

# Utjecaj proteina graška na porast mišićne mase prilikom vježbanja

---

**Odak, Katarina Ivona**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*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:159:437722>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-06**



*Repository / Repozitorij:*

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



**Sveučilište u Zagrebu**  
**Prehrambeno-biotehnološki fakultet**  
**Preddiplomski studij Nutricionizam**

**Katarina Ivona Odak**

7722/N

**UTJECAJ PROTEINA GRAŠKA NA PORAST MIŠIĆNE  
MASE PRILIKOM VJEŽBANJA**

**ZAVRŠNI RAD**

**Predmet: Prehrana sportaša i vojnika**

**Mentor: Prof. dr. sc. Zvonimir Šatalić**

**Zagreb, 2021.**

# TEMELJNA IDENTIFIKACIJSKA KARTICA

Završni rad

**Sveučilište u Zagrebu**

**Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

**Preddiplomski sveučilišni studij Nutricionizam**

**Zavod za poznavanje i kontrolu sirovina i prehrambenih proizvoda**

**Laboratorij za znanost o prehrani**

**Znanstveno područje: Biotehničke znanosti**

**Znanstveno polje: Nutricionizam**

**Utjecaj proteina graška na porast mišićne mase prilikom vježbanja**

**Katarina Ivona Odak, 0058214886**

**Sažetak:** U ovom radu opisan je mehanizam mišićne razgradnje i sinteze te ukratko prikazan sastav aminokiselina graška. Opisane su negativne karakteristike biljnih proteina u usporedbi sa životinjskim, poput slabije probavljivosti i nedostatka esencijalnih aminokiselina što može dovesti do slabijeg anaboličkog učinka. Navedeno je nekoliko studija koje uspoređuju utjecaj proteinskih izolata graška i proteina sirutke na povećanje mišićne snage i debljine te smanjenje oksidativnog stresa. Većina rezultata pokazala je kako su oba izvora proteina imala sličan učinak na poboljšanje ovih parametara, odnosno da nije bilo značajnih odstupanja u njihovom djelovanju. Ovakvi rezultati povezuju se s visokim razinama razgranatih aminokiselina u grašku koje su direktno povezane s mišićnom sintezom. Grašak je nutritivno bogata namirnica koja sadrži škrob, vlakna, različite vitamine i minerale zbog kojih može imati pozitivne učinke na ljudsko zdravlje. Stoga, proteinski izolati graška mogu biti odlična alternativa proteinima sirutke.

**Ključne riječi:** grašak, sinteza mišićnih proteina, trening

**Rad sadrži:** 25 stranica, 7 slika, 7 tablica, 37 literaturna navoda, 0 priloga

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Rad je u tiskanom i elektroničkom obliku pohranjen u knjižnici**

**Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 23,  
10 000 Zagreb**

**Mentor:** prof. dr. sc. Zvonimir Šatalić

**Datum obrane:** srpanj, 2021.

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Bachelor thesis**

**University of Zagreb**  
**Faculty of Food Technology and Biotechnology**  
**University undergraduate study Nutrition**  
**Department of Food Quality Control**  
**Laboratory for Nutrition Science**  
**Scientific area: Biotechnical Sciences**  
**Scientific field: Nutrition**

**Effect of pea protein on muscle mass gain during exercise**  
**Katarina Ivona Odak, 0058214886**

**Abstract:** This thesis describes muscle protein breakdown and synthesis, as well as the amino-acid content of pea protein. The negative characteristics of plant proteins in comparison with animal proteins are discussed, such as lower digestibility and lower essential amino-acid content, which can lead to a lower anabolic effect. The results of several studies, which compare the effect of pea protein with whey protein isolates on the increase of muscle strength and thickness, and on the reduction of oxidative stress, are presented. Most of the results have shown that both of these proteins had a similar beneficial impact on the measured parameters. Such effects are probably a consequence of a high concentration of branched-chain amino acids in pea proteins, which are directly linked to muscle synthesis. The common pea is a pulse of a high nutritional value. It contains starch, fibres and a variety of vitamins and minerals, which explains its beneficial effect on human health. Therefore, pea protein isolates could be a great alternative to whey protein isolates.

**Keywords:** pea, muscle protein synthesis, training

**Thesis contains:** 25 pages, 7 figures, 7 tables, 37 references, 0 supplements

**Original in:** Croatian

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

**Mentor:** PhD. Zvonimir Šatalić, Full Professor

**Defence date:** July, 2021.



# Sadržaj

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. TEORIJSKI DIO</b> .....	2
<b>2.1.</b> Mehanizmi razgradnje mišićnih proteina .....	2
<b>2.2.</b> Mehanizam sinteze mišićnih proteina.....	3
<b>2.3.</b> Biljni proteini.....	3
<b>2.3.1.</b> Grašak i njegov aminokiselinski sastav .....	6
<b>2.4.</b> Biljni izvori proteina kao potencijalni dodatci prehrani .....	8
<b>2.4.1.</b> Usporedba proteina graška s proteinima sirutke .....	8
<b>2.5.</b> Biomarkeri oksidativnog stresa nakon anaerobnog i aerobnog treninga .....	12
<b>2.5.1.</b> Oksidativni stres i proteini u grašku.....	15
<b>2.6.</b> Nutrijenti i antinutrijenti u grašku.....	17
<b>2.7.</b> Komplementiranje hrane .....	19
<b>3. ZAKLJUČAK</b> .....	21
<b>4. POPIS LITERATURE</b> .....	22

## 1. UVOD

Proteini su izuzetno važni za izgradnju skeletne muskulature. No, kako bi se muskulatura izgradila, potrebno ju je razgraditi, a to se postiže treningom. Da bi proces sinteze nadmašio proces razgradnje, od izuzetne je važnosti adekvatan unos proteina. Optimalna količina unosa proteina nakon treninga otpora iznosi 0,25-0,30 g/kg tjelesne mase za osobe mlađe životne dobi i 0,40 g/kg tjelesne mase za starije osobe uz uobičajenu prehranu koja uključuje proteinski unos od 1,2-2 g/kg tjelesne mase na dan (Moore i sur., 2015; Jager i sur., 2017; Morton i sur., 2018).

Osim količine proteina, za veći anabolički učinak važni su kvaliteta i izvor proteina. Kvaliteta proteina određuje se prema sadržaju i količini aminokiselina te stupnju probavljivosti (Pasiakos i Howard, 2021). Opće je poznato da unos visokokvalitetnih proteina putem prehrane povećava postprandijalnu mišićnu sintezu u mirovanju i anabolički učinak nakon treninga otpora. Prehrambeni izvori proteina najčešće su životinjskog podrijetla, a najpoznatiji su proteini sirutke. No, kao alternativa postoje i biljni izvori proteina poput mahunarki. Smatra se kako konzumacija biljnih i životinjskih proteina nema jednak učinak na mišićnu sintezu nakon vježbanja zato što biljni proteini, za razliku od životinjskih, nisu potpuni i slabije su probavljivi. Životinjski proteini sadrže sve esencijalne aminokiseline, dok biljnim proteinima manjka jedna ili više ovih aminokiselina. Jedinim potpunim biljnim proteinom smatraju se proteini soje, a potencijalni izvor proteina mogle bi biti i ostale mahunarke.

U novije vrijeme porasla je potreba da se istraži kvaliteta biljnih proteina jer je sve više ljudi koji se hrane pretežito biljnom prehranom, a potrebno je pronaći alternativno rješenje i za osobe koje imaju intoleranciju na laktozu. U mahunarke se ubrajaju slanutak, leća, grah, grašak i bob, a u ovom radu će detaljnije biti opisan utjecaj proteina graška kao i utjecaj drugih biljnih proteina na razvoj mišićne mase prilikom vježbanja.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. Mehanizmi razgradnje mišićnih proteina

Skeletni mišići su tkivo ljudskog organizma zaslužno za pokretanje i obavljanje rada koji uključuje snagu. Izgrađuju ih proteini koji svakodnevno prolaze proces pregradnje, odnosno razgradnje i izgradnje. Količina proteina u mišićnom tkivu te veličina mišića rezultat su ovih procesa, a ravnoteža između njih regulira se vježbanjem i prehranom. Postoje tri mehanizma koji utječu na katabolizam mišića, a to su ubikvitin proteosomalni put, autofagija i kalpain  $\text{Ca}^{2+}$  ovisna cistein proteaza (Tipton i sur., 2018).

Ubikvitin proteosomalni put uključuje proteasom koji provodi razgradnju ubikvitiniranih proteina, odnosno proteina koji su označeni ubikvitinom. To je mala proteinska molekula molekulske mase 8,5 kDa čija je uloga označiti proteine koje je potrebno razgraditi. Aktivaciju ubikvitina provode E1 ubikvitin-aktivirajući enzimi koji vežu ubikvitin i  $\text{ATP-Mg}^{2+}$  kompleks pri čemu provode katalitičku acilaciju C-terminalnog kraja ubikvitina. Nakon toga, ubikvitin se prenosi na sulfhidrilnu skupinu cisteina na E1 enzimu pri čemu nastaje tioesterska veza uz posljedično otpuštanje AMP-a. U sljedećem koraku ubikvitin se prebacuje na cisteinski ostatak E2 ubikvitin-konjugirajućeg enzima procesom transtioesterifikacije. Nakon toga, aktivirani ubikvitin se pomoću E3 ubikvitin ligaze prebacuje na lizinski ostatak ciljanog proteina. Kada se na protein vežu četiri molekule ubikvitina, odlazi do proteasoma u kojem se odvija njegova degradacija.

Autofagija je proces koji započinje stvaranjem fagofora, osnovne strukture koja će se razviti u autofagosom. Autofagosom se formira oko proteinskih kompleksa, unutarstaničnih organela i oštećenih proteina te nakon toga fuzionira s lizosomom. Nastaje autolizosom unutar kojeg lizosomske proteaze razgrađuju obuhvaćene proteine pri čemu se oslobađaju aminokiseline.

Sljedeći mehanizam odvija se preko kalpaina, odnosno  $\text{Ca}^{2+}$  ovisnih cisteinskih proteaza. Kalpaini razgrađuju proteine citoskeleta i sarkoleme te miofibrilarne proteine. Aktiviraju se autolitički, a njihova aktivnost ovisi o koncentraciji kalcijevih iona. Za aktivaciju kalpaina 1, odnosno  $\mu$ -kalpaina potrebne su koncentracije  $\text{Ca}^{2+}$  u mikromolima, a za aktivaciju kalpaina 2, tj. m-kalpaina u milimolima. Kako bi se aktivirali, kalpain 1 i 2 stvaraju heterodimere s kalpainom 4. Za aktivaciju kalpaina 3 nije potrebna dimerizacija, već samo uklanjanje N terminalnog dijela proteina kao kod kalpaina 1 i 2. Kalpastatin je proteinska molekula koja veže kalpaine i na taj ih način inhibira kako ne bi došlo do pretjerane proteolize. Ovaj mehanizam inhibicije je reverzibilan i odvija se pri nižim koncentracijama kalcijevih iona.

Svi ovi mehanizmi važni su za razgradnju proteina, ali istraživanja pokazuju da kalpainski sustav i ubikvitinacija imaju važniju ulogu nego autofagija. Važno je napomenuti da ti procesi ne djeluju zasebno, već njihovo sinergističko djelovanje rezultira mišićnom razgradnjom (Tipton i sur., 2018).

## **2.2. Mehanizam sinteze mišićnih proteina**

Nakon unosa proteina hranom, u probavnom sustavu razgrađuju se do aminokiselina koje se apsorbiraju u krvotok. Aminokiseline iz hrane i one nastale mišićnom razgradnjom su materijal koji se koristi za sintezu mišićnih proteina. Sinteza se odvija u dva koraka. Prvi korak je transkripcija (prepisivanje) genske upute s DNA na mRNA i odvija se u jezgri stanice. Na dijelu DNA, odnosno genu koji se prepisuje dolazi do pucanja vodikovih veza i odvajanja lanaca. Na jednom od lanaca sintetizira se mRNA i komplementarno prepisuju dušične baze. Sintetizirana mRNA odlazi u citoplazmu do ribosoma gdje se odvija drugi korak – translacija (prevođenje). Slijed dušičnih baza na mRNA su kodoni, a male molekule tRNA nose antikodone, odnosno komplementarne dušične baze onima na mRNA. Osim toga, tRNA nose aminokiseline uz odgovarajući antikodon. Tako se na ribosomu aminokiseline spajaju peptidnim vezama u odgovarajući protein s početnom aminokiselinom metioninom.

Tijekom anaerobnog treninga dolazi do razgradnje mišićnog tkiva, a posljedično dolazi do povećane potrebe za sintezom, što se postiže unosom hrane bogatom proteinima. Razgradnja i sinteza su pojačane 24-48 sati nakon anaerobne aktivnosti, s tim da se razgradnja vraća na bazalnu razinu prije sinteze, pa se posljedično ova dva procesa u tom periodu nalaze u pozitivnoj ravnoteži. Kako bi se postigao željeni porast na mišićnoj masi, poželjno je unijeti proteine unutar sat vremena nakon aktivnosti (Šatalić i sur., 2016).

## **2.3. Biljni proteini**

Poznato je da su namirnice životinjskog podrijetla cjeloviti izvori proteina, odnosno da sadrže sve esencijalne aminokiseline, zbog čega najefikasnije djeluju na sintezu mišićnih proteina. Biljni proteini imaju slabiji anabolički učinak jer su teže probavljivi. U usporedbi sa životinjskim proteinima, probavljivost im je slabija za 10-30% (Šatalić i sur., 2016), a termičkom obradom može se povećati za 18% (Berrazaga i sur., 2019). Većinom se nalaze u obliku beta nabranih ploča koje su, za razliku od alfa uzvojnica, otpornije na proteolizu. Dodatni razlozi za slabu probavljivost su prisutnost neškrobnih polisaharida, vlakana, bioaktivnih komponenti kao što je fitinska kiselina te inhibitora proteaza. Slabiji anabolički učinak je rezultat nedostatka esencijalnih aminokiselina u pojedinim biljnim vrstama. Aminokiselina koja nedostaje je limitirajuća, stoga je sinteza proteina koji je sadrži onemogućena. Kod osoba koje se pretežito

ili isključivo hrane namirnicama biljnog podrijetla zamijećena je veća učestalost hipoproteinemije povezana sa smanjenim unosom metionina i lizina (Krajcovicova-Kudlackova i sur., 2005). No, smanjeni unos ovih aminokiselina može djelovati preventivno na razvoj kardiovaskularnih bolesti jer potpomaže smanjenju kolesterola u krvi inhibicijom fosfolipidnog hepatičkog metabolizma. Smanjeni anabolički učinak često je rezultat manjka esencijalne aminokiseline leucina u namirnicama biljnog podrijetla. Ova aminokiselina spada u skupinu razgranatih aminokiselina koje su izuzetno važne za sintezu mišićnih proteina (Berrazaga i sur., 2019). Biljni proteini sadrže veće količine neesencijalnih aminokiselina nego životinjski, a njihov povećani unos povezan je sa smanjenom proizvodnjom inzulina i povećanom proizvodnjom glukagona. Te aminokiseline su pretežito arginin, glicin, alanin i serin. Ciklički AMP, koji nastaje biokemijskim mehanizmima pod djelovanjem glukagona, omogućava redukciju rizičnih faktora za aterosklerozu i usporavanje razvoja raka (Krajcovicova-Kudlackova i sur., 2005). Jedini biljni izvor potpunih proteina je soja. Ona sadrži sve esencijalne aminokiseline u količinama potrebnim za čovjeka. Sojino zrno sadrži 34,1% proteina, 17,7% lipida i 33,5% ugljikohidrata (Falvo i Hoffman, 2004). Od ostalih biljnih izvora, žitarice su bogate metioninom i cisteinom, a mahunarke lizinom.

U metaanalizi iz 2021. godine uspoređivao se utjecaj biljnih i životinjskih proteina na sintezu proteina u mišićima. Obradeno je 16 različitih studija iz kojih su izvučeni podatci koji se nalaze u Tablici 1 i 2. U tablicama se nalaze podatci samo nekih studija. Promatralo se se potencijalne razlike između biljnih i životinjskih izvora proteina s obzirom na promjene u nemasnoj masi i mišićnoj snazi te mogući utjecaj treninga otpora povezan s dobi (Lim i sur., 2021).

**Tablica 1.** Sažetak odabranih studija za sistematski pregled i metaanalizu (modificirano po Lim i sur., 2021)

Referenca	Trajanje ispitivanja	Ispitanici	Dnevna doza	Broj i spol ispitanika	Dob ispitanika	Proteinski unos (g/kg/dan)	Trening otpora
(Basciani i sur., 2020)	45 dana	Gojazni, s inzulinskom rezistencijom, neutrenirani	Proteini sirutka: 90 g Meso, riba, jaja: 90 g Biljni proteini: 90 g	16 16 16	56,2 ± 6,1	1,0	Ne
(Haub i sur., 2002)	12 tjedana	Zdravi, neutrenirani, stariji muškarci	Govedina 54 g Proteini soje: 54 g	10 M 11 M	63 ± 3 67 ± 7	1,03 ± 0,3 1,15 ± 0,1	Da
(Hill i sur., 2015)	6 mjeseci	Gojazni, neutrenirani, s metaboličkim sindromom	Životinjska prehrana: 102,2 g Životinjska prehrana: 63,7 g Biljna prehrana: 64,3 g	10 M, 11 Ž 9 M, 10 Ž	46,4 ± 8,5 46,2 ± 9,4	1,5 1,1 1,0	Ne

				9 M, 12 Ž	45,3 ± 6,7		
(Joy i sur., 2013)	8 tjedana	Zdravi, utrenirani, mladi muškarci	Izolat proteina sirutke: 48 g Izolat proteina riže: 48 g	12 M 12 M	21,3 ± 1,9	Nema podataka	Da
(Kjølbæk i sur., 2017)	24 tjedna	Zdravi, gojazni, neutrenirani	Proteini sirutke + Ca: 45 g Proteini sirutke: 45 g Izolat proteina soje: 45 g	7 M, 31 Ž 7M, 32 Ž 8 M, 28 Ž	42,7 ± 10,5 42,2 ± 9,32 42,4 ± 9,65	1,58 ± 0,29 1,66 ± 0,36 1,57 ± 0,36	Ne
(Lynch i sur., 2020)	12 tjedana	Zdravi, neutrenirani	Izolat proteina sirutke: 19 g Izolat proteina soje: 26 g	10 M, 16 Ž 7 M, 15 Ž	18-35	1,6 1,8	Da
(Neacsu i sur., 2005)	2 tjedna	Zdravi, gojazni, neutrenirani	Piletina i govedina: 154, 74 g Soja i proteini soje: 153, 03 g	20 M	51 ± 11,4	1,5 1,5	Ne
(Tomayko i sur., 2015)	6 mjeseci	Održavanje na hemodijalizi	Proteini sirutke: 27 g Proteini soje: 27 g	7 M, 4 Ž 7 M, 5 Ž	57,0 ± 4,8 52,5 ± 4,3	Nema podataka	Ne
(Volek i sur., 2013)	9 mjeseci	Zdravi, neutrenirani	Koncentrat proteina sirutke: 21,6 g Izolat proteina soje: 20,0 g	13 M, 6 Ž 11 M, 11 Ž	22,8 ± 3,7 24,0 ± 2,9	1,39 ± 0,18 1,35 ± 0,13	Da

**Tablica 2.** Učinak konzumacije životinjskih proteina u usporedbi s biljnim proteinima na promjene u pojedinim parametrima (modificirano po Lim i sur., 2021)

Referenca	Apsolutna nemasna masa (kg)		Nemasna masa (%)		Čučnjevi – 1-RM (kg)		Vršni moment istežanja noge/koljena (Nm)		Vršni moment savijanja noge/koljena (Nm)	
	Životinjski proteini	Biljni proteini	Životinjski proteini	Biljni proteini	Životinjski proteini	Biljni proteini	Životinjski proteini	Biljni proteini	Životinjski proteini	Biljni proteini
(Basciani i sur., 2020)	-3,02 -0,65	-2,62 -2,62	2,12 3,06	2,45 2,45	/	/	/	/	/	/
(Haub i sur., 2002)	-0,2	-0,9	/	/	/	/	27	43	30	29
(Hill i sur., 2015)	-1,48 -1,04	-1,45 -1,45	1,77 1,70	1,25 1,25	/	/	/	/	/	/
(Joy i sur., 2013)	3,2	2,5	/	/	/	/	/	/	/	/
(Kjølbæk i sur., 2017)	1,87 1,94	1,58 1,58	0,58 0,98	0,66 0,66	/	/	/	/	/	/

(Lynch i sur., 2020)	1,5	1,2	1,9	1,2	/	/	40	28	20	16
(Neacsu i sur., 2005)	-0,65	-0,67	/	/	/	/	/	/	/	/
(Tomayko i sur., 2015)	0,4	-0,2	/	/	/	/	-12,9	12,9	2,4	3,3
(Volek i sur., 2013)	3,3	1,8	/	/	35,8	39,8	/	/	/	/

Rezultati su pokazali da izvor proteina nije imao utjecaj na apsolutnu nemasnu masu i mišićnu snagu. Ipak, kod mlađe populacije je došlo do nešto većeg porasta na apsolutnoj nemasnoj masi i postotku nemasne mase kada su konzumirali životinjske izvore proteina. Trening otpora nije imao utjecaj na rezultate.

Kod osoba starije životne dobi povećan je rizik od gubitka mišićne mase, snage i funkcije odnosno pojave sarkopenije. Može se javiti nakon 40. godine života, a nakon 70. gubitak mišićne mase znatno se povećava (Padilla Colón i sur., 2014). Ovakvom stanju pogoduje smanjeni energijski unos i tjelesna neaktivnost koji se često pojavljuju kod starijih osoba (Berner i sur., 2013). Posljedica takve prehrane je smanjeni unos proteina koji dovodi do gubitka na mišićnoj masi i češća je kod osoba koje se hrane pretežito namirnicama biljnog podrijetla. Povećane potrebe za proteinima se također javljaju zbog bolesti i nakon operacija koje su učestale u ovoj dobnoj skupini (Deutz i sur., 2014). Preporuke za unos proteina su 0,8 g/kg tjelesne mase na dan, a u slučaju gubitka mišićne mase, mogu se popeti na 1,5 g/kg tjelesne mase na dan (Ministarstvo zdravstva Republike Hrvatske, 2020). Povećani unos proteina može imati pozitivan učinak na očuvanje mišićne mase i ostalih tjelesnih funkcija (Dahl i Ford, 2017).

### **2.3.1. Grašak i njegov aminokiselinski sastav**

Obični grašak (*Pisum sativum* L.) pripada mahunarkama (porodica Fabaceae) i jedna je od najvažnijih poljoprivrednih kultura namijenjena ljudskoj prehrani. Za razliku od nekih drugih biljnih proteina, proteine graška karakterizira bolja probavljivost. Sjemenka graška sadrži 30% ukupnih proteina, od kojih 55-65% čine globulini, 18-25% albumini, 4-5% prolamini te 3-4% glutelini (Lu i sur., 2020).

Proteini graška imaju uravnotežen aminokiselinski profil. Sadrže visoke količine lizina, leucina i fenilalanina, ali manjkavi su na aminokiselinama koje sadrže sumpor – metioninu i cisteinu. Osim toga, grašak sadrži razgranate aminokiseline, odnosno valin, izoleucin i već spomenuti

leucin, koje se mogu koristiti u dodatcima prehrani za sportaše jer imaju anabolički učinak na skeletne mišiće u stanju oporavka nakon treninga. Ove aminokiseline pripadaju skupini 9 esencijalnih aminokiselina, a razlikuju se po tome što se ne metaboliziraju u jetri, već direktno u mišićima. Leucin povećava sintezu proteina pa samim time pomaže u izgradnji i regeneraciji mišića. Karakterizira ga i nemogućnost konverzije do glukoze te utječe na regulaciju inzulina u krvi. Isoleucin utječe na regulaciju potrošnje glukoze, a valin pozitivno djeluje na funkciju mozga. Osim toga, valin utječe na smanjenje umora te prevenira razgradnju proteina. Razgranate aminokiseline sudjeluju u aktivaciji regulatornih enzima koji utječu na sintezu proteina, a samim time sprječavaju njihovu razgradnju (Rennie i sur., 2006).

Kvaliteta proteina graška može se procijeniti tako da se aminokiselinski sastav graška usporedi s preporukama za pojedinu aminokiselinu. U Tablici 3 prikazane su preporučene vrijednosti za četiri esencijalne aminokiseline u miligramima koje zadovoljavaju potrebe za tim aminokiselinama kod proteinskog unosa u vrijednosti od 0,8 g/kg tjelesne mase (Šatalić i sur., 2016). Vrijednosti uzete za grašak nalaze se u USDA tablicama s kemijskim sastavom za svaku pojedinu namirnicu.

**Tablica 3.** Usporedba količine esencijalnih aminokiselina u proteinima hrane – mg aminokiseline/g proteina (USDA, 2005)

Protein	Lizin	Treonin	Triptofan	Aminokiseline sa sumporom (metionin i cistein)
Preporuke	51	27	7	25
50 g kuhanog graška	118	58	16	25
100 g kuhanog graška	235	115	32	50

Kada se usporede navedene vrijednosti, vidljivo je da su potrebe za lizinom, treoninom i triptofanom zadovoljene konzumacijom 50 g kuhanog graška. Ova količina graška sadrži 118 mg lizina, 58 mg treonina i 16 mg triptofana, što je otprilike dvostruko veća količina od preporučene. Aminokiseline koje sadrže sumpor, odnosno metionin i cistein se u 50 g kuhanog graška nalaze u količini od 25 mg, što je granična vrijednost, a s obzirom na to da uvijek može doći do neželjenih gubitaka, ta bi vrijednost trebala biti veća kako bi se u organizam sa sigurnošću unijela dovoljna količina ovih aminokiselina. U 100 g kuhanog graška, nalazi se 50 mg metionina i cisteina, što je dvostruko veća vrijednost od preporučene. Na ovaj je način osigurana dovoljna količina aminokiselina koje sadrže sumpor uz već zadovoljene potrebe za lizinom, treoninom i triptofanom.



## 2.4. Biljni izvori proteina kao potencijalni dodatci prehrani

U jednoj studiji uspoređivao se utjecaj suplementacije proteinima biljnog podrijetla s onima životinjskog na sintezu mišićnog tkiva (Hevia-Larraín i sur., 2021). Studija je provedena na zdravim mladima u dobi 18-35 godina koji su podijeljeni prema načinu prehrane u dvije skupine od po 19 ispitanika. Prvu skupinu činili su vegani, a drugu svejedi. Provodila se suplementacija proteinima soje kod vegana i sirutke kod svejeda, a količina proteina izračunata je prema potrebama svakog ispitanika. Cilj je bio da se postigne proteinski unos od 1,6 g/kg tjelesne mase na dan. U periodu od 12 tjedana ispitanici su dvaput tjedno bili podvrgavani treningu otpora (RT) koji uključuje nožni potisak pod kutom od 45° i vježbe ekstenzije nogu. Trening se provodio prije ručka ili večere, a ukoliko je ispitanik propustio trening, trebao ga je nadoknaditi u periodu od 48 sati. Ostalim danima ispitanici su odmarali. Suplementacija proteinima provodila se i u danima treninga i u danima odmora uz obroke koji su sadržavali male količine proteina, odnosno uz doručak i užinu. Sljedeća tablica prikazuje prosječne vrijednosti osnovnih karakteristika sudionika za obje skupine. Vidljivo je da su ispitanici unutar skupina započeli eksperiment sa sličnim karakteristikama.

**Tablica 4.** Osnovne karakteristike sudionika (Hevia-Larraín i sur., 2021)

	Vegani (n = 19)	Svejedi (n = 19)	p vrijednost
Dob (godine)	26 ± 5	26 ± 4	0,73
Tjelesna masa (kg)	72,7 ± 7,1	73,3 ± 7,8	0,79
Tjelesna visina (cm)	178 ± 5	176 ± 6	0,35
ITM (kg/m <sup>2</sup> )	22,9 ± 2,3	23,6 ± 2,3	0,33
Nemasna masa tijela (kg)	57,3 ± 5	57,3 ± 5,8	0,99

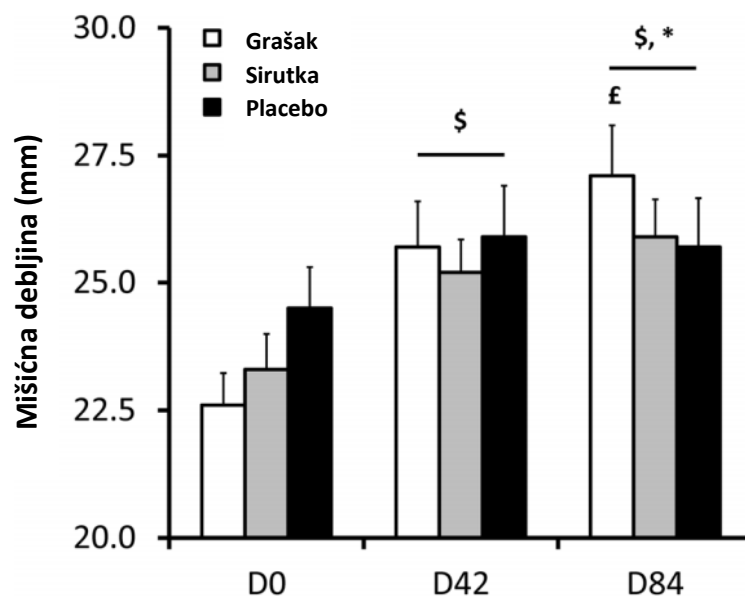
Zabilježeni su rezultati koji pokazuju da je došlo do povećanja nemasne mase noge koja je narasla s 18,9 ± 2,2 na 20,1 ± 2,2 kg kod vegana te s 19,1 ± 2,4 na 20,3 ± 2,7 kg kod svejeda. Usto, ukupne promjene na masi nisu se značajno razlikovale među skupinama. Iako je došlo do povećanja tjelesne mase i nemasne mase, ne postoje značajne razlike u mineralnoj gustoći kostiju, masnoj masi i ukupnoj tjelesnoj masi među skupinama ili unutar jedne skupine. Prema ovoj studiji i biljna prehrana i prehrana koja uključuje životinjske namirnice s proteinskim unosom od 1,6 g/kg tjelesne mase na dan ima podjednak utjecaj na povećanje mišićne mase.

### 2.4.1. Usporedba proteina graška s proteinima sirutke

Sljedeća studija koju ćemo navesti fokusirala se na proteine graška. Naime, cilj je bio usporediti učinke proteina graška s proteinima sirutke koji se u ovom istraživanju smatraju referentnima

zbog provjerenog povoljnog utjecaja na mišićnu masu (Babault i sur., 2015). Istraživanje je provedeno na 161 zdravom mladiću u dobi 18-35 godina koji su bili umjereno aktivni, ali nisu prakticirali vježbe snage šest mjeseci prije početka studije. Ispitanici su nasumično podijeljeni u tri skupine s obzirom na suplemente koje su dobivali. Prvu skupinu činilo je 53 ispitanika koji su uzimali proteine graška. Druga skupina od 54 ispitanika konzumirala je proteine sirutke, dok je treća skupina, također od 54 ispitanika, uzimala placebo. Radilo se o dvostruko slijepoj studiji. Proizvodi koje su ispitanici uzimali bili su predstavljeni kao vrećice koje sadrže 45 g kakaovog praha s okusom banane koje je trebalo razrijediti u 300 mL vode. Proizvod za prvu skupinu je sadržavao 25 g NUTRALYS® proteinskog izolata graška, za drugu 25 g koncentrata proteina sirutke, a za treću placebo sastavljen od maltodekstrina bez proteina. Proteinski izolat graška sadrži 85% proteina, 7% masti i 3% ugljikohidrata. Pića su izgledala identično, imala su istu teksturu, okus i energetska vrijednost. Uzimale su se dvije dnevne doze: u danima treninga ujutro i neposredno nakon aktivnosti, a u danima odmora ujutro i popodne.

Ispitanici su 12 tjedana provodili trening otpora na mišićima fleksorima lakta (*m. biceps brachii*, *m. brachio radialis* i *m. brachialis*), a trenirali su tri puta tjedno. Pratili su se određeni parametri koji uključuju: mjerenje debljine mišića ultrasonografijom, opseg mišića te izokinetička sila mišića. Ova mjerenja provedena su na početku eksperimenta (D0), nakon 6 tjedana (D42) i na kraju eksperimenta, odnosno nakon 12 tjedana (D84), što je prikazano u Slici 1.



**Slika 1.** Promjene u debljini *m. biceps brachii* (mm) tijekom provođenja eksperimenta (Babault i sur., 2015)

Rezultati pokazuju da je došlo do značajnog povećanja debljine *m. biceps brachii* kod sve tri skupine ispitanika. Ako se usporedi efikasnost pojedinog suplementa među skupinama, kod

skupine koja je uzimala proteinske izolate graška došlo je do značajno većeg učinka na povećanje debljine mišića nego što je to slučaj sa skupinom koja je koristila placebo. Kod skupine koja je uzimala proteinske koncentrate sirutke također je postignuta veća mišićna debljina nego kod skupine s placebo, ali manja nego kod skupine koja je uzimala proteine graška. Ovakva prednost proteina graška pred proteinima sirutke je rezultat svojstava tih proteina. Iako se i grašak i sirutka brzo probavljaju, aminokiseline iz graška u krvnoj plazmi ostaju povišene dulje nego aminokiseline iz sirutke. Međutim, kada su se uspoređivali rezultati dobiveni mjerenjem mišićne snage kod skupine koja je uzimala proteine graška i skupine koja je uzimala proteine sirutke, utvrđeno je da nema značajne razlike u povećanju te snage među njima. Razlog za ovakvu sličnost u rezultatima bi mogao biti njihov aminokiselinski sastav. I grašak i sirutka sadrže razgranate aminokiseline (leucin, izoleucin i valin) koje su, kao što je već rečeno, direktno povezane s mišićnom sintezom. Detaljni sastav aminokiselina prikazan je u Tablici 5. Zaključak ovog istraživanja je da bi korištenje proteina graška kao dodatka prehrani nakon treninga snage moglo biti odlična alternativa proteinima sirutke, što je korisna informacija za osobe koje se hrane isključivo biljnom hranom ili za one koji jednostavno žele smanjiti konzumaciju namirnica životinjskog podrijetla.

**Tablica 5.** Aminokiselinski sastav (g) na 100 g proteina graška ili sirutke (USDA, 2005)

	Grašak	Sirutka
Alanin	3,3	4,1
Arginin	6,6	2,1
Asparaginska kiselina	8,9	8,7
Cistein	0,8	1,9
Glutaminska kiselina	13,2	13,9
Glicin	3,1	1,5
Histidin	1,9	1,5
Izoleucin	3,7	4,9
Leucin	6,4	8,6
Lizin	5,7	7,2
Metionin	0,8	1,6
Fenilalanin	4,2	2,6
Prolin	3,4	4,7
Serin	3,9	4,2
Treonin	2,8	5,7
Triptofan	0,7	1,5
Tirozin	3,1	2,8
Valin	4,0	4,6

Provedene su i brojne druge studije koje potvrđuju pretpostavku da bi grašak mogao biti dobar izvor proteina za osobe kojima je cilj povećanje mišićne mase. U dvostruko slijepoj studiji provedenoj na 92 neuvježbana muškarca koji nisu pretili u dobi 18-55 godina pratio se utjecaj proteina graška, proteina sirutke i vode na oštećenja mišića, upalu, odgođenu reakciju mišića na tjelesnu aktivnost te na samu izvedbu nakon ekscentričnih vježbi u trajanju od 90 minuta (Nieman i sur., 2020). Svaki ispitanik je dobivao tri dnevne doze svog suplementa koje su odgovarale mjeri od 0,3 g/kg tjelesne mase, što bi bilo 0,9 g/kg tjelesne mase na dan. Sadržaj leucina u oba suplementa zadovoljavao je dnevne potrebe za tom aminokiselinom koje se nalaze u rasponu 700-3000 mg. Ovaj eksperiment provodio se 5 dana uz pretpostavku da će suplementi proteina graška i sirutke imati povoljan utjecaj na oštećenje mišića. Rezultati su pokazali da je suplementacija proteinima sirutke dovela do značajnog smanjenja biomarkera oštećenja u usporedbi s vodom. Proteini graška su zauzeli središnje mjesto, ali nije došlo do značajne razlike kod učinka proteina graška i proteina sirutke. Ovdje je važno istaknuti kako unos proteina od 0,3 g/kg tjelesne mase po obroku potiče proces sinteze proteina mišića nekoliko puta u danu. Istraživanja su pokazala da nejednako raspoređen unos proteina kroz dan rezultira slabijom mišićnom sintezom u usporedbi s pravilno raspoređenim unosom kroz dan.

Studija iz 2018. godine je uspoređivala utjecaj proteina graška i sirutke na fiziološke adaptacije tijekom visokointenzivnog funkcionalnog treninga u trajanju od 8 tjedana (Banaszek i sur., 2019). Istraživanje je provedeno na 8 muškaraca i 7 žena koji su četiri puta tjedno prakticirali trening visokog intenziteta. Njih osmero je unosilo 24 g proteina sirutke, a njih sedmero 24 g proteina graška prije i nakon treninga, a u danima odmora uz obroke. U obje skupine je došlo do povećanja mišićne snage, ali nije bilo značajne razlike među njima. Gubitak masti bio je veći kod skupine koja je uzimala proteine graška, ali opet bez značajne razlike. Rezultati prikazani u Tablici 6 pokazuju brojčane podatke za ove parametre. S obzirom na to da su postignuti slični rezultati kod mjerenja mišićne snage, sastava tijela i tjelesnih adaptacija na trening, zaključak ove studije je da su proteini graška jednako učinkoviti kao i proteini sirutke. Iako se sirutka smatra kvalitetnijim izvorom proteina, prema različitim istraživanjima proteini graška su se pokazali kao dobra alternativa zbog odličnog aminokiselinskog sastava, a posebno razgranatih aminokiselina.

**Tablica 6.** Promjene u mišićnoj snazi i sastavu tijela nakon osmotjednog treninga visokog intenziteta (modificirano po Banaszek i sur., 2019)

Varijabla	Prije		Poslije	
	Sirutka	Grašak	Sirutka	Grašak
Čučanj 1RM* (kg)	107,7 ± 27,5	98,6 ± 43,5	111,7 ± 25,0	104,8 ± 42,5
Mrtvo dizanje 1RM* (kg)	135,4 ± 32,8	129,3 ± 43,3	142,5 ± 30,8	134,4 ± 46,7
Tjelesna masa (kg)	83,9 ± 18,9	78,4 ± 11,6	83,7 ± 18,5	77,8 ± 11,6
Masno tkivo (%)	22,0 ± 7,7	22,3 ± 6,4	22,1 ± 7,3	21,6 ± 6,6

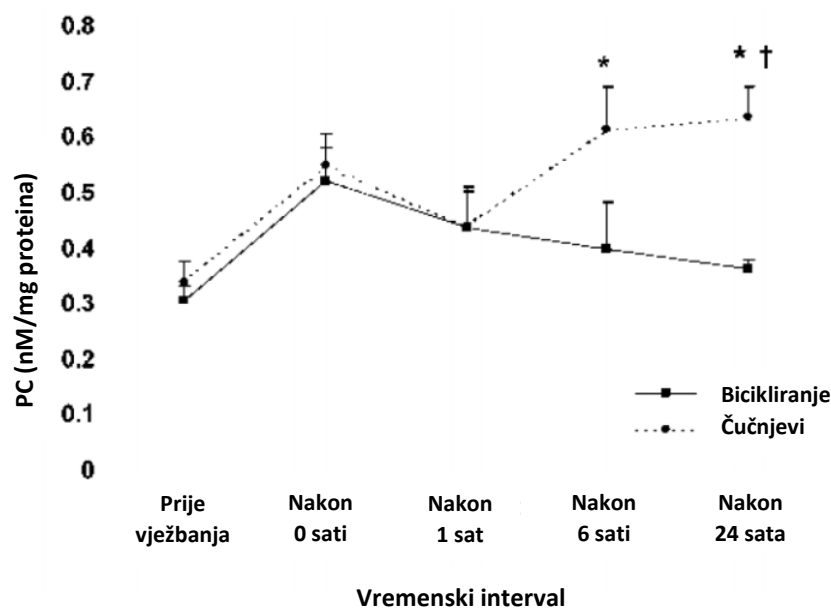
## 2.5. Biomarkeri oksidativnog stresa nakon anaerobnog i aerobnog treninga

Oksidativni stres je jedan od glavnih uzročnika oštećenja tkiva i staničnih struktura, a rezultat je nastanka velike količine slobodnih radikala. Slobodni radikali su kemijski nestabilne čestice koje u vanjskoj ljusci imaju jedan ili više nesporeni elektron. Nastaju homolitičkim cijepanjem kovalentne veze molekule, a zbog nesporenog elektrona vrlo su reaktivni. Imaju kratko vrijeme poluživota, a karakterizira ih niska specifičnost prema reaktantima. Kako bi sebe stabilizirali, drugoj stabilnoj molekuli oduzimaju elektron pri čemu ona postaje slobodni radikal. Tako molekule reagiraju s okolnim molekulama stvarajući nove slobodne radikale što rezultira oštećenjem staničnih komponenti. Nastaju iz reaktivnih kisikovih skupina koje uključuju superoksidni anion  $O_2^-$ , perhidroksilni radikal  $HOO\bullet$ , hidroksilni radikal  $OH\bullet$ , vodikov peroksid  $H_2O_2$ , hipokloritnu kiselinu  $HClO$  i atomarni kisik  $O\bullet$  te reaktivne dušikove skupine poput dušikovog (II) oksida  $NO$ , dušikovog (IV) oksida  $NO_2$ , nitrozilnog kationa  $NO^+$  i peroksinitrita  $ONOO\bullet$  (Parčetić-Kostelac i sur., 2016). Slobodni radikali su normalan produkt metabolizma, a nastaju tijekom procesa oksidativne fosforilacije u mitohondrijima. Djeluju na način da dovode do oksidacije proteina čime oni gube svoju funkciju, do oštećenja nukleinskih kiselina što dovodi do mutacija DNA i do lipidne peroksidacije stanične membrane, čime lipidi membrane prelaze u reaktivne aldehide. Lipidna peroksidacija i oksidacija proteina značajno pridonose nastanku oksidativnog stresa.

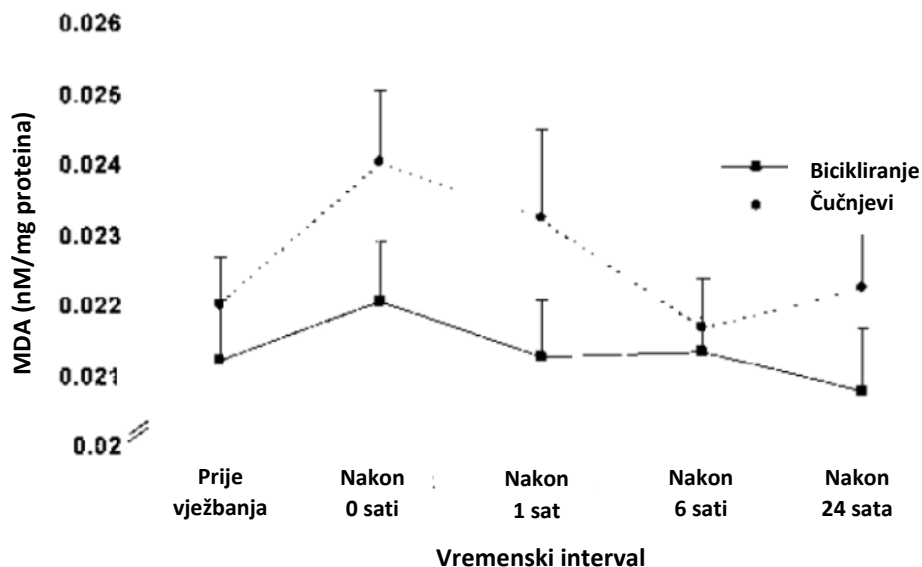
S druge strane, antioksidansi su tvari koje neutraliziraju slobodne radikale. U stanici se nalaze u malim količinama, a nastaju kao produkt metabolizma stanice ili se unose u organizam putem hrane ili dodataka prehrani. Njihovo djelovanje je višestruko: sprječavaju stvaranje slobodnih radikala, uklanjaju već postojeće radikale i popravljaju stanična oštećenja nastala njihovim djelovanjem. Organizam posjeduje vlastite enzimske sustave pomoću kojih se brani od slobodnih radikala. U takve enzime ubrajaju se katalaza, superoksid dismutaza i glutation-

peroksidaza koji manje aktivne kisikove radikale razgrađuju do neaktivnih oblika. Uz navedene enzime, glutathion-reduktaza i glutathion-oksidaža obnavljaju oštećenja na DNA i proteinima koja su nastala djelovanjem radikala (Parčetić-Kostelac i sur., 2016). Uz enzime, antioksidativno djelovanje mogu imati različite jednostavne i složene molekule. Ove molekule djeluju kao „čistači“ slobodnih radikala. Daju molekuli slobodnog radikala elektron koji joj nedostaje kako bi se stabilizirala. Osim toga, vežu katione nekih metala koji imaju prooksidativno djelovanje. U ovu skupinu antioksidansa spadaju vitamin A, vitamin C, vitamin E,  $\beta$ -karoten, mokraćna kiselina, bilirubin, reducirani i oksidirani glutathion, koenzim Q10, albumin, transferin, feritin, cink, selen, bakar, mangan i mnogi drugi (Parčetić-Kostelac i sur., 2016).

Različite studije su proučavale biomarkere oksidacijskog stresa kod vježbanja. U jednoj studiji (Bloomer i sur., 2005) pratio se utjecaj anaerobnog (čučnjevi) i aerobnog treninga (bicikliranje) na modifikacije proteina, DNA, lipida i glutathiona u krvi koje su uzrokovane oksidacijskim procesima. Ovi biomarkeri mjerili su se 24 sata nakon aktivnosti, a za obje aktivnosti koristile su se slične grupe mišića. Deset mladih utreniranih ispitanika u dobi od  $24 \pm 3,8$  godina je trebalo voziti bicikl 30 minuta pri 70%  $VO_{2max}$  i izvoditi čučnjeve s bučicama pri 70% repeticijskog maksimuma. Uzorci krvi uzimali su se prije vježbanja, odmah nakon vježbanja te 1, 6 i 24 sata nakon vježbanja, a pratile su se razine oksidacijskih biomarkera malondialdehida, proteinskih karbonila, ukupnog glutathiona te reduciranog i oksidiranog glutathiona u plazmi. Prije vježbanja i 24 sata nakon vježbanja mjerila se razina 8-hidroksi-2'-deoksigvanozina u serumu.

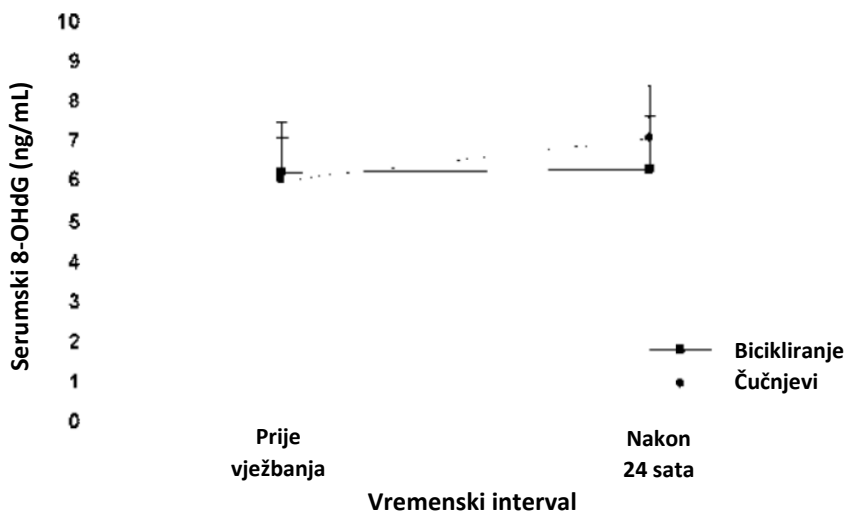


**Slika 2.** Ovisnost koncentracije proteinskih karbonila o načinu vježbanja (bicikliranje i čučnjevi) tijekom vremena (Bloomer i sur., 2005)



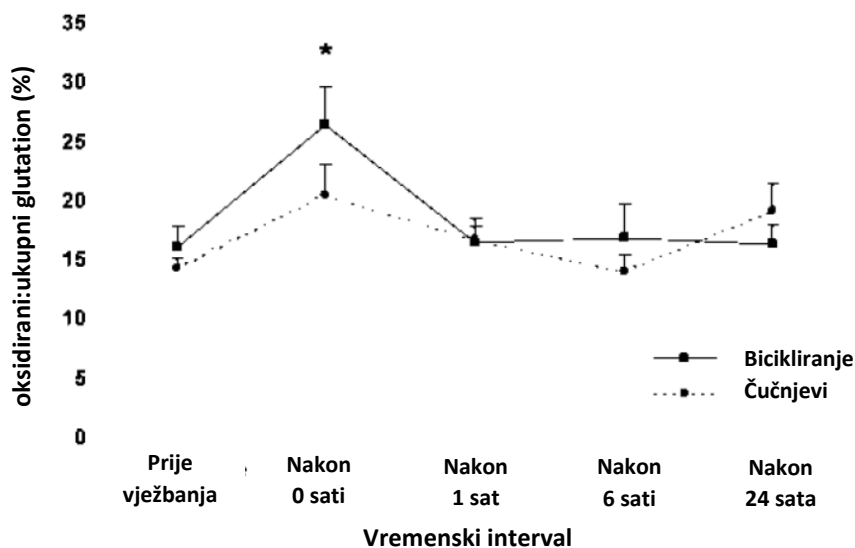
**Slika 3.** Ovisnost koncentracije malondialdehida o načinu vježbanja (bicikliranje i čučnjevi) tijekom vremena (Bloomer i sur., 2005)

Rezultati prikazani na Slici 2 pokazuju da je došlo do značajnog porasta koncentracije proteinskih karbonila u plazmi u periodu od 6 i 24 sata nakon izvođenja vježbi čučnjeva. Također, vrijednosti izmjerene 24 sata nakon vježbanja za čučanj bile su statistički veće nego za bicikliranje. Vrijednosti izmjerene za koncentraciju malondialdehida u plazmi nisu pokazale statistički značajan učinak, a prikazane su na Slici 3.



**Slika 4.** Ovisnost koncentracije 8-hidroksi-2'-deoksigvanozina o načinu vježbanja (bicikliranje i čučnjevi) tijekom vremena (Bloomer i sur., 2005)

Prema Slici 4 vidljivo je da nema značajnog učinka vježbanja na razinu serumskog 8-hidroksi-2'-deoksigvanozina, ali učinak vremena se približio statističkoj značajnosti.



**Slika 5.** Ovisnost postotka ukupnog glutationa o načinu vježbanja (bicikliranje i čučnjevi) tijekom vremena (Bloomer i sur., 2005)

Što se tiče statusa glutationa, nije bilo značajnog učinka vježbanja tijekom vremena na razinu reduciranog glutationa. Način vježbanja nije imao značajan utjecaj ni na razinu oksidiranog glutationa, ali vrijeme vježbanja jest. Prema Slici 5 vidljivo je, posebno kod bicikliranja, da je razina oksidiranog glutationa značajno porasla odmah nakon vježbanja.

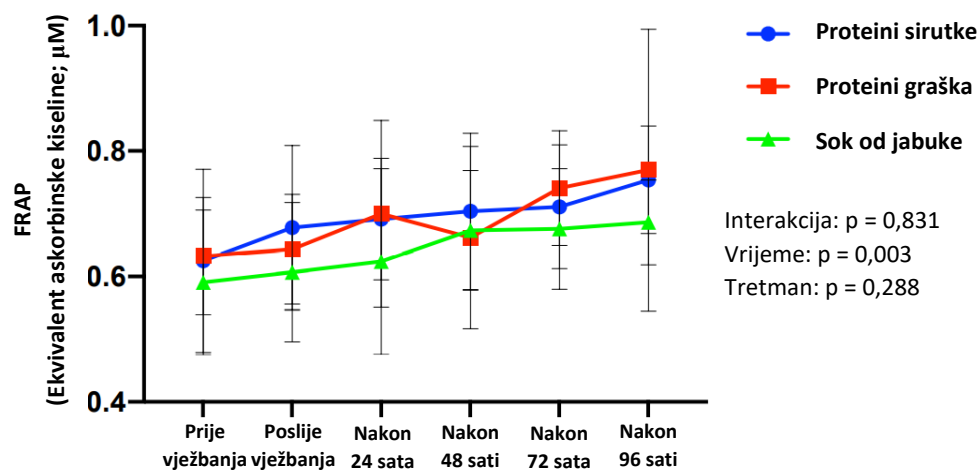
U ovom istraživanju utvrđeno je da anaerobni i aerobni trening utječu na povećanje oksidacijskog stresa. Oksidacija proteina, mjerena preko koncentracije proteinskih karbonila, bila je 1,8 puta veća 24 sata nakon vježbanja kod anaerobnog treninga u usporedbi s aerobnim. Odmah nakon aerobnog i anaerobnog vježbanja došlo je do statistički neznačajnog porasta koncentracije malondialdehida koji je pokazatelj lipidne peroksidacije. Oksidacija DNA na bazi 8-hidroksi-2'-deoksigvanozina je 24 sata nakon anaerobnog treninga blago porasla, ali nije dostigla statističku značajnost. Oksidacija glutationa je odmah nakon aerobnog treninga značajno porasla, dok se razina reduciranog glutationa smanjila.

### 2.5.1. Oksidativni stres i proteini graška

Kontinuirana anaerobna tjelesna aktivnost utječe na porast koncentracije reaktivnih kisikovih skupina, a postojeće količine antioksidansa u tijelu nisu dovoljne kako bi se spriječio nastanak oksidacijskog stresa koji dovodi do mutacija u stanicama te oštećenja tkiva i imunskog sustava. Kako bi se smanjila oštećenja uzrokovana ovim procesima, potrebno je unositi dodatne antioksidanse putem prehrambenih izvora. Potencijalni izvori antioksidansa mogli bi biti proteini zbog svog anaboličkog učinka na mišiće. U studiji provedenoj na 32 zdrava muškarca u dobi 18-55 godina, s ITM nižim od 30, ispitivao se utjecaj proteina graška i sirutke na biomarkere oksidativnog stresa nakon ekscentričnog vježbanja (Leicht, 2019). Ispitanici su

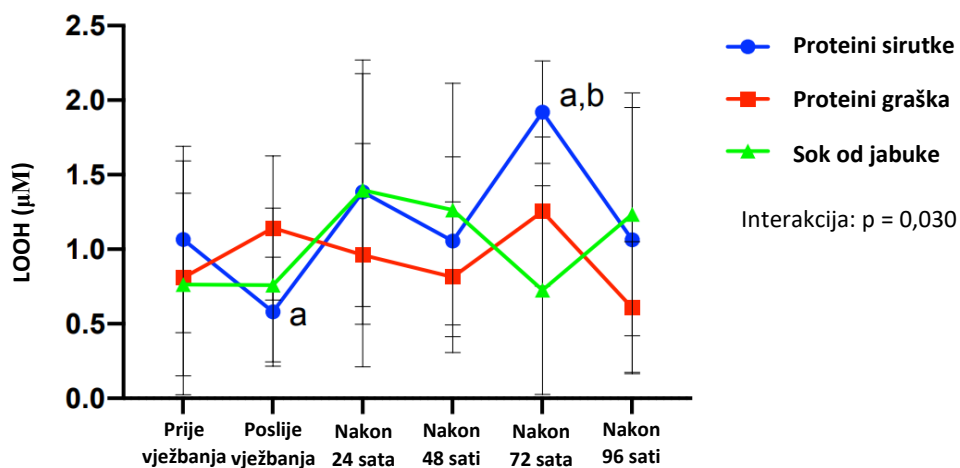


prije eksperimenta obavljali trening otpora manje od 3 puta tjedno što znači da nisu bili utrenirani. Podijeljeni su u tri grupe: prva grupa od 11 ispitanika je dobivala suplemente proteina sirutke, druga grupa od također 11 ispitanika proteine graška, a treća (kontrolna) grupa izokalorični sok od jabuke. Suplementi su se uzimali u dvije doze od 0,3 g/kg tjelesne mase, prva neposredno prije, a druga neposredno nakon treninga. Ispitanici su bili izloženi ekscentričnom vježbanju u trajanju od 90 minuta, a uzorci krvi, potrebni za određivanje biomarkera oksidativnog stresa, uzimali su se prije treninga, neposredno nakon treninga te 24, 48, 72 i 96 sati nakon treninga. Mjerila su se dva parametra. Prvo, antioksidacijski kapacitet se određivao pomoću FRAP metode, odnosno mjerila se sposobnost plazme da reducira željezni (III) kation do željeznog (II) kationa. Drugo, oksidacijski stres se pratio preko peroksidacije lipida. Lipidni hidroperoksidi (LOOH), nastali kao produkt metabolizma, mjerili su se feritiocijanatnom metodom – reakcijom sa željeznim (II) kationom. Rezultati su prikazani na Slici 6 i 7.



**Slika 6.** Antioksidacijski kapacitet (FRAP) prije i nakon ekscentričnog treninga (Leicht, 2019)

Iz grafičkog prikaza vidljivo je da postoji statistički značajan utjecaj vremena na dobivene rezultate jer su se izmjerene vrijednosti povećavale tijekom vremena. Koncentracije izmjerene prije početka vježbanja su nakon 96 sati značajno porasle. No, rezultati pokazuju da nema značajne razlike u antioksidacijskom kapacitetu kada su se uspoređivali proteini graška i sirutke. Kod soka od jabuke zabilježen je nešto blaži porast u antioksidacijskom kapacitetu u usporedbi s ova dva izvora proteina.



**Slika 7.** Lipidni hidroperoksidi prije i nakon ekscentričnog treninga (Leicht, 2019)

Promatrajući ovaj parametar, vidljivo je da postoji značajan utjecaj vremena na koncentraciju lipidnih hidroperoksida te da je došlo do značajnih, ali varijabilnih promjena u lipidnoj peroksidaciji tijekom 5 dana trajanja eksperimenta. Možemo uočiti da je porast koncentracije lipidnih hidroperoksida prije i neposredno nakon vježbanja statistički značajniji za proteine graška nego za proteine sirutke, dok za sok od jabuke nije bilo značajnih promjena u tom periodu. Promjene u koncentraciji lipidnih hidroperoksida prije vježbanja i 72 sata nakon su bile znatno veće kod grupe koja je uzimala proteine sirutke nego kod ostale dvije grupe. Između grupe koja je uzimala proteine graška i one koja je uzimala sok od jabuke, nije bilo statistički značajne razlike.

Ovo istraživanje je pokazalo da su proteini graška jednako učinkoviti kao proteini sirutke kod smanjenja biomarkera oksidativnog stresa i da proteini graška, kao i proteini sirutke, imaju povoljan učinak na porast antioksidacijskog kapaciteta nakon tjelesne aktivnosti. No, potrebna su daljnja istraživanja koja bi potvrdila ili opovrgnula ovakav učinak proteina na biomarkere oksidativnog stresa. Vjeruje se da aminokiselina cistein posjeduje antioksidativna svojstva zbog svoje sposobnosti da iz svoje tiolne skupine daruje vodik (Elias i sur., 2005). Isto tako, vjeruje se da metionin posjeduje slična antioksidacijska svojstva. Iako su proteini graška siromašniji esencijalnim aminokiselinama od proteina sirutke, posebno metioninom i cisteinom, pretpostavlja se kako grašak sadrži dovoljne količine tih aminokiselina kako bi se povećao antioksidacijski kapacitet i postigao anabolički učinak na mišiće (Leicht, 2019).

## 2.6. Nutrijenti i antinutrijenti u grašku

Osim što sadrži proteine, grašak je dobar izvor i drugih važnih nutrijenata. Bogat je škrobom, vlaknima, i vitaminima B skupine (Dahl i sur., 2011). Što se tiče mineralnih tvari, sadrži najviše kalija, zatim fosfora, magnezija i kalcija, dok željeza, selenija, cinka, molibdena, mangana,

bakra i bora ima u tragovima (Gawalko i sur., 2009). Škrob i vlakna su najzastupljenije komponente sjemenke graška. Sadržaj škroba iznosi 46%, a vlakana 20% (Tzitzikas i sur., 2006), zahvaljujući tome grašak ima nizak glikemijski indeks pa je pogodan za prevenciju i liječenje dijabetesa tipa 2 (Trinidad i sur., 2010). Osim toga, vlakna mogu smanjiti razinu kolesterola u krvi smanjenjem reapsorpcije žučnih kiselina (Chen i sur., 1984). Također, grašak je bogat rafinozom i ostalim oligosaharidima koji sadrže galaktozu ( $\alpha$ -galaktozidi) te imaju prebiotičke učinke u debelom crijevu (Fernando i sur., 2010), stoga mogu imati preventivan učinak na rak debelog crijeva i druge bolesti crijeva. Dovode do poboljšanog metabolizma ugljikohidrata i lipida jer fruktooligosaharidi iz graška uzrokuju supresiju jetrenih triglicerida (Guillon i sur., 2002; Veenstra i sur., 2010). Grašak je i dobar izvor pojedinih fitokemikalija kao što su fenolni spojevi poput tanina, fenolnih kiselina i flavonoida. Ovi spojevi mogu imati pozitivne učinke zbog svog antioksidativnog djelovanja (Campos-Vega i sur., 2010). Bogat je saponinima i fitatima koji mogu imati hipokolesterolemijska i antikancerogena svojstva (Campos-Vega i sur., 2010). Grašak je nutritivno bogata namirnica čije komponente mogu imati različite blagotvorne učinke na ljudsko zdravlje, od kojih mnoštvo njih tek treba istražiti.

Iako proteini graška imaju pozitivan učinak na mišićnu sintezu, ako se nalaze u grašku, odnosno nisu izolirani, matriks u kojem se ti proteini nalaze mogao bi smanjiti njihovu probavljivost i ometati apsorpciju u crijevima. Komponente hrane koje ometaju metabolizam esencijalnih nutrijenata nazivaju se antinutrijenti, a dijele se na one koji remete metabolizam proteina (tip A), minerala (tip B) i antivitamini (tip C) (Berdanier i sur., 2001). Grašak sadrži različite antinutrijente poput inhibitora proteaza, lektina, tanina, saponina,  $\alpha$ -galaktozida, fitinske kiseline i njezinih soli (FDA, 2019). Antinutrijenti mogu vezati proteine graška pa oni neapsorbirani samo prođu kroz probavni trakt i na taj im se način smanjuje bioraspoloživost. Osim toga, inhibitori tripsina, koji se prirodno nalaze u grašku, onemogućuju proteolitičko cijepanje vicilina i konvicilina – proteina prirodno prisutnih u grašku. Inhibitori tripsina i kimotripsina stvaraju komplekse s ovim enzimima u ljudskom organizmu i na taj način onemogućuju probavu proteina. Fitinska kiselina i fitati ometaju apsorpciju nekih mikronutrijenata poput kalcija, željeza, cinka i vitamina B<sub>3</sub> stvarajući s njima kelatne spojeve. Tanini, pretežito galotanini i proantocijanidini, mogu stvarati komplekse s probavnim enzimima i metalnim kofaktorima i na taj način smanjiti probavljivost. Stahioza, rafinoza i verbaskoza su ugljikohidrati koji čine  $\alpha$ -galaktozide graška. S obzirom na to da ljudski organizam ne posjeduje enzim  $\alpha$ -galaktozidazu, nije u mogućnosti cijepati ove spojeve pa ih razgrađuju bakterije debelog crijeva, pritom stvarajući plinove koji uzrokuju nadutost. Saponini mogu potencijalno uzrokovati lokalne toksične učinke, ali se ne apsorbiraju značajno u crijevima. Lektini su proteini koji se vežu na epitelne stanice crijeva i pritom ih oštećuju smanjujući apsorptivnu

površinu crijeva. Tako smanjuju aktivnost enzima koji se nalaze na četkastoj prevlaci. Ovi antinutrijenti nisu opasni u količinama koje se nalaze u grašku, no postaju toksični ako dospiju u proteinske izolate jer se tamo mogu nalaziti u puno većim koncentracijama. Ipak, proteinski izolati ne sadrže toksične razine antinutrijenata jer se za njihovu proizvodnju pazi na odabir sorte. Osim toga, za njihovo uklanjanje potrebna je posebna kemijska i fizikalna obrada koja uključuje namakanje, termički tretman, zračenje i frakcioniranje proteina. Kombinacija odabira sorti i hidrotermalna obrada proteina graška pokazala se najučinkovitijom u snižavanju najvažnijih antinutrijenata.

Neke od spomenutih komponenti imaju dvojake učinke. S jedne strane,  $\alpha$ -galaktozidi imaju prebiotičko djelovanje, dok s druge mogu uzrokovati nadutost stvaranjem plinova u crijevima. Kelirajuća sposobnost fitata potpomaže uklanjanje štetnih spojeva i kolesterola, ali s druge strane može dovesti do malapsorpcije nekih mineralnih tvari. Saponini također mogu djelovati antikancerogeno, ali i toksično ako se nađu u većim količinama. Tanini imaju antioksidativno djelovanje, ali i sposobnost kompleksiranja s probavnim enzimima. Nije jednostavno postaviti granicu između nutrijenata i antinutrijenata, no komponente koje se nalaze u grašku ne predstavljaju opasnost za čovjekovo zdravlje. Kod proteinskih izolata potrebno je posvetiti više pozornosti ovim spojevima.

**Tablica 7.** Antinutrijenti koji se nalaze u zrnu graška (modificirano po Savage, 1989)

	Cjelovito zrno – sirovo	Cjelovito zrno – kuhano
Hemaglutinini (U/g)	5100-15060	-
Inhibitori tripsina (U/g)	150-10800	-
Inhibitori kemotripsina (U/g)	740-10240	-
Inhibitori amilaze (U/g)	14-80	-
Oksalati (g/kg)	6,67	-
Fitinska kiselina (g/kg)	2,22-8,19	1,39-1,52
Tanini (g/kg)	0,2-13,0	-
Fenolna kiselina (mg/kg)	13-27	-

Iz Tablice 7 vidljivo je da se termičkom obradom, odnosno kuhanjem sadržaj antinutrijenata značajno smanjio, što znači da se vjerojatnost toksičnog učinka dodatno smanjila. Ovi podatci pokazuju da je nakon kuhanja u grašku ostala mjerljiva količina samo fitinske kiseline.

## 2.7. Komplementiranje hrane

Kao što je već spomenuto, grašak i ostale mahunarke su manjkave na aminokiselinama bogatim sumporom, ali zato sadrže dovoljne količine lizina. S druge strane, žitarice sadrže

dovoljne količine metionina i cisteina pa bi kombinacija ovih namirnica zadovoljila potrebe za sve tri aminokiseline. Sljedećih nekoliko primjera pokazuje kako zadovoljiti potrebe za nekim esencijalnim aminokiselinama. Dobru kombinaciju čine grašak i kruh, grah i riža, leća i riža te slanutak i sezam (Štalić i sur., 2016). Komplementiranje proteina je koncept koji omogućava osobama koje se pretežito hrane namirnicama biljnog podrijetla adekvatan unos svih esencijalnih aminokiselina u jednom danu. Nije potrebno da se u svakom obroku zadovolje potrebe za svim esencijalnim aminokiselinama, već je dovoljno njihov unos rasporediti tijekom dana.

### 3. ZAKLJUČAK

Mišićna sinteza i razgradnja regulirane su treningom i prehranom, odnosno i jedan i drugi faktor imaju anabolički učinak, a najpoželjniji rezultati postižu se njihovom kombinacijom. Prehrana se može promatrati na više načina, ali u kontekstu mišićne sinteze, od posebne je važnosti unos proteina. Kod anaerobnih aktivnosti potrebno je definirati količinu i izvore proteina te vrijeme konzumacije u odnosu na trening. Fokus ovog rada bio je na procjeni kvalitete proteina graška kao potencijalnog izvora proteina za mišićnu sintezu.

Biljni proteini bi poput životinjskih mogli biti dobra alternativa, posebno ako se koriste u obliku izolata. Većina studija pokazala je da su proteini graška jednako dobri izvori za mišićnu sintezu, povećanje mišićne jakosti te debljine mišića kao i životinjski proteini, a to se posebno veže uz visok sadržaj razgranatih aminokiselina (leucina, izoleucina i valina) u grašku. Osim na mišićnu sintezu, grašak je imao jednako povoljan utjecaj na oporavak od oksidativnog stresa uzrokovanog treningom, kao što su imali proteini sirutke. Antioksidativni kapacitet graška, koji je povezan sa sadržajem fitokemikalija, ima utjecaj na smanjenje oksidativnog stresa izazvanog vježbanjem. Grašak je dobar izvor različitih vitamina i minerala, stoga bi bilo poželjno uključiti ga u prehranu. Sadržaj antinutrijenata nije visok, a većina ih se izgubi termičkom obradom pa je siguran za konzumaciju. Osim toga, može imati i pozitivne učinke poput prebiotičkog i antikancerogenog djelovanja.

Proteinski izolati graška su sigurni za upotrebu, a zbog visoke koncentracije proteina nije primijećen deficit esencijalnih aminokiselina koje sadrže sumpor. Ipak, kada se radi o grašku kao namirnici, potrebe za ovim aminokiselinama se teško mogu zadovoljiti samo njime. Potrebno ih je nadomjestiti nekim drugim biljnim izvorom, kao što su žitarice. Iz svega ovoga, može se zaključiti kako su proteini graška dobra zamjena za proteine sirutke te da postoji odlično rješenje za sportaše vegetarijance i osobe s intolerancijom na laktozu.

#### 4. POPIS LITERATURE

1. Babault N., Paizis C., Deley G., Guérin-Deremaux L., Saniez M. H., Lefranc-Millot C., Allaert F. A. (2015) Pea proteins oral supplementation promotes muscle thickness gains during resistance training: a double-blind, randomized, Placebo-controlled clinical trial vs. Whey protein. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* **12**: 3.
2. Banaszek A., Townsend J. R., Bender D., Vantrease W. C., Marshall A. C., Johnson K. D. (2019) The Effects of Whey vs. Pea Protein on Physical Adaptations Following 8-Weeks of High-Intensity Functional Training (HIIFT): A Pilot Study. *Sports* **7**: 12.
3. Berdanier C. D., Feldman E. B., Flatt W. P., St. Jeor S. T. (2001) *Handbook of Nutrition and Food*, CRC Press, str. 25 – 28.
4. Berner L. A., Becker G., Wise M., Doi J. (2013) Characterization of dietary protein among older adults in the United States: Amount, animal sources, and meal patterns. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics* **113**: 809 – 815.
5. Berrazaga I., Micard V., Gueugneau M., Walrand S. (2019) The role of the anabolic properties of plant-versus animal-based protein sources in supporting muscle mass maintenance: A critical review. *Nutrients* **11**: 1825.
6. Bloomer R. J., Goldfarb A. H., Wideman L., McKenzie M. J., Consitt L. A. (2005) Effects of acute aerobic and anaerobic exercise on blood markers of oxidative stress. *Journal of Strength and Conditioning Research* **19**: 276 – 285.
7. Campos-Vega R., Loarca-Pina G., Oomah B. D. (2010) Minor components of pulses and their potential impact on human health. *Food Research International* **43**: 461 – 482.
8. Chen W. J. L., Anderson J. W., Jenkins D. J. A. (1984) Propionate may mediate the hypocholesterolemic effects of certain soluble plant fibers in cholesterol-fed rats. *Society for Experimental Biology and Medicine* **175**: 215 – 218.
9. Dahl W. J., Ford A. L. (2017) Protein and the older adult, <<https://edis.ifas.ufl.edu/publication/FS290>> Pristupljeno 7. srpnja 2021.
10. Dahl W. J., Foster L. M., Tyler R. T. (2012) Review of the health benefits of peas (*Pisum sativum* L.). *The British Journal of Nutrition* **108**: 3 – 10.
11. Deutz N. E., Bauer J. M., Barazzoni R., Biolo G., Boirie Y., Bosy-Westphal A., Cederholm T., Cruz-Jentoft A., Krznarić Z., Nair K. S., Singer P., Teta D., Tipton K., Calder P. C. (2014) Protein intake and exercise for optimal muscle function with aging: recommendations from the ESPEN Expert Group. *Clinical nutrition* **33**: 929 – 936.

12. Falvo M. J., Hoffman J. R. (2004) Protein - Which is Best?. *Journal Of Sports Science and Medicine* **3**: 118 – 130.
13. FDA (2019) Generally Recognized as Safe Notice No. 851. FDA – Food and Drug Administration, <<https://www.fda.gov/food/generally-recognized-safe-gras/gras-notice-inventory>> Pristupljeno 4. srpnja 2021.
14. Fernando W. M. U., Hill J. E., Zello G. A., Tyler, R. T., Dahl W. J., Van Kessel A. G. (2010) Diets supplemented with chickpea or its main oligosaccharide component raffinose modify fecal microbial composition in healthy adults. *Beneficial Microbes* **1**: 197 – 207.
15. Gawalko E., Garrett R.G., Warkentin T., Wang N., Richter A. (2009) Trace elements in Canadian field peas: a grain safety assurance perspective. *Food Additives and Contaminants* **26**: 1002 – 1012.
16. Guillon F., Champ M. M. (2002) Carbohydrate fractions of legumes: uses in human nutrition and potential for health. *The British Journal of Nutrition* **88**: 293 – 306.
17. Hevia-Larraín V., Gualano B., Longobardi I., Gil S., Fernandes A. L., Costa L., Pereira R., Artioli G. G., Phillips S. M., Roschel H. (2021) High-Protein Plant-Based Diet Versus a Protein-Matched Omnivorous Diet to Support Resistance Training Adaptations: A Comparison Between Habitual Vegans and Omnivores. *Sports Medicine* **51**: 1317 – 1330.
18. Hrvatska akademska i istraživačka mreža – CARNET, BIOLOGIJA 1 <<https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/b657b5d5-0970-476c-a890-83df2e8bb8a5/biologija-1/m02/j05/index.html>> Pristupljeno 26. lipnja 2021.
19. Jäger R., Kerksick C. M., Campbell B. I., Cribb P. J., Wells S. D., Skwiat T. M., Purpura M., Ziegenfuss T. N., Ferrando A. A., Arent S. M., Smith-Ryan A. E., Stout J. R., Arciero P. J., Ormsbee M. J., Taylor L. W., Wilborn C. D., Kalman D. S., Kreider R. B., Willoughby D. S., Hoffman J. R., ... Antonio J. (2017). International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* **14**: 20.
20. Krajcovicova-Kudlackova M., Babinska K., Valachovicova M. (2005) Health benefits and risks of plant proteins. *Bratislavske lekarske listy* **106**: 231 – 234.
21. Leicht Z. (2019) Pea Protein vs. Whey Protein: Effects of Different Protein Sources on Measures of Oxidative Stress Following Eccentric Exercise, Appalachian State University.



22. Lim M. T., Pan B. J., Toh D. W. K., Sutanto C. N., Kim J. E. (2021) Animal Protein versus Plant Protein in Supporting Lean Mass and Muscle Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Nutrients* **13**: 661.
23. Lu Z. X., He J. F., Zhang Y. C., Bing D. J. (2020) Composition, physicochemical properties of pea protein and its application in functional foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **60**: 2593 – 2605.
24. Ministarstvo zdravstva Republike Hrvatske (2020). Prehrambeno – gerontološke norme/jelovnici u domovima za starije osobe i gerontološkim centrima, 165 – 273.
25. Moore D. R., Churchward-Venne T. A., Witard O., Breen L., Burd N. A., Tipton K. D., Phillips S. M. (2015). Protein ingestion to stimulate myofibrillar protein synthesis requires greater relative protein intakes in healthy older versus younger men. *The journals of gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences* **70**: 57 – 62.
26. Morton R. W., Murphy K. T., McKellar S. R., Schoenfeld B. J., Henselmans M., Helms E., Aragon A. A., Devries M. C., Banfield L., Krieger J. W., Phillips S. M. (2018). A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *British Journal of Sports Medicine* **52**: 376 – 384.
27. Padilla Colón C. J., Sanchez Collado P., Cuevas M. J. (2014) Beneficios del entrenamiento de fuerza para la prevención y tratamiento de la sarcopenia [Benefits of strength training for the prevention and treatment of sarcopenia]. *Nutricion hospitalaria* **29**: 979 – 988.
28. Parčetić-Kostelac I., Bešlo D., Šperanda M., Jović T., Đidara M., Kopačin T. i Jozinović A. (2016) Oksidacijski stres u uvjetima intenzivnog fizičkog napora u ljudi i životinja. *Stočarstvo* **70**: 71 - 92.
29. Pasiakos S. M., Howard E. E. (2021). High-Quality Supplemental Protein Enhances Acute Muscle Protein Synthesis and Long-Term Strength Adaptations to Resistance Training in Young and Old Adults. *The Journal of Nutrition* **151**: 1677 – 1679.
30. Rennie M. J., Bohé J., Smith K., Wackerhage H., Greenhaff P. (2006) Branched-chain amino acids as fuels and anabolic signals in human muscle. *The Journal of Nutrition* **136**: 264 – 268.
31. Savage G.P. (1989) Antinutritional Factors in Peas. U Huisman J., Van der Poel T. B. F. Liener I. E. (2004) Recent advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds, 1. izd., str. 342 – 350.

32. Šatalić Z., Sorić M., Mišigoj-Duraković M. (2016) Sportska prehrana, 2. izd., Znanje, str. 130 – 133.
33. Tipton K. D., Hamilton D. L., Gallagher I. J. (2018) Assessing the Role of Muscle Protein Breakdown in Response to Nutrition and Exercise in Humans. *Sports Medicine* **48**: 53 – 64.
34. Trinidad T. P., Mallillin A. C., Loyola A. S., Sagum R. S., Encabo R. R. (2010) The potential health benefits of legumes as a good source of dietary fibre. *The British Journal of Nutrition* **103**: 569 – 574.
35. Tzitzikas E. N., Vincken J.P., De Groot J., Gruppen, H., Visser R. G. (2006) Genetic variation in pea seed globulin composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **54**: 425 – 433.
36. USDA (2005) National Agricultural Library. USDA – United States Department of Agriculture, <<https://www.nal.usda.gov/fnic/protein-and-amino-acids>> Pristupljeno 20. lipnja 2021.
37. Veenstra J. M., Duncan A. M., Cryne C. N., Deschambault B. R., Boye J.I., Benali M., Marcotte M., Tosh S. M., Farnworth E. R., Wright A. J. (2010) Effect of pulse consumption on perceived flatulence and gastrointestinal function in healthy males. *Food Research International* **43**: 553 – 559.



## Izjava o izvornosti

Izjavljujem da je ovaj završni rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.

Katerina Ivona Odak

ime i prezime studenta