kolagen tipa I, II i III koristi u dodacima prehrani (24, 25). Svaki od navedenih tipova ima različitu funkciju što je prikazano u Tablici 1.

**Tablica 1.** Funkcija 5 najčešćih tipova kolagena (25)

| <b>Tip kolagena</b> | <b>Funkcija</b>  | <b>Tkivo ili organ</b>               |
|---------------------|--|--------------------------------------|
| Tip 1               | organski dio membrana i kostiju, regeneracija tkiva                          | koža, kosti, zubi, ligamenti, tetive |
| Tip 2               | osnovna građevna jedinica hrskavice, oporavak hrskavice, liječenje artritisa | hrskavica                            |
| Tip 3               | osnovna građevna jedinica vlakana, hemostaze                                 | mišići, krvne žile                   |

|       |   |   |
|-------|---|---|
| Tip 4 | osnovna komponenta bazalne membrane, pokazatelj dijabetičke nefropatije | bazalna lamina, epitelni izlučeni sloj bazalne membrane |
| Tip 5 | sirovina za biomaterijale u liječenju rožnice                           | kosa, površine stanica, posteljica                      |

Dakle općenito, primarna uloga kolagena vezana je uz održavanje zdravlja vezivnog tkiva i kože. Također, kolagen je glavni sastojak izvanstaničnog matriksa, pa je važan za održavanje snage, regulaciju i regeneraciju ovog tkiva. Čini oko 65-80% suhe težine tetiva te je važan za održavanje zdravlja tetiva i potencijalnih ozljeda (26).

Navedene funkcije kolagena, kao i činjenica da se sinteza kolagena smanjuje starenjem te da sportaši izlažu mišiće, tetive i kosti velikom naporu i čestim ozljedama, čini kolagen vrlo popularnim dodatkom prehrani budući je unos kolagena putem hrane nedostatan (27).

Hidrolizirani kolagen primarni je oblik kolagena koji se koristi u dodacima prehrani, dobiva se enzimskom hidrolizom prilikom koje se cijepa na male bioaktivne peptide te tako ima veliku probavljivost i brzo ulazi u krvotok (26).

Na tržištu se kolagen može pronaći u nekoliko oblika: tekući kolagen, kolagen u obliku praha, kolagen u obliku kapsula ili tableta, kolagen u obliku pića ili kave. Prema istraživanju, kolagen u tekućem ili praškastom obliku ima veliku probavljivost, visoku bioraspoloživost, brzo ulazi u krvotok, odnosno apsorbira se odmah po ulasku u tijelo te je zbog toga najpoželjniji tip kolagena. Dodatna prednost kolagena u obliku praha je njegova jednostavna upotreba, može se dodati u različite napitke, kao što je voda, sok ili kava. S druge strane, istraživanje pokazuje kako kolagen u obliku tableta ili kapsula nije najpoželjniji tip, budući da tijelu treba znatno više vremena da razgradi tabletu i apsorbira kolagen iz nje. Također, zgušnjivači, emulgatori i ostali sastojci koji se koriste u proizvodnji tableta i kapsula mogu izazvat probavne smetnje kod pojedinaca (27).

Na temelju istraživanja, uzimanje doze od 5 do 15 g kolagena dnevno, najmanje 1 sat prije treninga, tijekom više od 3 mjeseca, može pomoći pri smanjenju boli u zglobovima i oporavku mišića, posebno 24 i 48 sati nakon vježbanja. Pri tome, doza od 15 g kolagena/dan bila je učinkovitija u povećanju sinteze kolagena u odnosu na dozu od 5 g kolagena/dan. Dokazano je kako konzumacija 15 g kolagena zajedno s dodatkom vitamina C 60 minuta prije treninga pospešuje sintezu kolagena, može pomoći prilikom regeneracije tkiva i prevenciji ozljeda (26).

Istraživanja pokazuju da su prednosti suplementacije kolagenom uočljive nakon 3 mjeseca ili dulje konzumacije, te kako je dugotrajna upotreba kolagena sigurna, čak i prilikom uzimanja većih doza (60 g/dan) (26).

Iako, dokazano, suplementacija kolagenom pospješuje sintezu mišićnih proteina, istraživanja ukazuju da drugi visokokvalitetni izvori proteina kao što su proteini sirutke daju bolje rezultate s obzirom da sadrže visoke koncentracije svih esencijalnih aminokiselina (kolagenu nedostaje triptofan), dobre su probavljivosti i visoke biološke dostupnosti (26).

#### 2.2.4. Aminokiseline razgranatog lanca (BCAA)

Esencijalne aminokiseline, leucin, izoleucin i valin, koje pripadaju aminokiselinama razgranatog lanca (BCAA), čine oko 35% esencijalnih aminokiselina u mišićnim proteinima ljudskog tijela. Dodatna fizička aktivnost i intenzivni treninzi značajno povećavaju potrošnju energije i potiču razgradnju BCAA. BCAA se oksidiraju u mišićima (28), što rezultira aktivacijom anaboličkog signala mTORC1 (*eng. mammalian target of rapamycin complex 1*), odgovornog za smanjenje razgradnje proteina i poticanje sinteze proteina, što se ujedno povezuje s poboljšanjem tjelesnog sastava, performansi i oporavka (29).

Prema istraživanju, suplementacija BCAA prije i nakon treninga u dozi od 77 mg/kg tjelesne mase pokazuje korisne učinke u smanjenju oštećenja mišića uzrokovanog vježbanjem te poticanju sinteze proteina u mišićima. Također, pokazatelj smanjenog oštećenja mišića je smanjeni porast aktivnosti serumskog kreatin kinaze (28).

Drugo istraživanje ukazuje da je minimalna potrebna doza za smanjenje oštećenja mišića 200 mg/kg tjelesne mase, te da suplementacija mora trajati dulje od 10 dana za vidljive učinke (29).

Osim sinteze proteina u mišićima, prema istraživanjima, druga važna funkcija BCAA je smanjenje fizičkog umora tokom i nakon treninga. BCAA može poslužiti kao alternativa za ugljikohidrate ili masti, pružajući dodatnu energiju tijekom treninga. Suplementacija BCAA ima pozitivan učinak i na oporavak nakon treninga, no to uvelike ovisi o vrsti sporta i intenzitetu samog treninga. Kod sportaša u treningu otporom, suplementacija BCAA pokazala se korisnom pri smanjenju bolova u mišićima, no utjecaj BCAA na performanse i tjelesni sastav je zanemariv (29).

Minimalna doza i najučinkovitiji omjer tri BCAA još nisu utvrđeni te iako brojna istraživanja primjenjuju dozu od 5 g, preporučena doza ovisi o pojedincu i njegovim potrebama (28).

Iako se suplementacija BCAA često primjenjuje u prehrani sportaša i rekreativaca,

potencijalne prednosti korištenja izolirane suplementacije BCAA su upitne, budući da su takvi proizvodi znatno skuplji od ostalih suplementacijskih proizvoda koji također sadrže BCAA, poput proteina sirutke (29).

#### 2.2.5. Glutamin

Glutamin, najzastupljenija neesencijalna aminokiselina u ljudskim mišićima i plazmi, koju ljudsko tijelo samo sintetizira najvećim dijelom se nalazi u skeletnim mišićima (30). Čineći oko 60% ukupnih slobodnih aminokiselina u skeletnim mišićima i oko 20% aminokiselina u plazmi, glutamin je iznimno važan u sintezi ostalih aminokiselina, proteina, nukleotida i drugih biološki važnih molekula. Odgovoran je za održavanje optimalne funkcije nekih tkiva, imunološkog sustava, homeostaze i gastrointestinalnog trakta (31).

Određena znanstvena istraživanja pokazala su da suplementacija glutaminom ima niz prednosti kao što su stimulacija imunološkog sustava, povećanje proizvodnje glikogena, antikataboličke učinke, povećanje apsorpcije vode i elektrolita (31).

Kako intenzivna fizička aktivnost smanjuje koncentraciju glutamina u mišićima i plazmi, posljedično je smanjena dostupnost glutamina za stanice imunološkog sustava, te su tako sportaši i fizički aktivne osobe često podložne infekcijama (30). Jedno od istraživanja pokazalo je značajno smanjenje stope infekcija kod sportaša koji su uzimali suplementaciju glutaminom kroz 7 dana (31).

Istraživanjima nije dokazan značajan utjecaj suplementacije glutaminom na aerobnu izdržljivost (fizička aktivnost umjerenog do visokog intenziteta), no pokazani su pozitivni efekti u anaerobnoj izdrživosti (visokointenzivni treninzi) i treninzima snage (31).

Također, suplementacija glutaminom pokazala se korisnom u smanjenju mišićne boli nakon treninga (31) i povećanju sinteze glikogena u prvim satima oporavka nakon vježbanja (30).

Značajan je utjecaj glutamina na smanjenje tjelesne mase, dok je promjena udjela masnog tkiva zanemariva (31).

Unosom 0,8-1,6 g proteina/kg tjelesne mase dnevno, osigurava se oko 3-6 g glutamina/dan iz proteina, no kako dodatna fizička aktivnost zahtjeva veće koncentracije glutamina, sportaši često posežu za glutaminom u obliku dodatka prehrani. Dodatna suplementacija glutaminom u prehrani sportaša, s ciljem jačanja imunološkog sustava i smanjenja podložnosti infekcijama, povećanja sinteze glikogena, smanjenja tjelesne mase ili bržeg oporavka je sigurna. U istraživanju, prilikom suplementacije glutaminom u dozi od 20 do 30 g, kod zdravih sportaša, nisu prijavljene nikakve štetne reakcije, kao ni u istraživanju

tijekom kojeg su 4 žene i 9 muškaraca visoke kondicije konzumirali 0,1 g L-glutamina/kg tjelesne mase 4 puta dnevno tijekom 2 tjedna (30).

Glutamin kao dodatak prehrani se na tržištu može pronaći u obliku L-glutaminskih tableta ili kapsula te u obliku praha. Također, izvori glutamina su *whey* protein sirutke i hidrolizat proteina (30).

#### 2.2.6. L-karnitin

L-karnitin, česti je dodatak prehrani kod fizički aktivne populacije i profesionalnih sportaša, sintetizira se iz esencijalnih aminokiselina lizina i metionina u jetri, mozgu i bubrezima. Kako tijelo sintetizira svega 25% dnevnih potreba, L-karnitin je nužno unositi putem hrane i dodataka prehrani. Uglavnom se unosi putem namirnica životinjskog podrijetla kao što su crveno meso, govedina i divljač koje mogu osigurati oko 140-190 mg L-karnitina na 100 g termički neobrađenog mesa (32).

Kako samo vježbanje dovodi do pada razine L-karnitina u mišićima, sportašima i rekreativcima često se savjetuje dodatna suplementacija. Jedno od istraživanja ukazuje na značajan pad razine L-karnitina u mišićima kod trkača maratona i sprintera, ali dodatna suplementacija je vratila razinu na početnu. Također, istraživanje ukazuje kako doza od 1 g L-karnitina 2 puta dnevno tijekom 6 mjeseci kod osoba koje se bave fizičkom aktivnošću, dovodi do povećanja razine L-karnitina u mišićima (32).

Kroz brojna istraživanja dokazana je uska povezanost povećane koncentracije L-karnitina u plazmi i mišićima s boljim performansama sportaša i poboljšanom izdržljivošću tijekom vježbanja (32).

L-karnitin potiče oksidaciju masti, štedi mišićni glikogen i aminokiseline kao izvor energije, koje se stoga mogu iskoristiti za sintezu proteina, što je u istraživanjima rezultiralo zabilježenim povećanjem mišićne mase. Niz istraživanja potvrdilo je povoljne učinke L-karnitina na smanjenje oštećenja mišića i bolova uzrokovanih vježbanjem. Magnetskom rezonancijom dokazana su manja oštećenja mišića nakon treninga tijekom suplementacije 2 g L-karnitina dnevno. Dodatno, suplementacija L-karnitinom pridonosi oporavku nakon vježbanja, ublažavanjem oksidacijskog stresa stvorenog tijekom vježbanja. Istraživanja su pokazala da suplementacija 2 g L-karnitina dnevno tijekom 14 dana značajno povećava ukupni antioksidacijski kapacitet prije i 24 sata nakon vježbanja, uz istovremeno značajno smanjenje oštećenja mišića (32).

## 2.3. MIKRONUTRIJENTI

Kako su mikronutrijenti ključni za održavanje imunološkog sustava, održavanje zdravlja kostiju, zaštitu tkiva od oksidacijskog stresa i sintezu hemoglobina, ističe se njihova važnost u ljudskoj prehrani (33). Mikronutrijenti uključuju vitamine, organske spojeve esencijalne za ljudsko tijelo, ključne za rast, reprodukciju i održavanje zdravlja (34) te minerale, anorganske tvari nužne za regulaciju enzima, održavanje acidobazne ravnoteže, funkciju živaca i stanični rast (33).

Istraživanjem je utvrđena vrlo česta suplementacija mikronutrijentima među sportašima (oko 50% sportaša koristi dodatke vitamina ili minerala). Kako unos makronutrijenata ovisi o prehranbenim navikama, dobi, spolu, okolišnim faktorima, vrsti sporta, intenzitetu i trajanju vježbanja, tako i količina potrebnih mikronutrijentima ovisi o navedenim uvjetima (33, 34).

U navedenom poglavlju izdvojeni su vitamini i minerali koji su nužni za održavanje sportskih performansi, pospješuju oporavak ili smanjuju mogućnost potencijalnih ozljeda i infekcija te su nužni za očuvanje općeg zdravlja organizma kod fizički aktivnih osoba.

### 2.3.1. Vitamini

Vitamini se općenito dijele na vitamine topljive u vodi (vitamini B kompleksa, vitamin C) i vitamine topljive u mastima (vitamini A, D, E i K) (33).

Vitamini B kompleksa uključuju tiamin (B1), riboflavin (B2), niacin (B3), pantotensku kiselinu, piridoksin (B6), biotin, folnu kiselinu i cijanokobalamin (B12) te u organizmu prvenstveno djeluju kao koenzimi. Osim spomenute primarne funkcije, vitamini B skupine ključni su u metabolizmu ugljikohidrata, aminokiselina i masnih kiselina, sustavu prijenosa elektrona, oksidativnom metabolizmu, glukoneogenezi, formiranju hemoglobina i nukleinskih kiselina. Žitarice, žumanjak jajeta, meso, riba, povrće, orašasti plodovi, kvasac i bobičasto voće jedni su od najbitnijih izvora B vitamina te je pravilna i balansirana prehrana ključ održavanja potrebne razine vitamina B kompleksa u tijelu, dok je dodatna suplementacija preporučena samo u slučaju nedostatka. Istraživanjima je dokazan veći gubitak vitamina B6 tijekom dodatne tjelovježbe, pa se preporučuje dodatna suplementacija u prehrani sportaša i rekreativaca. Istraživanjima nisu dokazane prednosti uzimanja suplementacije vitamina B skupine na poboljšanje performansi sportaša, osim u slučaju suplementacije vitaminom B12 koji može doprinijeti performansama, no samo u slučaju kada je prisutan njegov deficit (33).



Vitamin C, jedan je od najznačajnijih vitamina u ljudskom tijelu. Neke od primarnih funkcija vitamina C su održavanje imunološkog sustava, sudjelovanje u sintezi kolagena, kortizola, neurotransmitera te sudjelovanje u apsorpciji željeza. Nedovoljan unos vitamina C rezultira nizom poremećaja kao što su bolesti desni, sporo zacjeljivanje rana, nedostatak energije. Istraživanjima su utvrđene određene biološke funkcije vitamina C koje mogu utjecati na performanse sportaša. Naime, vitamin C ima ključnu ulogu u sintezi karnitina, enzima odgovornog za transport dugolančanih masnih kiselina, pa samim time, ima važnu funkciju u osiguravanju energije iz lipida (33). Najznačajnija funkcija vitamina C je sprječavanje oštećenja stanica uzrokovano djelovanjem slobodnih radikala, odnosno da djeluje kao antioksidans. Prema istraživanjima, unos suplementacije od 200 do 1000 mg vitamina C/dan, kod fizički aktivnih osoba, značajno smanjuje oksidacijski stres, no ne utječe na fizičke performanse, smanjenje mišićne boli nakon treninga ili snagu. Doza veća od 1000 mg vitamina C/dan potencijalno može narušiti performanse sportaša uslijed smanjenja biogeneze mitohondrija. Prema istraživanju, doza veća od 200 mg vitamina C/dan tijekom jednog do dva tjedna može biti korisna u slučaju pojačane fizičke aktivnosti (34).

Jedan od najaktivnijih oblika vitamina A je retinol, čiji su prekursori provitaminski A karotenoidi (npr.  $\alpha$ -karoten i  $\beta$ -karoten). Vitamin A primarno sudjeluje u imunološkom sustavu, rastu i oporavku epitelnih stanica te očuvanju vida, dok se  $\beta$ -karoten smatra primarnim antikancerogenim agensom. Brokula, slatki krumpir, mlijeko i jaja neki su od glavnih izvora vitamina A te dnevna preporučena doza za odraslu osobu iznosi 3000  $\mu$ g vitamina A/dan. Iako postoje određena istraživanja koja dokazuju potencijalno smanjenje oksidativnog stresa uzrokovanog vježbanjem uslijed suplementacije vitaminom A, dodatna suplementacija uglavnom se ne preporučuje s obzirom da se prilikom predoziranja javljaju štetni učinci poput vrtoglavice, zamagljenosti vida, mučnine, ali i nekih težih stanja kao što je abnormalnost rada jetre i gubitak koštane mase. Također, provedeno je nedovoljno istraživanja o mogućem nedostatku vitamina A kod sportaša (33).

Vitamin D<sub>2</sub> (ergokalciferol) i vitamin D<sub>3</sub> (kolekalciferol) glavni su oblici vitamina D. Dok se vitamin D<sub>2</sub> sintetizira iz ergosterola u ishrani, vitamin D<sub>3</sub> se sintetizira ultraljubičastim zračenjem iz kolesterola u koži. Vrlo je malo prehrambenih namirnica bogatih vitaminom D, stoga je sunčeva svjetlost primarni izvor za ljude, no kako pigmentacija kože, dob, godišnje doba, odjeća i kreme za sunčanje utječu na dostupnost vitamina D<sub>3</sub> koja će se generirati u koži, dodatna suplementacija vitaminom D je često preporučena. Vrlo je često prisutan deficit vitamina D kod sportaša koji treniraju u zatvorenim prostorima i tijekom zimskih mjeseci kada je sunčeva svjetlost ograničena. Nedostatak vitamina D može uzrokovati osteoporozu, srčane

bolesti, visoki krvni tlak, česte prijelome kod sportaša (33, 34). Osim što je dodatna suplementacija vitaminom D nužna za očuvanje zdravlja, istraživanjima su dokazane prednosti u oporavku mišića i povećanju regeneracije mišića nakon ozljeda uz kombinaciju dodatne suplementacije vitaminom D i vježbama otpora. Također, prema istraživanjima, suplementacija vitaminom D u prehrani sportaša pospješuje imunološki odgovor te je tako dokazana značajna uloga vitamina D u prevenciji i ublažavanju infekcija gornjih dišnih puteva (34). Što se tiče poboljšanja sportskih performansi, provedenim istraživanjem dokazan je povoljan učinak suplementacije s 5000 UI vitamina D3/dan tijekom 8 tjedana na bolje vrijeme u sprintu na 10 metara i visini skoka (33).

Vitamin E prvenstveno djeluje kao antioksidans polinezasićenih masnih kiselina, sprečavajući oštećenje slobodnim radikalima u biološkim membranama. Iako postoji 8 prirodnih izomera vitamina E, samo se  $\alpha$ -tokoferol nalazi u ljudskoj plazmi. Deficit vitamina E u organizmu može uzrokovati osteoporozi, bolesti srca i visoki krvni tlak te su biljna ulja, neprerađene žitarice, zeleno lisnato povrće i orašasti plodovi, značajni izvori vitamina E u ljudskoj prehrani (33). Kako dodatna fizička aktivnost može utjecati na povećanje markera oksidativnog stresa, a prehrana često ne osigurava dovoljnu količinu antioksidansa, sportaši često koriste suplemente vitamina E. Prema istraživanjima, utvrđene su prednosti konzumacije dodatne suplementacije vitamina E u cilju smanjenja oksidativnog stresa (34). Suplementacija s 800 mg  $\alpha$ -tokoferola/dan tijekom 2 mjeseca pokazala je značajno poboljšanje antioksidativnog potencijala 1,5 sat nakon završetka triatlona, iako nije dokazano poboljšanje u vremenu izvedbe. Također, u jednom od istraživanja dokazan je i koristan učinak na smanjenje proizvodnje slobodnih radikala kod košarkaša uz suplementaciju s 200 mg  $\alpha$ -tokoferola/dan tijekom mjesec dana (33). Blagotvorni učinci vitamina E na oporavak mišića nakon vježbanja zabilježeni su u samo jednom istraživanju (34).

Vitamin K prirodno je prisutan u dva oblika, filokinon (vitamin K1) koji proizvode biljke i menakinon (vitamin K2) iz bakterija u debelom crijevu. Zeleno lisnato povrće, žitarice, mliječni proizvodi, jaja i meso važni su izvori vitamina K. Nedovoljan unos namirnica bogatih vitaminom K i njegov deficit mogu uzrokovati smanjenje mineralne gustoće kostiju i poremećaj u zgrušavanju krvi. Iako nisu provedena istraživanja o učincima suplementacije vitaminom K na performanse sportaša, postoje dokazi o učincima na koštanu masu. Istraživanjima je dokazana značajna korist suplementacije vitaminom K1 tijekom mjesec dana u dozi od 10 mg/dan na povećanje markera formiranja kostiju i smanjenje markera resorpcije kostiju kod postmenopausalnih sportašica (33).

### 2.3.2. Minerali

Minerali, kemijski agensi nužni za ljudski organizam i održavanje fizičkog zdravlja, imaju važnu ulogu u staničnom rastu, funkciji živaca, enzimskoj regulaciji i održavanju acido-bazne ravnoteže. Kako trening i tjelevoježba utječu na ubrzavanje navedenih procesa u organizmu, često uravnotežena prehrana ne osigurava dovoljnu količinu minerala, pa sportaši često posežu za dodatnom suplementacijom. Ovisno o potrebnim dnevnim dozama, minerali se dijele na makromineralne (kalcij, magnezij, klorid, natrij, fosfor, sumpor i kalij) čija je preporučena doza iznad 100 mg/dan i mikromineralne (cink, željezo, selen, fluor, krom, mangan, bakar, jod, molibden, bor i vanadij) čija je preporučena doza niža od 100 mg/dan (33).

Kalcij, najzastupljeniji mineral u tijelu, najvećim je dijelom zastupljen u zubima i kostima, potom u krvi, mišićima i ostalim tkivima. Sudjeluje u kontrakciji žila i mišića, zgrušavanju krvi i prijenosu živčanih impulsa. Mliječni proizvodi, špinat, crveni grah, žitarice i sok od naranče neke su od namirnica bogate kalcijem, a kako je u nekoliko istraživanja zabilježen nedovoljan unos namirnica bogatih kalcijem u prehrani sportaša, često se preporučuju dodaci prehrani fizički aktivnim osobama. Nedostatak kalcija može uzrokovati nepravilnu mineralizaciju kostiju i bolove te grčeve u mišićima. Suplementi kalcija na tržištu obično se nalaze u dva oblika, kalcijev citrat i kalcijev karbonat. Dok suplementi s kalcijevim karbonatom sadrže oko 40% kalcija, suplementi s kalcijevim citratom sadrže 21% kalcija i stoga zahtijevaju uzimanje veće doze kako bi se zadovoljila količina dostupnog kalcija. Istraživanjem je zamijećen pojačan gubitak kalcija putem urina i uslijed pojačanog izlučivanja znoja nakon treninga visokog intenziteta i treninga otpora te se dodatna suplementacija kalcijevim karbonatom u dozi od 400 mg/dan pokazala pogodnom za uspostavljanje ponovne ravnoteže kalcija u organizmu uslijed deficita (33).

Fosfor je esencijalan mineral i glavna komponenta fosfolipidnih membrana, nukleinskih kiselina i nukleotida. Najveći dio fosfora u tijelu nalazi se u kostima (85 %), dok se preostali dio nalazi u mekim tkivima (15%). Ima važnu ulogu u očuvanju zdravlja kostiju i zubi te metabolizmu energije. Mlijeko, jaja, kruh od cjelovitih žitarica, bademi, riba i leća neke su od namirnica bogate fosforom, te je manjak fosfora u serumu vrlo rijedak, no može izazvati anoreksiju, rahitis, slabost u mišićima, bol u kostima, pa čak i smrt. Fizički aktivne osobe često posežu za dodatnom suplementacijom fosforom u cilju poboljšanja oksidacije tkiva. Brojna istraživanja rezultirala su poboljšanjem otpuštanja kisika u tkivima, poboljšanjem u fizičkim performansama kod treninga izdržljivosti, poboljšanjem u izlaznoj snazi i kardiovaskularnim

odgovorima te povećanjem anaerobnog praga. Najčešće se kao suplement konzumira natrijev fosfat, oralno, u obliku kapsula u dozi od 3 do 5 g/dan tijekom 3 do 6 dana. Iako su dokazani pozitivni učinci dodatne suplementacije fosforom kod fizički aktivnih osoba, dozu i period uzimanja potrebno je kontrolirati, s obzirom da je prekomjeren unos fosfora povezan sa smanjenjem koncentracije kalcija u serumu i stvaranjem aktivnog vitamina D te povećanim gubitkom kostiju i kalcifikacijom mekih tkiva (33).

Magnezij, mineral s važnom funkcijom u mineralizaciji kostiju, imunološkom sustavu, apsorpciji i metabolizmu vitamina D te aerobnom i anaerobnom stvaranju energije. Artičke, sjemenke bundeve, tuna i bademi neke su od namirnica bogate magnezijem, no kako prema istraživanjima fizički aktivne osobe zahtijevaju čak 10-20% većih potreba za magnezijem, dodatna suplementacija je često neophodna. Istraživanjem je utvrđen pozitivan učinak suplementacije s 300 mg magnezijeva oksida/dan u smanjenju sistoličkog tlaka u mirovanju i oporavku nakon aerobnog treninga te treninga otpora, no nisu zamijećeni pozitivni učinci na sportske performanse. Također, dodatna suplementacija i uravnotežen status magnezija pozitivno utječe na sprječavanje imunoloških promjena uzrokovanih napornim treninzima što može dovesti do infekcija, osobito infekcija gornjeg dišnog sustava (33).

Željezo je sastavni dio hemoglobina te mu je primarna funkcija prijenos kisika u tijelu, što ga čini važnim čimbenikom za održavanje optimalnih sportskih performansa (33). Također, sastavni je dio mioglobina, citokroma i enzima koji sadrže željezo, sudjeluje u reakcijama prijenosa elektrona, regulaciji gena i brojnim drugim biološkim procesima. Kako ljudski organizam nema mehanizam za proizvodnju vlastitih zaliha željeza, status željeza u tijelu najvećim dijelom ovisi o apsorpciji željeza iz hrane (34). Niskomasno crveno meso, morski plodovi, grah, zeleno lisnato povrće i melasa kvalitetni su prehrambeni izvor željeza. Bioraspoloživost željeza u namirnicama je različita, a može se povećati dodatkom kiseline, kao što je vitamin C, tijekom pripreme. Nedovoljan unos željezom bogatih namirnica primarni je uzrok čestog deficita željeza, odnosno anemije kod fizički aktivnih osoba. Deficit željeza, najčešći je prehrambeni poremećaj kako u općoj populaciji tako i kod sportaša, što za posljedicu ima nedostatak energije, izdržljivosti i daha, glavobolju, nesanicu i kronični umor te naposljetku anemiju, stanje u kojem tijelo ima nemogućnost formiranja hemoglobina. Deficit željeza zabilježen je u istraživanju kod 29% rekreativno aktivnih žena i 4% rekreativno aktivnih muškaraca, dok je postotak do 80% zabilježen kod vrhunskih sportaša, ovisno o sportu koji se ispituje. Deficit željeza kod sportaša predstavlja veliki problem, budući da je uslijed smanjenja oksidativnog kapaciteta tkiva smanjena izdržljivost i energetska učinkovitost, odnosno uslijed nedostatka željeza dolazi do smanjenja sportskih performansi. Brojna

istraživanja rezultirala su pozitivnim učinkom suplementacije željezom na poboljšanje sportskih performansi kod sportaša s nedostatkom željeza. Preporučena dnevna doza iznosi 45 mg/dan, a dodatna suplementacija od osobitog je značaja osim za sportaše s anemijom i za pojedince čija prehrana nije uravnotežena te ne uključuje određenu skupinu namirnica kao što je crveno meso (vegetarijanci i vegani) (33).

### **2.3. DODACI PREHRANI PRIJE TRENINGA (*pre-workout*)**

Upotreba dodataka prehrani prije treninga (*pre-workout*) sve je popularnija među rekreativnim i vrhunskim sportašima u cilju poboljšanja fizičkih performansi, prilagodbi na trening, povećanju energije i izdržljivosti (35, 36).

Prema istraživanju, oko 30% sportaša redovito konzumira dodatke prehrani prije treninga, što ove suplemente čini drugim najčešće korištenim suplementima nakon multivitamina (36). Dodaci prehrani prije treninga obično se na tržištu nalaze u obliku mješavine sastojaka kao što su kofein, kreatin,  $\beta$ -alanin, aminokiseline razgranatog lanca, nitrati i ostali sastojci koji doprinose performansama, povećanju energije i smanjenju umora tijekom treninga (35).

Glavni sastojak *pre-workout* suplemenata je kofein, odgovoran za nekoliko ergogenih učinaka (35). Blagi je stimulans živčanog sustava, dokazano poboljšava performanse u sportovima izdržljivosti smanjujući umor, gubitak sadržaja mišićnog glikogena, percepciju boli i napora. Istraživanja su također rezultirala značajnim utjecajem kofeina na povećanje anaerobne izdržljivosti. Naime, pretpostavlja se da uslijed aktivacije motoričkih jedinica, povećanja otpuštanja kalcija iz sarkoplazmatskog retikuluma i povećanja koncentracije dušikovog oksida, kofein djeluje na jačanje mišićnih kontrakcija, odnosno posljedično na bolje performanse snage (36). Brzo se apsorbira i obično ima najjače djelovanje unutar 60 minuta nakon konzumacije, a doza između 3 i 6 mg kofeina/kg tjelesne težine pokazala se optimalnom za vidljive pozitivne učinke kofeina. Također, suplementi koji sadrže 300 mg kofeina u jednoj dozi smatraju se prihvatljivima za većinu potrošača. Dodaci prehrane prije treninga često sadrže u jednoj dozi 3 g kreatina, što se pokazalo dovoljnom dozom za poboljšanje fizičkih performansi i boljom prilagodbom na trening (35).

Sljedeći česti sastojak je taurin, organska kiselina građena od aminokiselina za koju istraživanja ukazuju na ergogene, antioksidacijske i metaboličke učinke. Doza taurina koja se unese kroz preporučenu dozu *pre-workout* suplementa iznosi oko 1,5 g što se pokazalo pogodnim za poboljšanje mišićne izdržljivosti tijekom vježbi otpora (35).

BCAA su također vrlo česti sastojci dodataka prehrani prije treninga, a prema

istraživanjima doprinose smanjenju oštećenja mišića uzrokovanih vježbanjem i povećanju sinteze novih mišićnih proteina (35).

Uobičajeni sastojak dodataka prehrani prije treninga je i  $\beta$ -alanin. Prema istraživanjima, ukoliko dodatak prehrani sadrži od 4 do 6 g  $\beta$ -alanina te se redovito konzumira tijekom najmanje 2 tjedna, mogući su pozitivni učinci na poboljšanje performansi kod visokointenzivnog treninga (35).

Prehrambeni nitrati česti su sastojak *pre-workout* suplemenata te u dozi od 300 mg ili više pomažu u poboljšanju izdržljivosti i performansama kod visokointenzivnih treninga (35).

Istraživanja ukazuju na minimalan utjecaj dodataka prehrani prije treninga na maksimalnu proizvodnju snage, no značajan utjecaj na smanjenje opadanja snage uslijed umora tijekom vježbanja (35). Dokazan je značajan utjecaj *pre-workout* suplementa na poboljšanje anaerobne snage kod rekreativno aktivnih muškaraca, što ukazuje na pogodnost konzumacije suplementa tokom kratkoročnih visokointenzivnih treninga (36). Dodatak prehrani prije treninga nije značajno utjecao na poboljšanje maksimalne snage tijekom vježbi poput čučnja, no utjecao je na ublažavanje smanjenja performansi uzrokovanih umorom (35). Također, istraživanja su rezultirala povoljnim utjecajem *pre-workout* suplementa na bolju mišićnu izdržljivost i veći ukupni volumen vježbanja. Značajno poboljšanje izdržljivosti uočeno je prilikom izvođenja vježbi *bench press* i *leg press*, dok je poboljšanje performansi uočljivo prilikom sprintsa i vježbi s vlastitom težinom (35). Većina dosadašnjih istraživanja rezultirala je pozitivnim utjecajem *pre-workout* suplementa na različite vrste sportskih izvedbi kao i boljim prilagodbama na trening (35).

Kratkoročna suplementacija (8 – 12 tjedana) ovim dodatkom prehrani, kroz nekoliko istraživanja, pokazala se sigurnom, bez negativnih učinaka na inače zdrave potrošače. Ipak, nedostaju podaci o sigurnosti uzimanja suplementa dulje vrijeme, kao i njegov utjecaj na performanse, prilagodbe treningu i pokazatelje zdravlja tokom kronične konzumacije (35).

## 2.4. HIDRATACIJA I SPORTSKA PIĆA

Relativno se često javlja blaga do umjerena dehidracija kod fizički aktivnih osoba uslijed pojačanog gubitka znoja, a posljedica tome je smanjenje tjelesne mase do 2-3% (37). Na ravnotežu vode u tijelu utječe niz čimbenika, kao što su tjelesna težina i kondicija pojedinca, trajanje i intenzitet fizičke aktivnosti, klimatski uvjeti te vrsta odjeće (38).

Prema istraživanjima, dehidracija, povećanje tjelesne temperature i potrošnja ugljikohidrata tijekom treninga duljeg od 30 do 40 minuta značajno narušava performanse sportaša. Smanjenje tjelesne mase za 3-4% uslijed pojačanog znojenja dokazano smanjuje

snagu za oko 2% te izdržljivost tijekom visokointenzivnih treninga za oko 10%. Smanjenje tjelesne mase za 2-7% uslijed pojačanog znojenja pokazalo je negativan utjecaj na izdržljivost sportaša, osobito u uvjetima gdje temperatura zraka iznosi više od 30°C, dok smanjenje tjelesne mase od 1-2% nema značajnog utjecaja na izdržljivost tokom treninga u trajanju od najviše 90 minuta (37).

Kako bi se spriječila dehidracija na manje od oko 2% tjelesne mase i održala normalna ravnoteža elektrolita u tijelu, preporučeno je konzumirati dovoljno tekućine prije, tijekom i nakon vježbanja. Unos vode (pićem i hranom) vrlo je važan za održavanje normalne hidratacije organizma, no sportski napici s optimalnom količinom ugljikohidrata, elektrolita i vode pokazali su značajne prednosti u poboljšanju fizičkih performansi, oporavku nakon treninga (37), nadoknadi tekućine i elektrolita iscrpljenih znojenjem (38).

Sportski napici sve su popularniji među rekreativnim i vrhunskim sportašima, mladim i fizički aktivnim osobama te se često konzumiraju tokom vježbanja ili nakon vježbanja u svrhu bržeg oporavka. Također, cilj konzumacije sportskog napitka često je ubrzanje rehidracije, smanjenje fiziološkog stresa i stimulacija brže apsorpcije tekućine.

Glavni sastojak sportskih napitaka je voda, potom slijede ugljikohidrati (do oko 6%) te manja količina elektrolita od kojih je najznačajniji natrij. Ugljikohidrati u sportskim napicima služe kao brz izvor energije te potiču brzinu apsorpcije natrija i vode, no previsoke koncentracije šećera (više od 10%) mogu uzrokovati gastrointestinalne smetnje (mučninu, grčeve u abdomenu, dijareju), što nepovoljno utječe na hidrataciju organizma (37).

Najčešće se kao izvor ugljikohidrata u napicima koriste glukoza, saharoza i maltodekstrini (38). U istraživanju, prilikom treninga višeg intenziteta u trajanju od 50 minuta, testovi su pokazali poboljšanje fizičkih performansi za 6,5% nakon konzumacije većeg volumena tekućine (1330 mL) u odnosu na manji volumen (200 ml). Također, zabilježeno je poboljšanje performansi za 6,3% nakon konzumacije napitaka s ugljikohidratima u odnosu s napitcima bez ugljikohidrata (37).

Sportašima koji su izloženi intenzivnom treningu duljem od 60 minuta preporučuje se dodatak ugljikohidrata u tekućinu u dozi od 30 do 60 g/h kako bi se spriječio umor i omogućila brža oksidacija ugljikohidrata (38).

Prema istraživanjima, jedini elektrolit koji je važan za rehidrataciju nakon vježbanja, osobito tijekom izloženosti vrućini ili značajnog gubitka znoja, je natrij. Obično se dodaje u obliku natrijeva klorida ili natrijeva citrata. Natrij potiče apsorpciju šećera i vode u tankom crijevu te pomaže u održavanju volumena izvan stanične tekućine. Većina sportskih napitaka namijenjenih konzumaciji tokom vježbanja ima nizak sadržaj elektrolita, dok se koncentracija natrija kreće u rasponu od 20 do 25 mmol L<sup>-1</sup>. U većini slučajeva, spomenuta koncentracija natrija u napitku je dovoljna, no može biti nedovoljna uslijed značajnog gubitka znoja i velikog unosa

tekućine tijekom dugotrajnih treninga. Tijekom 2-3 sata intenzivnog vježbanja u vrućim ili vlažnim uvjetima, gubitak znoja može dosežati do 5 litara s udjelom natrija od  $50 \text{ mmol L}^{-1}$ , što zahtjeva unos od oko 15 g natrijeva klorida za vraćanje ravnoteže u organizmu. Iako postoji zabrinutost zbog mogućih štetnih utjecaja visokog unosa soli na zdravlje, umjereni višak unosa soli može biti koristan za status hidratacije, pod uvjetom da je unos tekućine veći od gubitka znoja te da bubrežna funkcija nije narušena (37).

Sportski napici mogu se podijeliti na hipotonične, izotonične i hipertonične te se međusobno razlikuju po osmolarnosti. Ovisno o trajanju i intenzitetu fizičke aktivnosti te klimatskim uvjetima ovisi koju vrstu sportskog napitka pojedinac treba konzumirati. Izotonični napici najpopularnija su skupina sportskih napitaka i čine oko 70% ukupne proizvodnje. Izotonični napici odlikuju se brzim upijanjem iz probavnog sustava zahvaljujući njihovoj osmolarnosti koja je slična osmolarnosti tjelesnih tekućina i krvne plazme. Preporuka *American College of Sports Medicine* je da se nekoliko gutljaja izotoničnog napitka konzumira svakih 15-20 minuta prije, tijekom i nakon treninga ili natjecanja kako bi se osigurala optimalna ravnoteža tekućine i elektrolita u tijelu (38).



### 3. ZAKLJUČCI

1. Dodaci prehrani su preparati koji uključuju vitamine, minerale, aminokiselina, enzime, probiotike i druge tvari, a imaju za cilj obogatiti prehranu. Nisu zamjena za uravnoteženu prehranu i nemaju funkciju lijeka. Rekreativni i profesionalni sportaši dodatke prehrani koriste u svrhu jačanja imuniteta, povećanja izdržljivosti organizma i mišićne mase, bolje prilagodbe na trening i bržeg oporavka nakon treninga.
2. Najčešće korišten dodatak prehrani kod fizički aktivnih osoba čini proteini sirutke (whey protein). Sadrži visoke udjele svih esencijalnih aminokiselina i BCAA (aminokiseline razgranatog lanca) nužnih za smanjenje fizičkog stresa uzrokovanog vježbanjem, održavanje imunološke funkcije, stimulaciju sinteze proteina i hormona rasta u tijelu. Najpogodniji oblik proteina sirutke je izolat, sadrži više od 90% proteina u suhoj tvari i 1% laktoze te je stoga lakše probavljiv, pogodan za konzumaciju kod osoba netolerantnih na laktozu, a apsorpcija je brža i lakša u odnosu na koncentrat proteina sirutke.
3. Kreatin, dušična organska kiselina, sudjeluje u sintezi ATP-a odgovornog za opskrbu mišića energijom te se stoga kreatin često koristi kao dodatak prehrani u prehrani sportaša u svrhu bržeg oporavka i poboljšanja sportskih performansi.
4. Suplementacija kolagenom, najzastupljenijim oblikom strukturalnih proteina, u prehrani fizički aktivnih osoba često se koristi u svrhu bržeg oporavka mišića nakon vježbanja i smanjenju bolova u zglobovima. Također, kolagen je vrlo važan za održavanje zdravlja tetiva, budući da čini oko 65-80 % suhe težine tetiva, te smanjenje potencijalnih ozljeda.
5. BCAA (aminokiseline razgranatog lanca) čine esencijalne aminokiseline leucin, izoleucin i valin. Dodatna suplementacija potencijalno smanjuje oštećenja na mišićima uzrokovanih vježbanjem i potpomaže sintezu proteina u mišićima. Važna funkcija BCAA je i smanjenje fizičkog umora tokom i nakon treninga . Proizvodi s izoliranim BCAA često su vrlo skupi te je upitna njihova isplativost budući da suplementi poput proteina sirutke također u svom sastavu sadrže BCAA, a znatno su jeftiniji.
6. Kako intenzivna fizička aktivnost smanjuje koncentraciju glutamina i L-karnitina u mišićima, dodatna suplementacija često je zastupljena u prehrani sportaša.

Suplementacija glutaminom pogodna je za održavanje imunološkog sustava i poboljšanje anaerobne izdržljivosti. Suplementacija L-karnitinom kao i glutaminom dokazano pomaže u smanjenju mišićne boli i oporavku nakon treninga, smanjenjem oksidacijskog stresa stvorenog fizičkom aktivnošću.

7. Oko 50% sportaša koristi dodatke vitamina ili minerala. Uravnotežena prehrana ključna je za održavanje dovoljne količine mikronutrijenata, dok se dodatna suplementacija preporučuje samo u slučaju deficita. Fizička aktivnost može povećati potrebu za vitaminima B skupine nužnih za proizvodnju energije, vitaminom C nužnog za održavanje imunološkog sustava te vitaminima D i K ključnih za održavanje optimalne gustoće kostiju. Nedostatak kalcija i magnezija može uzrokovati nepravilnu mineralizaciju kostiju, bolove i grčeve u mišićima, dok često zabilježen nedostatak željeza uzrokuje nedostatak energije i umor. Fosfor je jedini zabilježeni mineral čija suplementacija dokazano poboljšava fizičke performanse.
8. *Pre-workout* suplementi korisni su za smanjenje umora, poboljšanje anaerobne i mišićne izdržljivosti, poboljšanje fizičkih performansi u različitim sportovima te boljim prilagodbama na trening.
9. Konzumacija sportskih napitaka korisna je za nadoknadu tekućine i elektrolita iscrpljenih pojačanim znojenjem tokom intenzivnog treninga, poboljšanje fizičkih performansi i oporavak nakon treninga.

#### 4. POPIS LITERATURE

1. Pozaić A, Lončarić D, Rumora Samarin I, Panjkota-Krbavčić I (2023) Razlika u znanju o pravilnoj prehrani između profesionalnih sportaša i rekreativaca. *FHD* **12** (2), 66-73.
2. Muscat J (1975) Nutrition and diet in athletes. *Agric food sci* **10** (2), 103-108.
3. Pollak L (2008) Dodaci prehrani i hrana za posebne prehrambene potrebe. *Medicus* **17**, 47-55.
4. Paradžik M (2021) *Percepcija i uzimanje dodataka prehrani u fizički aktivnih osoba* (diplomski rad), Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek.
5. Hajdinjak E (2019) *Učinkovitost najčešće korištenih dodataka prehrani za sportaše* (diplomski rad). Farmaceutsko-biokemijski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
6. Pravilnik (2013) Pravilnik o dodacima prehrani. Narodne novine 126, Zagreb. Pristupljeno na [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013\\_10\\_126\\_2740.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_10_126_2740.html) Pristupljeno 4. lipnja 2024.
7. Garthe I, Maughan R J (2018) Athletes and supplements: prevalence and perspectives. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* **28** (2), 126-138. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0429>
8. Tarnopolsky M A, Timmons B W (2007) Protein: Quantity and Quality. *Sports Nutrition: Fats and Proteins* **109**. <https://doi.org/10.1201/9781420008500.sec3>
9. Stijepić I, Malinović N, Vujasinović D, Stijepić M (2023) Possibilities of using whey protein as supplements in the nutrition of athletes. In Scientific Conference SANUS 2023, Prijedor, str. 177-189. <https://doi.org/10.7251/ZSAN2302177S>
10. Sabo N Č, Stojkov S, Živanović D, Javorac J (2021) Suplementacija sportista proteinima. *Tematski zbornik radova sa 12. Međunarodne interdisciplinarne stručno-naučne konferencije "HORIZONTI 2021"*, Subotica, str. 69-75.
11. König D, Carlsohn A, Braun H, Großhauser M, Lampen A, Mosler S, i sur. (2020) Position of the working group sports nutrition of the German Nutrition Society (DGE): Protein intake in sports. *Dtsch Z Sportmed* **71**, 192-198. <https://doi.org/doi:10.5960/dzsm.2020.450>
12. Jäger R, Kerksick C M, Campbell B I, Cribb P J, Eells S D, Skwiat T M i sur. (2017) International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *J Int Soc Sports Nutr* **14**, 20. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0177-8>
13. Tipton K D (2011) Efficacy and consequences of very-high-protein diets for athletes

- and exercisers. *P Nutr Soc* **70** (2), 205–214.  
<https://doi.org/10.1017/S0029665111000024>
14. Gangurde H, Chordiya M, Patil P, Baste N (2011) Whey protein. *Scholars' Research Journal* **1** (2), 69-77.
  15. Vasconcelos Q D J S, Bachur T P R, Aragão G F (2021) Whey protein supplementation and its potentially adverse effects on health: a systematic review. *App Physiol Nutr Metabol* **46** (1), 27-33. <https://doi.org/10.1139/apnm-2020-0370>
  16. Herceg Z, Režek Jambrak A (2006) Prehrambena i funkcionalna svojstva koncentrata i izolata proteina sirutke. *Mljekarstvo* **56** (4), 379-396.
  17. Tratnik L, Božanić R (2012) Mlijeko i mliječni proizvodi, Hrvatska mljekarska udruga, Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu = Manualia Universitatis studiorum Zagrabienensis.
  18. Pasin G, Miller S L (2000) US Whey products and sports nutrition. *Sports Nutrition* 1-12. [https://usdec.files.cms-plus.com/SPORTS mono3\\_4ew \(cms-plus.com\)](https://usdec.files.cms-plus.com/SPORTS mono3_4ew (cms-plus.com))
  19. Whetstine M C, Croissant A E, Drake M A (2005) Characterization of dried whey protein concentrate and isolate flavor. *J Dairy Sci* **88** (11), 3826-3839. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73068-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73068-X)
  20. Jeličić I, Božanić R, Tratnik LJ (2008) Napitci na bazi sirutke-nova generacija mliječnih proizvoda. *Mljekarstvo* **58** (3), 257-274.
  21. Hall M, Trojian T H (2013) Creatine supplementation. *Curr Sports Med Rep* **12** (4), 240-244. <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e31829cdf2>
  22. Bjelica B, Aksović N, Alempijević R, Zelenović M, Dragović I (2020) Efekti kreatin monohidrata na snagu i tjelesnu kompoziciju. *Sport i zdravlje* **15** (1), 6-16. <https://doi.org/10.7251/SIZ2001006B>
  23. Balsom P D, Söderlund K, Ekblom B (1994) Creatine in humans with special reference to creatine supplementation. *Sports med* **18**, 268-280. <https://doi.org/10.2165/00007256-199418040-00005>
  24. Holwerda A M, van Loon L J (2022) The impact of collagen protein ingestion on musculoskeletal connective tissue remodeling: a narrative review. *Nutr rev* **80** (6), 1497-1514. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuab083>
  25. Wang H (2021) A review of the effects of collagen treatment in clinical studies. *Polymers* **13** (22), 3868. <https://doi.org/10.3390/polym13223868>
  26. Khatri M, Naughton R J, Clifford T, Harper L D, Corr L (2021) The effects of collagen peptide supplementation on body composition, collagen synthesis, and recovery from joint injury and exercise: a systematic review. *Amino acids* **53** (10), 1493-1506. <https://doi.org/10.1007/s00726-021-03072-x>
  27. Musayeva F, Özcan S, Kaynak M S (2022) A review on collagen as a food

- supplement. *J Pharm Technol* **3** (1), 7-29. <https://doi.org/10.37662/jpt.2022.1012432>
28. Shimomura Y, Murakami T, Nakai N, Nagasaki M, Harris R A (2004) Exercise promotes BCAA catabolism: effects of BCAA supplementation on skeletal muscle during exercise. *J Nutr* **134** (6), 1583S-1587S. <https://doi.org/10.1093/jn/134.6.15>
29. Martinho D V, Nobari H, Faria A, Field A, Duarte D, Sarmento H (2022) Oral branched-chain amino acids supplementation in athletes: a systematic review. *Nutrients* **14** (19), 4002. <https://doi.org/10.3390/nu14194002>
30. Gleeson M (2008) Dosing and efficacy of glutamine supplementation in human exercise and sport training. *J Nutr* **138** (10), 2045-2049. <https://doi.org/10.1093/jn/138.10.2045S>
31. Ahmadi A R, 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. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2018.05.001>
32. Fielding R, Riede L, Lugo J P, Bellamine A (2018) L-carnitine supplementation in recovery after exercise. *Nutrients* **10** (3), 349. <https://doi.org/10.3390/nu10030349>
33. Serra M C, Beavers K M (2015) Essential and nonessential micronutrients and sport. In: Greenwood, M., Cooke, M., Ziegenfuss, T., Kalman, D., Antonio, J. (eds) *Nutritional Supplements in Sports and Exercise*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-18230-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-18230-8_5)
34. Beck K L, von Hurs, P R, O'Brien W J, Badenhorst C E (2021) Micronutrients and athletic performance: A review. *Food Chem Toxicol* **158**, 112618. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.112618>
35. Harty P S, Zabriskie H A, Erickson J L, Molling P E, Kerksick C M, Jagim A R (2018) Multi-ingredient pre-workout supplements, safety implications, and performance outcomes: a brief review. *J Int Soc Sports Nutr* **15**, 1-28. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0247-6>
36. Martinez N, Campbell B, Franek M, Buchanan L, Colquhoun R (2016). The effect of acute pre-workout supplementation on power and strength performance. *JISSN* **13** (1), 29. <https://doi.org/10.1186/s12970-016-0138-7>
37. Shirreffs S M (2009) Hydration in sport and exercise: water, sports drinks and other drinks. *Nutr Bull* **34** (4), 374-379. <https://doi.org/10.1111/j.1467-3010.2009.01790.x>
38. Legović D, Lopac D, Šantić V, Jurdana H, Gulan G, Tudor A (2007) Sportski napitci i umor sportaša. *Med Flum* **43**(3), 215-223.

## Izjava o izvornosti

Ja Petra Brunec izjavljujem da je ovaj završni rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio/la drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.

A handwritten signature in blue ink that reads "Petra Brunec".

---

Vlastoručni potpis