Određivanje glikemijskog indeksa energetskih pripravaka namijenjenih konzumaciji prije i tijekom fizičke aktivnosti

Resiga, Nives

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:443894

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

REPOZITORIJ PTFOS PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK dabar DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Food Technology Osijek

zir.nsk.hr

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

dabar DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

Nives Resiga

ODREĐIVANJE GLIKEMIJSKOG INDEKSA ENERGETSKIH PRIPRAVAKA NAMIJENJENIH KONZUMACIJI PRIJE I TIJEKOM FIZIČKE AKTIVNOSTI

DIPLOMSKI RAD

Osijek, svibanj, 2016.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek
Zavod za ispitivanje hrane i prehrane
Katedra za prehranu
Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Hrvatska

Diplomski sveučilišni studij znanost o hrani i nutricionizam

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Nutricionizam
Nastavni predmet: Dijetoterapija
Tema rada je prihvaćena na XI. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2014./2015. održanoj 28. rujna 2015.
Mentor: doc. dr. sc. *Ines Banjari*

ODREĐIVANJE GLIKEMIJSKOG INDEKSA ENERGETSKIH PRIPRAVAKA NAMIJENJENIH KONZUMACIJI PRIJE I TIJEKOM FIZIČKE AKTIVNOSTI

Nives Resiga, 266-DI

Sažetak: Glikemijski indeks (GI) je pokazatelj koliko određena količina i vrsta ugljikohidrata može utjecati na brzinu promjene koncentracije glukoze u krvi, a povezuje se s brojnim zdravstvenim aspektima. Za postizanje maksimalne sportske izvedbe osim općih principa, prehrana treba zadovoljiti potrebe treninga. Istraživanjima je utvrđeno kako konzumacija ugljikohidrata sa različitim GI prije, tijekom i nakon treninga utječe na sportsku izvedbu, a preferira se hrana visokog GI. Provedeno je određivanje GI dva komercijalno dostupna energetska pripravka namijenjena konzumaciji prije i za vrijeme treninga (gel i žele) i meda prema metodi ISO 26 642:2010. Najlošiju prihvatljivost (utvrđenu hedonističkom skalom) imao je gel (srednja ocjena 3,1). Glikemija promatrana kroz površinu ispod krivulje (iAUC ± SE) pokazuje statistički značajno najnižu iAUC za med 81,0 ± 8,6 dok je statistički značajno najvišu iAUC imao žele 149,2 ± 16,2 (p=0,002 u usporedbi s medom; p=0,032 u usporedbi s kontrolom). Statistički značajna razlika (p=0,008) je utvrđena između GI meda (89,6 ± 37,1) i GI želea (162,1 ± 60,9), dok u odnosu na GI gela (124,1 ± 61,5) nije utvrđena statistički značajna razlika. Rezultati pokazuju kako se med obzirom na GI može smatrati dobrom alternativom energetskim pripravcima namijenjenim sportskoj izvedbi.

Ključne riječi: glikemijski indeks, sportska izvedba, energetski pripravci, med

Rad sadrži: 54 stranice
17 slika
10 tablica
4 priloga
49 literaturnih referenci

Jezik izvornika: hrvatski

Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada i diplomskog ispita:

1.	izv. prof. dr. sc. *Ivica Strelec*	predsjednik
2.	doc. dr. sc. *Ines Banjari*	član-mentor
3.	prof. dr. sc. *Daniela Čačić Kenjerić*	član
4.	prof. dr. sc. *Tomislav Klapec*	zamjena člana

Datum obrane: 3. svibnja 2016.

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

University Josip Juraj Strossmayer in Osijek
Faculty of Food Technology Osijek
Department of Food and Nutrition Research
Subdepartment of Nutrition
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia

Graduate program Food and Nutrition Research

Scientific area: Biotechnical sciences
Scientific field: Nutrition
Course title: Diet therapy
Thesis subject was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no. XI held on September 28, 2015.
Mentor: *Ines Banjari*, PhD, prof.

DETERMINATION OF THE GLYCAEMIC INDEX OF ENERGY PREPARATIONS FORMULATED FOR THE CONSUMPTION BEFORE AND DURING PHYSICAL ACTIVITY

Nives Resiga, 266-DI

Summary: Glycaemic index (GI) indicates the rate of blood glucose change after ingestion of a certain amount and type of carbohydrate. Consumption of carbohydrates with different GI before, during and after training affects athletic performance, and the consumption of high GI food is preferred. A controlled clinical trial according to the method ISO 26642: 2010 was conducted. Two commercially available energy preparations formulated for the consumption before and during training (gel and jelly) and honey were analysed. The lowest acceptability (determined by hedonic scale) had the gel (mean score 3.1). Glycaemia observed through the area under the blood glucose curve (iAUC ± SE) was significantly the lowest iAUC for honey 81.0 ± 8.6, while jelly had the highest iAUC 149.2 ± 16.2 ($p = 0.002$ compared with honey; $p = 0.032$ compared with the control). A statistically significant difference ($p = 0.008$) was found between honey GI (89.6 ± 37.1) and jelly GI (162.1 ± 60.9), while no statistical difference was found for gel GI (124.1 ± 61.5). The results show that according to its GI, honey can be considered as a good alternative to energy preparations formulated for sport performance.

Key words: glycaemic index, sport performance, energy preparations, honey

Thesis contains:
54 pages
17 figures
10 tables
4 supplements
49 references

Original in: Croatian

Defense committee:

1. *Ivica Strelec*, PhD, associate prof. — chair person
2. *Ines Banjari*, PhD, assistant prof. — supervisor
3. *Daniela Čačić Kenjerić*, PhD, full prof. — member
4. *Tomislav Klapec*, PhD, full prof. — stand-in

Defense date: May 3, 2016.

Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in Library of the Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. sc. Ines Banjari na cjelokupnom vremenu koje mi je posvetila prilikom izrade diplomskog rada. Hvala na svim podijeljenim savjetima i strpljenju utkanom u ovaj rad, kao i na povjerenju ukazanim svojim mentorstvom. Bilo mi je zadovoljstvo surađivati s Vama.

Također se zahvaljujem ispitanicima koji su sudjelovali u istraživanju i bez kojih ovaj rad ne bi bilo moguće izraditi.

Najviše se zahvaljujem svojoj obitelji na njihovom razumijevanju i podršci.

Sadržaj

1. UVOD 1

2. TEORIJSKI DIO 3

2.1. ENERGETSKE POTREBE SPORTAŠA 4

2.2. PROCJENA TJELESNOG SASTAVA SPORTAŠA 7

2.3. METABOLIZAM GLUKOZE 8

2.3.1. Glikoliza 10

2.3.2. Glukoneogeneza 11

2.4. POVEZANOST GLIKEMIJSKOG INDEKSA I SPORTA 12

2.5. DEFINICIJA GLIKEMIJSKOG INDEKSA 13

2.5.1. Razlika između glikemijskog indeksa, glikemijskog odgovora i glikemijskog opterećenja 16

2.5.2. Praktična upotreba glikemijskog indeksa u označavanju hrane 19

2.6. POVEZANOST MEDA I GLIKEMIJSKOG INDEKSA 20

2.7. KONCEPT ENERGETSKIH PRIPRAVAKA 21

3. EKSPERIMENTALNI DIO 23

3.1. ZADATAK 24

3.2. MATERIJALI 24

3.2.1. Test hrana 24

3.2.2. Referentna hrana ili standard 26

3.3. APARATURA 28

3.4. METODA ISTRAŽIVANJA 31

3.4.1. Ispitanici 31

3.4.2. Protokol istraživanja 34

3.4.3. Statistička obrada podataka 35

4. REZULTATI I RASPRAVA 37

5. ZAKLJUČCI 47

6. LITERATURA 49

7. PRILOZI 55

Popis oznaka, kratica i simbola

ATP	Adenozin trifosfat
BIA	Bioelektrična impedancija
GI	Glikemijski indeks
GL	Glikemijsko opterećenje
GR	Glikemijski odgovor
GUK	Glukoza u krvi
iAUC	Ukupna površina ispod krivulje kao odgovor β-glukoze testirane hrane
iAUCS	Ukupna površina ispod krivulje kao odgovor β-glukoze standardne hrane
ISO	Međunarodna organizacija za normizaciju
ITM	Indeks tjelesne mase
NADH	Nikotinamid adenin dinukleotid
NGI	Niski glikemijski indeks
SD	Standardna devijacija
SE	Standardna greška
VGI	Visoki glikemijski indeks

1. UVOD

Nizom istraživanja provedenih u ranim osamdesetim godinama 20. stoljeća utvrđeno je kako konzumiranje ugljikohidrata može poboljšati kapacitet vježbanja tijekom dugotrajnih treninga i natjecanja. Kako bi se postigao maksimalan učinak izdržljivosti bilo je potrebno odrediti optimalnu količinu, vrstu i pravo vrijeme konzumiranja ugljikohidrata (Donaldson i sur., 2010.).

Koncept glikemijskog indeksa (eng. Glycaemic index, GI) razvijen je prije tridesetak godina (Jenkins i sur., 1981.) u svrhu prepoznavanja fizioloških dimenzija kvalitete ugljikohidrata te njihove podjele. Sve do ranih devedesetih godina 20. stoljeća nije prepoznata važnost GI u optimizaciji sportske izvedbe. Zbog oporavka i poboljšanja učinka izdržljivosti danas je općenito prihvaćena činjenica kako je potrebno konzumirati ugljikohidrate prije, tijekom i nakon vježbanja, no uloga hrane s visokim glikemijskim indeksom (VGI) odnosno hrane s niskim glikemijskim indeksom (NGI) u prehrani sportaša još je uvijek u fazi rasprave (Donaldson i sur., 2010.). Obzirom da je GI još uvijek predmet rasprave potrebni su vodiči u pogledu prerade hrane, prehrambenih preporuka, ciljane populacije i načina korištenja koncepta GI preko zdravstvenih stručnjaka i stručnjaka u sektoru obrazovanja (Danone/FAO, 2001.).

Na GI hrane mogu utjecati kemijska i fizikalna svojstva hrane, uz mogućnost velike individualne varijabilnosti prema glikemijskom odgovoru (Foster-Powell i sur., 2002.), a istraživanja pokazuju povezanost između GI, spola i načina vježbanja. Nekoliko istraživanja pokazalo je razlike u GI kod muških sportaša u odnosu na muške osobe koje žive sjedilačkim načinom života. Međutim, kod osoba ženskog spola nisu pronađene takve razlike (Mettler i sur., 2006.; Mettler i sur., 2007.). Uz pretpostavku da GI ugljikohidrata utječe na brzinu kojom ugljikohidrati izazivaju odgovor glukoze u krvi, vjerojatno je da će uzimanje ugljikohidrata sa različitim GI indeksom prije, tijekom i nakon treninga utjecati na sportsku izvedbu. Međutim, iako su istraživanja o utjecaju GI na sportsku izvedbu prvi put provedena prije više od dvadeset godina, još uvijek postoji veliki broj nepoznanica oko unosa ugljikohidrata iz hrane VGI i NGI te njihovog utjecaja na poboljšanje izvedbe sportaša (Donaldson i sur., 2010.).

Provedeno je određivanje GI prema metodi ISO 26 642:2010 za dva komercijalno dostupna energetska pripravka (gel i žele), te bagremov med. Cilj je bio usporediti komercijalno dostupne energetske pripravke s medom te utvrditi njihov potencijal za poboljšanje sportske izvedbe.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. ENERGETSKE POTREBE SPORTAŠA

Prehrana je vrlo važan čimbenik, bez obzira da li se radi o vrhunskim sportašima ili rekreativcima, koji utječe na uspješnost treninga ili natjecanja. Kombinacija genetskog potencijala, individualnih želja, pravilnog treninga te razumnog i kvalitetnog pristupa prehrani važna je za uspješnu izvedbu sportaša. Sportaši su spremni isprobati gotovo svaki način prehrane ili dodatke prehrani kako bi povećali svoju konkurentnost što ponekad uključuje i nedopuštena sredstva u nadi postizanja novih razina tjelesnih mogućnosti. Provedena istraživanja pokazuju višestruke koristi edukacije sportaša o prehrani pri čemu im pomažu nutricionisti. Edukacijom se povećava znanje sportaša, osobna sportska izvedba te općenito ukupne pozitivne promjene u prehrani. Kao najčešći izvori informacija za sportaše u vezi prehrane su internet i zdravstveni djelatnici. Ipak, problem predstavljaju brojne netočne informacije koje postoje, a vezano uz odgovarajuću prehranu tjelesno aktivnih osoba (Mahan i Escott-Strump, 2007.).

Potrebno je veliko osobno znanje kako bi se osmislila odgovarajuća prehrana sportaša koje uključuje znanje oko odgovarajućih znanstveno dokazanih činjenica, treninga i natjecateljskih zahtjeva sporta kao i društvene situacije i individualne potrebe sportaša. Prilagodba na određenu vrstu vježbanja zahtjeva vremenski pravilan unos ugljikohidrata, proteina i masti. Pomoć sportašima u unosu pravilnih količina energije, ugljikohidrata i proteina te općenito u poboljšanju tjelesne sposobnosti također mogu pružiti i dodaci prehrani (Pramukova i sur., 2011.).

Tijekom intenzivne tjelesne aktivnosti važno je zadovoljiti potrebe za energijom i osnovnim hranjivim tvarima prvenstveno kako bi se održala tjelesna masa, nadoknadila zaliha glikogena te osigurala dovoljna količina proteina za izgradnju i popravak oštećenog tkiva (ADA, 2009.). Baza energetskog unosa za sportaše bi trebali biti ugljikohidrati (60 % ukupnog energetskog unosa), zatim masti (25 %) te proteini (15 %), što se razlikuje od uobičajene prehrane kao i pravilne prehrane (**Slika 1**). Preporuka je da sportaši dnevno unose 5 do 9 obroka na dan, a energetski deficit dovodi do gubitka tjelesne mase (uključujući i mišićnu masu), bolesti, fizioloških i psiholoških simptoma pretreniranosti te smanjenja kvalitete sportske izvedbe. Prikladan način nadopune prehrane sportaša osiguravaju energetske pločice visoke nutritivne gustoće te razni dodaci s visokim udjelima energije, bazirani na ugljikohidratima i proteinima (Pramukova i sur., 2011.).

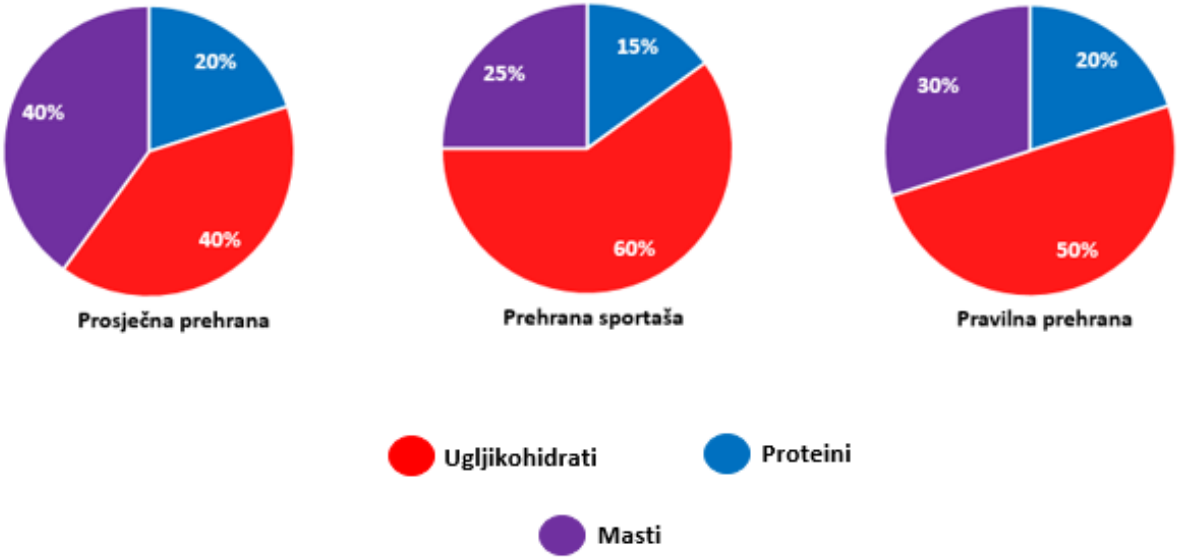
Kako bi se pomoglo u održavanju koncentracije glukoze u krvi (GUK) tijekom vježbanja, maksimalno provodila fizička aktivnost te ubrzalo vrijeme oporavka potrebno je unositi odgovarajuće količine hrane i tekućine prije, tijekom i nakon treninga. Tijekom treninga sportaši gube tekućinu znojenjem te može doći do dehidracije. Dehidracijom se smatra gubitak od 2 do 3 % tjelesne mase putem vode čime se smanjuje sposobnost sportske izvedbe. Kako bi se spriječilo navedeno stanje i nadomjestio gubitak nastao znojenjem sportaši moraju unijeti odgovarajuće količine tekućine prije vježbanja kao i piti dovoljno tekućine tijekom i nakon treninga ili natjecanja. Na svakih 0,5 kg izgubljene mase to bi otprilike iznosilo od 450 do 675 ml tekućine. Također, sportaši prije, za vrijeme i nakon treninga mogu konzumirati i sportske napitke koji u svom sastavu sadrže ugljikohidrate i elektrolite s ciljem održavanja pravilne koncentracije GUK-a u krvi, osiguranja energije potrebne za mišiće te kako bi se smanjio rizik nastajanja dehidracije i gubitka natrija (ADA, 2009.).

Odgovarajuće količine ugljikohidrata koje bi sportaši trebali unositi ovise o ukupnoj potrošnji energije, vrsti sporta, spolu te uvjetima okoliša. Kod sportaša preporuke za unos ugljikohidrata variraju od 6 do 10 g/kg tjelesne mase/dan. Prije treninga ili natjecanja preporučuje se uzimanje obroka sa relativno visokim sadržajem ugljikohidrata. Tijekom natjecanja preporuka je uzimanje 30 do 60 g/sat ugljikohidrata, a nakon natjecanja ili treninga od 1 do 1,5 g/kg tjelesne mase tijekom prvih 30 min i zatim svaka sljedeća 2 sata kroz 4 do 6 sati (ADA, 2009.).

Preporuke za unos proteina variraju od 1,2 do 1,7 g/kg tjelesne mase/dan kod sportova izdržljivosti i sportova snage, pri čemu na metabolizam proteina tijekom i nakon treninga utječu spol, godine, intenzitet, trajanje i način treninga, unos energije i dostupnost ugljikohidrata. Dovoljnim unosom ukupne dnevne energije proteini se u potpunosti mogu iskoristiti za održavanje mase i tjelesnih sposobnosti. Preporuke za unos proteina moguće je ispuniti putem prehrane, bez korištenja dodataka prehrani u obliku proteina ili aminokiselina (ADA, 2009.).

Dovoljnim unosom masti osigurava se unos esencijalnih masnih kiselina i vitamina topivih u mastima, ali pomaže i u unosu energije potrebne za održavanje tjelesne mase. Preporučuje se unos masti od 20 do 35 % ukupnog energetskog unosa pri čemu unos energije iz masti koji predstavlja ≤ 20 % ukupnog energetskog unosa neće pozitivno utjecati na poboljšanje tjelesnih sposobnosti. Ipak, u prehrani sportaša nije preporučljiva prehrana bazirana na visokom unosu masti (ADA, 2009.).

Preporuke za uzimanje vitamina i minerala u obliku dodataka prehrani odnose se na sportaše koji se nalaze u procesu držanja redukcijskih dijeta, izbjegavaju određenu hranu ili skupinu hrane, oporavljaju se od ozljeda ili imaju manjak određenog nutrijenta. Ukoliko se energija potrebna za održavanje tjelesne masne unosi iz različitih vrsta hrane uzimanje vitamina i minerala u obliku dodataka prehrani nije potrebno (ADA, 2009.).



Slika 1 Usporedba unosa makronutrijenata kod prosječne prehrane, prehrane sportaša i pravilne prehrane (prilagođeno prema Mujika i Burke, 2010.)

2.2. PROCJENA TJELESNOG SASTAVA SPORTAŠA

Tjelesni sastav čovjeka podrazumijeva relativnu zastupljenost različitih sastavnih elemenata u ukupnoj tjelesnoj masi, a pod direktnim je utjecajem tjelesne aktivnosti. Stoga tjelesna aktivnost predstavlja vrlo važnu sastavnicu sposobnosti, ali također i općeg zdravstvenog stanja sportaša. Osim u primjeni na različite metode treninga, izrazito je važna i za prevenciju i rehabilitaciju ozljeda. Ipak, još uvijek nije pronađen univerzalno primjenjiv kriterij ili metodologija koja bi se mogla smatrati „zlatnim standardom“ za procjenu tjelesnog sastava sportaša, a imajući u vidu pri tome pitanje točnosti, ponovljivosti i jednostavnosti upotrebe (Mazić i sur., 2014.).

Za sudjelovanje u nekim sportovima sastav tijela kao i tjelesna masa nisu presudni kriteriji obzirom da optimalne razine tjelesne masti ovise o spolu, starosti te nasljednim osobinama osobe, a isto tako i o zahtjevima sporta. Ipak, na brzinu i izdržljivost sportaša može utjecati tjelesna masa, dok na snagu, agilnost i izgled sportaša može utjecati sastav tijela. Procjena sastava tijela i tjelesne mase sportaša mogu biti od izuzetne koristi za poboljšanje sportskih sposobnosti. Uz mjerenje tjelesne mase i visine, najčešće korištene metode su: bioelektrična impendancija (eng. *Bio Impendance Analysis,* BIA) te mjerenje kožnog nabora kaliperom. BIA se temelji na načelu prolaska električnih signala kroz mišićno tkivo za razliku od masnog tkiva ili kosti (ADA, 2009.).

2.3. METABOLIZAM GLUKOZE

Ugljikohidrati koji su sastavni dio svakodnevne prehrane prema stupnju polimerizacije mogu se klasificirati na:

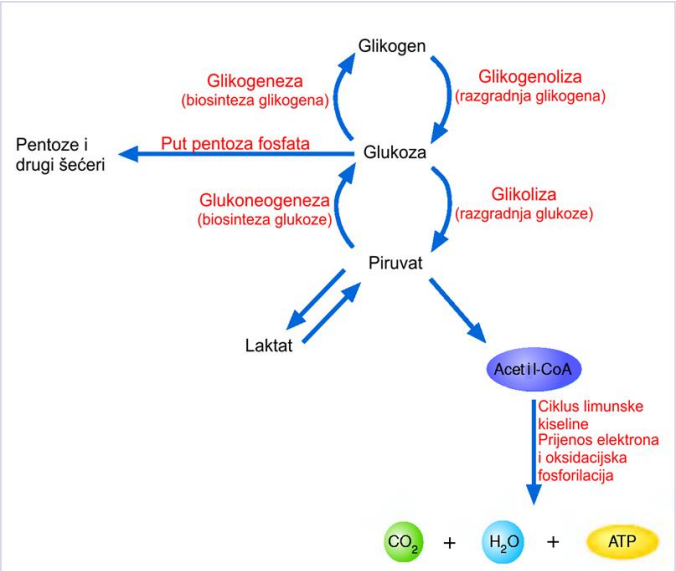
- monosaharide (izgrađeni od jedne jedinice šećera),
- disaharide (izgrađeni od dvije jedinice šećera),
- oligosaharide (izgrađeni od 3 do 10 jedinica šećera), te
- polisaharide (više od 10 jedinica šećera).

Međutim, kako je probavnom sustavu čovjeka jedino moguća apsorpcija monosaharida, di-, oligo- i polisaharidi prvo se moraju putem probave razgraditi na sastavne komponente ili monosaharide kako bi uzrokovali porast razine GUK u krvi. Većina probavljivih ugljikohidrata koje konzumiramo u našoj prehrani u svom sastavu sadrže saharozu (glukozu i fruktozu), laktozu (glukozu i galaktozu) te polisaharid škroba (polimer glukoze). Većina dostupnih ugljikohidrata iz prehrane apsorbira se u obliku glukoze (oko 70-85 %) dok se ostatak najčešće sastoji od mješavine fruktoze i galaktoze. U jetri se fruktoza i galaktoza prevode u glukozu i to je razlog zbog kojeg ne uzrokuju značajan porast GUK u krvi (Wolever, 2006.).

Glavni metabolički putevi razgradnje i sinteze ugljikohidrata kod ljudi su:

1) glikoliza ili razgradnja glukoze,
2) glukoneogeneza ili biosinteza glukoze,
3) put pentoza fosfata ili sinteza pentoza iz glukoze,
4) glikogeneza ili sinteza glikogena, te
5) glikogenoliza ili razgradnja glikogena.

Navedeni metabolički putevi povezani su međusobno zajedničkim međuproduktima, a odvijaju se u stanici ovisno o energetskim potrebama stanice (**Slika 2**) (Strelec, 2013.).

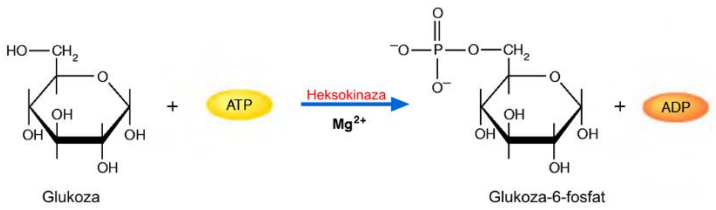


Slika 2 Metabolički putevi razgradnje i sinteze ugljikohidrata (Strelec, 2013.)

Pretvorbe između monosaharida (glukoze, fruktoze i galaktoze) pomažu enzimi koji se nalaze u jetrenim stanicama. Kada jetra otpušta monosaharide natrag u krv slijed reakcija je takav da je konačni proizvod gotovo isključivo glukoza. Razlog tome su velike količine enzima *glukoza-6-fosfataze* koja se nalazi u jetrenim stanicama. Pomoću *glukoza-6-fosfataze* glukoza-6-fosfat se razgrađuje do glukoze i fosfata pri čemu se glukoza može glukoznim transporterima iz jetrenih stanica ponovno prenijeti u krv. To je razlog zbog kojeg se kaže da se obično više od 95 % svih monosaharida koji protječu krvlju nalazi u krvi kao konačni oblik pretvorbe ili glukoza (Guyton i Hall, 2003.).

Glukoza se mora prenijeti kroz staničnu membranu u citoplazmu kako bi bila dostupna stanicama. Zbog svoje polarnosti glukoza ne može difundirati kroz staničnu membranu, već u stanice ulazi mehanizmom olakšane difuzije koja se odvija uz pomoć proteinskih nosača odnosno transportera iz smjera veće koncentracije prema smjeru manje koncentracije (Guyton i Hall, 2003.). Nakon ulaska glukoze u stanicu slijedi njena fosforilacija u glukozu-6-fosfat koja se provodi uz pomoć ATP-a (**Slika 3**). Enzim koji provodi fosforilaciju zove se *heksokinaza,* a fosforilacija je bitna iz dva razloga:

1) fosforilirana glukoza se ne može transportirati izvan stanice, i
2) fosforilacijom se molekula glukoze aktivira za sljedeće reakcije (Strelec, 2013.)



Slika 3 Fosforilacija glukoze (Strelec, 2013.)

2.3.1. Glikoliza

Glikoliza predstavlja metabolički put razgradnje glukoze do piruvata uz istovremeno nastajanje osnovne energetske valute stanice, adenozin trifosfata (ATP). Mjesto odvijanja glikolize je citoplazma stanice, a osnovna svrha ciklusa je razgradnja glukoze kako bi se dobio ATP te druge preteče za sintezu staničnih tvari. U aerobnim uvjetima, glikoliza predstavlja „predigru" ciklusu limunske kiseline i lancu prijenosa elektrona, kojima u konačnici i nastaje ATP (Strelec, 2013.). Razgradnja glukoze do piruvata odvija se kroz 10 različitih reakcija, a možemo ju podijeliti u dva stupnja:

1. investicijski stupanj, u kojem nastaju dvije molekule gliceraldehid-3-fosfata pri čemu se utroše 2 molekule ATP-a, i
2. stupanj proizvodnje energije, u kojem se gliceraldehid-3-fosfat prevodi u piruvat te nastaju 4 molekule ATP-a (**Slika 4**).

Kako se u prvom stupnju utroše 2 molekule ATP-a, a u drugom stupnju nastaju 4 molekule ATP-a, vidimo kako se u procesu glikolize po jednoj molekuli glukoze dobiju 2 molekule ATP-a. Također, tijekom ovog procesa nastaju i dvije molekule NADH (nikotinamid adenin dinukletid) (Strelec, 2013.).

Ako u stanici prevladavaju aerobni uvjeti odnosno ako stanica ima dovoljno kisika, piruvat u obliku acetil-CoA ulazi u ciklus limunske kiseline te se potpuno oksidira. Ako u stanici nema dovoljno kisika odnosno prevladavaju anaerobni uvjeti, piruvat ne može ući u ciklus limunske kiseline, ne može se provoditi lanac prijenosa elektrona, te ne može doći ni do sinteze ATP-a. Zbog toga stanice u anaerobnim uvjetima oksidiraju piruvat do laktata mliječno-kiselinskim vrenjem. Pretvorba piruvata u laktat posebno je bitna za naše mišiće pri intenzivnoj mišićnoj aktivnosti, poput trčanja, kada je potreba za energijom visoka (Strelec, 2013.).

2.3.2. Glukoneogeneza

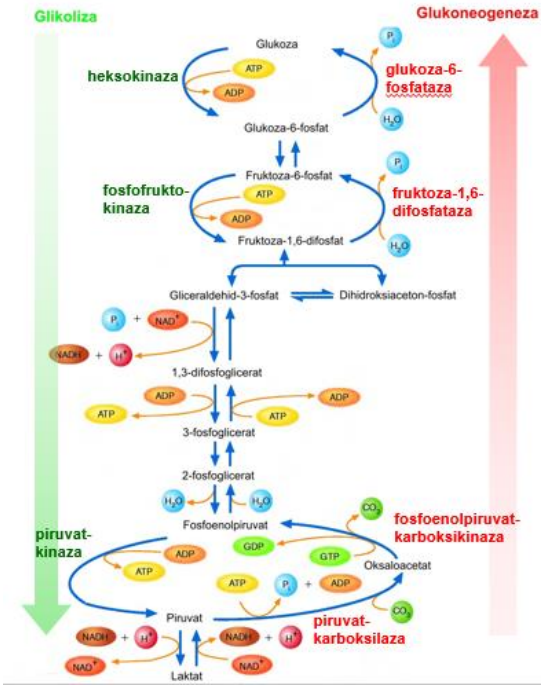
Glukoneogeneza je metabolički put biosinteze glukoze iz neugljikohidratnih preteča. Započinje u matriksu mitohondrija dok se glavni dio reakcija odvija u citoplazmi stanice. Osnovna svrha ciklusa je sinteza glukoze u jetri za opskrbu mozga i mišića glukozom. Glukoneogeneza se u organizmu odvija kada se potroše sve rezerve glukoze (pri duljem gladovanju) ili tijekom težeg tjelesnog napora (pri čemu nastaje velika količina laktata). Proces se najvećim dijelom odvija u jetri (oko 90 %), a manjim dijelom u bubrezima (oko 10 %). Glavne neugljikohidratne preteče za sintezu glukoze su:

a) laktat iz mišića,

b) aminokiseline čijom razgradnjom nastaju piruvat ili oksaloacetat, i

c) glicerol koji nastaje razgradnjom masti i lipida (Strelec, 2013.).

Oko 60 % aminokiselina iz tjelesnih bjelančevina se lako pretvara u ugljikohidrate, dok preostalih 40 % teže ili nikako (zbog kemijske građe). Mnoge aminokiseline se deaminacijom i uz nekoliko jednostavnih preobrazbi mogu pretvoriti u glukozu. Glukoza i glikogen sličnim pretvorbama mogu nastati i od glicerola (Guyton i Hall, 2003.). Kako je glukoneogeneza proces sinteze glukoze, a glikoliza proces razgradnje glukoze, bitno je napomenuti kako je većina reakcija u glukoneogenezi zapravo obrat reakcija iz glikolize (**Slika 4**) (Strelec, 2013.).



Slika 4 Proces glikolize i glukoneogeneze (Strelec, 2013.)

2.4. POVEZANOST GLIKEMIJSKOG INDEKSA I SPORTA

Naši mišići kao energiju mogu koristiti energiju dobivenu oksidacijom masti i glukoze. Sposobnost obavljanja tjelesne aktivnosti ovisi o tome koliko je moguće u mišiću održavati adekvatnu opskrbu supstratom za oksidaciju. Masti kao gorivo mišići pretežno koriste tijekom umjerene aktivnosti, dok s porastom intenziteta aktivnosti sve više koriste glukozu. Vrlo intenzivna aktivnost može se održati samo kada je mišićima dostupno dovoljno glukoze. Kada se potroše sve rezerve glikogena iz mišića javlja se iscrpljenost te je potrebno smanjiti intenzitet vježbanja. Ukoliko sportaši prije treninga ili natjecanja konzumiraju hranu bogatu ugljikohidratima povećat će svoju izdržljivost jer je prehrana bogata ugljikohidratima povezana s većom pohranom mišićnog glikogena (Karas, 2014.).

Glikemijski indeks (GI) može na dva načina utjecati na sportsku izvedbu:

1) učinak na izdržljivost, što se postiže uzimanjem obroka prije treninga, ili
2) učinak prehrane na oporavak mišićnog glikogena nakon intenzivnog vježbanja.

Iako je tek ranih devedesetih godina prošlog stoljeća provedena prva studija oko GI-a i unosa ugljikohidrata nakon vježbanja te utjecaj na skladištenje glikogena, kasnija istraživanja su pokazala kako hranu s NGI-om treba konzumirati prije duljih intenzivnih aktivnosti u svrhu poboljšanja izdržljivosti. Nasuprot tome, smatra se kako je hrana s VGI-om najkorisnija za oporavak nakon dugotrajnog i intenzivnog vježbanja jer se povećava sadržaj mišićnog glikogena (Wolever, 2006.). U procesu sinteze glikogena od presudne je važnosti količina, vrijeme i učestalost konzumiranja ugljikohidrata. Istraživanja su pokazala kako uzimanje ugljikohidrata odmah nakon vježbanja rezultira višim razinama glikogena kroz 4 sata nakon aktivnosti nego kada se unos ugljikohidrata odgodi za oko 2 sata, što se posebno odnosi na ugljikohidrate VGI-a. Ovo je vrlo značajno sportašima s ograničenim vremenom oporavka kao što je slučaj kod sportaša koji treniraju dva puta dnevno. S obzirom da način treniranja diktira prehrambene strategije, buduća istraživanja oko GI-a bi se trebala usmjeriti na režim treninga sportaša kao što je prikladno vrijeme uzimanja obroka te korištenje dodataka prehrani u smislu vremena uzimanja u odnosu na natjecanja i treninge (Donaldson i sur., 2010.).

2.5. DEFINICIJA GLIKEMIJSKOG INDEKSA

Prema definiciji GI je mjera koja označava brzinu i intenzitet povišenja glukoze u krvi nakon konzumiranja određenog ugljikohidrata u odnosu na učinak 50 g standarda, poput čiste β-glukoze ili bijelog kruha (Banjari, 2010.).

Također, GI možemo definirati i kao povezanost inkrementalne ili ukupne površine koja se dobije ispod krivulje kao odgovor β-glukoze testirane hrane (eng. Incremental Area Under the blood glucose Curve for the tested meal, iAUC) koja sadrži 50 g slobodnih ugljikohidrata te ukupne površine koja se dobije kao odgovor β-glukoze standardne test hrane (eng. Incremental Area Under the blood glucose Curve for the Standard meal, iAUCS) (Chlup i sur., 2004.).

GI je vrlo bitan parametar kvalitete hrane za usporedbu hiperglikemijskog učinka testirane hrane u odnosu na čistu glukozu ili neku drugu hranu koja se koristi kao standard. Koncept GI zasniva se na različitom odgovoru GUK-a nakon unosa iste količine ugljikohidrata iz različite hrane. Koncept je uveden 1981. godine zahvaljujući radovima Davida Jenkinsa (Chlup i sur., 2004.).

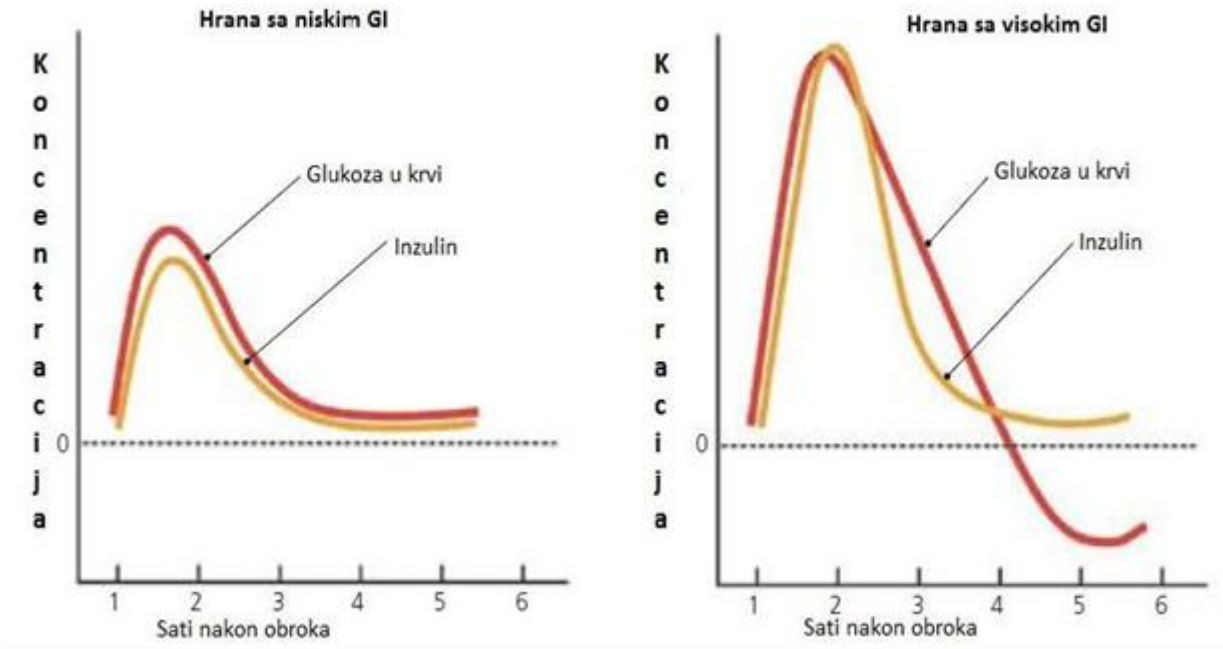
Obzirom na vrijednosti dobivenim prilikom ispitivanja, GI hrana se može svrstati u 3 kategorije: hrana niskog, srednjeg ili visokog GI (**Tablica 1**). Kategorije prikazane u tablici mogu se primjenjivati na hranu ili prehrambene proizvode, ali nije ih primjereno primjenjivati u mješovitim jelima (ISO 26 642, 2010.).

Tablica 1 Preporučene kategorije glikemijskog indeksa (GI) (ISO 26 642, 2010.)

RAZINA iAUC	GLIKEMIJSKI INDEKS (GI)
Niska	GI ≤ 55
Srednja	70 ≥ GI > 55
Visoka	GI > 70

Mješoviti obrok kod zdravih osoba uzrokuje normalan porast GUK-a. Dolazi do lučenja hormona inzulina iz gušterače kako bi se razina GUK-a vratila na osnovnu odnosno bazalnu

razinu. Količinu izlučenog inzulina određuje amplituda porasta GUK-a (**Slika 5**). Obzirom da metabolički poremećaji vode ka poremećenom (nedostatnom) ili nepostojećem izlučivanju inzulina, predlaže se odabir ugljikohidrata iz hrane s NGI što može pozitivno utjecati na stanja koja su povezana s lošom kontrolom GUK-a (Arvidsson-Lenner i sur., 2004.).



Slika 5 Prikaz porasta glukoze u krvi nakon unosa hrane s niskim i visokim glikemijskim indeksom (GI) (prilagođeno prema Last i Wilson, 2006.)

Hrana koja u svom sastavu ne sadrži ugljikohidrate, kao što su npr. jaja ili slanina, nema GI. GI nije pokazatelj koliko neka vrsta hrane povećava GUK već u kojoj mjeri dostupni ugljikohidrati podižu razinu GUK-a. U početku se koncept GI-a odnosio na hranu sa visokim udjelom ugljikohidrata poput kruha i žitarica. Do problema dolazi kada se uzmu u obzir proizvodi koji sadrže znatnu količinu energije koja potječe od proteina i masti kao npr. pločice koje služe kao zamjenski obroci, mliječni proizvodi ili orašasti plodovi. Velike količine masti i proteina mogu utjecati na slabiji glikemijski odgovor jer dolazi do slabijeg izlučivanja inzulina ili pražnjenja želuca, a ne zbog prirode ugljikohidrata. Zbog toga se nedostupni ili neglikemijski ugljikohidrati trebaju isključiti iz porcija koje sadrže 50 grama ugljikohidrata jer po definiciji ovi ugljikohidrati ne uzrokuju porast GUK-a (Karas, 2014.; Wolever, 2006.).

Kada se koncept GI prvi puta pojavio i razvio bilo ga je lako primijeniti u praksi jer su tada jedini „nedostupni“ ugljikohidrati bila prehrambena vlakna. Međutim, danas pod nedostupne ili djelomično dostupne ugljikohidrate podrazumijevamo i rezistentne škrobove, polidekstrozu i šećerne alkohole (poliole). Obzirom da se ovi spojevi sve više koriste u proizvodnji različite hrane razumljivo je da je danas vrlo teško, a često i nemoguće izmjeriti količinu ugljikohidrata koja se apsorbira u tankom crijevu. Većina poliola se djelomično apsorbira te nije problem samo utvrditi količinu nego je i poznato da su količine koje se apsorbiraju individualne, a također ovise i o načinu konzumiranja (s nekom drugom hranom ili pojedinačno). Obzirom na sve navedeno, nedostupni ugljikohidrati bi se trebali isključiti iz procedure (Karas, 2014.).

Glikemijski odgovor obroka određen je različitim individualnim čimbenicima kao što su: inzulinska osjetljivost, funkcije β-stanica gušterače, gastrointestinalna pokretljivost, tjelesne aktivnosti, dnevne varijacije metaboličkih parametara, i sl. Također, na promjenu GI-a mogu utjecati:

- količina ugljikohidrata,
- priroda monosaharida (glukoze, fruktoze, galaktoze),
- priroda škroba (amiloze, amilopektina, rezistentnog škroba),
- način kuhanja i procesiranja hrane (stupanj želatinizacije škroba, oblik hrane, veličina čestica, stanična struktura), te
- druge komponente iz hrane (masti i proteini, prehrambena vlakna, antinutrijenti, organske kiseline) (Danone/FAO, 2001.).

2.5.1. Razlika između glikemijskog indeksa, glikemijskog odgovora i glikemijskog opterećenja

U početku je GI predstavljao indeks raspoloživih ugljikohidrata iz hrane koji imaju mogućnost povećanja GUK-a. No, 2002. godine utvrđeno je kako GI ne ukazuje na glikemijski učinak hrane već GI predstavlja svojstvo ugljikohidrata u hrani, a ne svojstvo hrane. Osim toga, utvrđeno je i kako je GI vrijednost koja ne ovisi o veličini porcije hrane ili o količini konzumiranih ugljikohidrata (Wolever, 2006.).

Često dolazi do pogrešnog korištenja GI i to u kontekstu „glikemijskog odgovora" (eng. Glycaemic Response, GR), a posebno se to odnosi na mješovite obroke ili za hranu koja sadrži nedostupne ugljikohidrate. Primjerice, u kontekstu mješovitih obroka to bi se odnosilo na „dodavanje masnoća na kruh", što smanjuje GI. U tom slučaju točna terminologija bila bi kako „dodavanje masnoća na kruh" smanjuje GR. Poznato je da masti i proteini mogu utjecati na GR, ali ti učinci nemaju nikakve veze sa GR ugljikohidrata. Osim toga, učinci dodavanja masti i proteina na GR razlikuju se kod zdravih ispitanika, ispitanika s dijabetesom tipa 1 i dijabetesom tipa 2. S druge strane, GI pojedinačnih ugljikohidrata iz hrane je isti kod svih ovih različitih tipova ispitanika. Dakle, GI mješovitih obroka treba izračunati iz vrijednosti GI svake pojedine hrane, dok GR trebaju biti izmjereni *in vivo* (Wolever, 2006.).

Neki istraživači ustraju u korištenju termina GI kako bi opisali činjenicu da hrana koja sadrži male količine slobodnih ugljikohidrata ima nizak GR, što je npr. slučaj kod povrća. To je neprimjereno jer je moguće već iz deklaracije na hrani vidjeti kako hrana ima malu količinu ugljikohidrata ili ih uopće nema te samim time neće dovesti do povišenja GUK-a. Iz deklaracije hrane također možemo vidjeti koliko nedostupnih ugljikohidrata hrana sadrži odnosno onih koji prema definiciji ne podižu razinu GUK-a i nisu dostupni tijelu kao glukoza. Hrana u kojoj su neki od slobodnih ugljikohidrata zamijenjeni s nedostupnim ugljikohidratima uzrokovati će niži GR na istoj razini ukupnih ugljikohidrata. To se također može zaključiti i sa deklaracije jer je količina dostupnih ugljikohidrata manja. Pojmovi GI i GR imaju različita i matematička i statistička svojstva te ne bi trebali izazvati zabune. Teoretski, GR prilagođava područje GR-a za svaki pojedinačni odgovor na referentnu hranu čime se ispravljaju varijacije između ispitanika (Wolever, 2006.).

Na porast GUK-a ne utječe samo GI nego i količina ugljikohidrata u hrani. Produkt GI-a i sadržaja ugljikohidrata definira se kao glikemijsko opterećenje (eng. Glycaemic Load, GL). GL predstavlja kvalitetu i kvantitetu ugljikohidrata u pojedinoj hrani. Jedna jedinica GL-a jednaka

je glikemijskom učinku od 1 grama ugljikohidrata iz bijelog kruha, koja se uzima kao referentna mjera (Prašek, 2004.). U **Tablici 2** navedena je klasifikacija hrane obzirom na GL pa tako hrana čiji je GL ≤ 10 klasificira se kao hrana sa niskim GL, dok se hrana čije je GL > 20 klasificira kao hrana sa visokim GL. Smatra se da GL pokazuje relativniji i precizniji učinak hrane na razinu GUK-a.

Tablica 2 Kategorije glikemijskog opterećenja (GL) (Atkinson i sur., 2008.)

RAZINA iAUC	GLIKEMIJSKO OPTEREĆENJE (GL)
Niska	GL ≤ 10
Srednja	20 ≥ GL > 10
Visoka	GL > 20

Wolever 2006. godine navodi kako se matematički GL hrane računa prema sljedećem izrazu **(1)**:

$$GL = \frac{GI * sadržaj\ ugljikohidrata\ (g)}{100} \qquad (1)$$

Tablice za GI koje su rezultat brojnih znanstvenih istraživanja ključne su za poboljšanje istraživanja koja se bave poveznicom između GI-a, GL-a i zdravlja. GI se pokazao korisniji u planiranju prehrane od kemijske klasifikacije ugljikohidrata. Uporabom GI-a došlo je do otkrivanja novih spoznaja o odnosu između fizioloških učinaka hrane bogate ugljikohidratima i zdravlja. Revidirane Međunarodne tablice GI-a (**Tablica 3**) iz 2008. godine sadrže gotovo 2000 različitih vrsta hrane i njihovih vrijednosti GI-a (Foster-Powell i sur., 2002.).

Vrijednosti GI-a prikazane u tablici dobivene su izračunom srednjih vrijednosti za GI svih dostupnih podataka od strane različitih proizvođača hrane (npr. u Međunarodnim tablicama za GI iz 2008. godine dostupni su sljedeći podaci za kukuruzne pahuljice: *„Cornflakes (China) 74±3 ; Cornflakes™ (Kellogg's, Australia) 77; Cornflakes™ (Kellogg's Inc., Canada) 93±14; Cornflakes (Kellogg's, UK) 81±3; Cornflakes Crunchy Nut™ (Kellogg's, Australia) 72±4“*) (Atkinson i sur., 2008.).

Tablica 3 Vrijednosti glikemijskog indeksa za odabranu hranu izdvojene iz međunarodnih tablica (Atkinson i sur., 2008.)

VRSTA HRANE	GI±SD	VRSTA HRANE	GI±SD
Visoko ugljikohidratna hrana		**Povrće**	
Bijeli pšenični kruh	75±2	Krumpir-kuhani	78±4
Kruh od cjelovitih žitarica	74±2	Krumpir-instant kaša	87±3
Integralni kruh bez kvasca	70±5	Prženi krumpir-pomfrit	63±5
Kukuruzne tortilje	46±4	Mrkva-kuhana	39±4
Bijela riža-kuhana	73±4	Slatki krumpir-kuhani	63±6
Smeđa riža-kuhana	68±4	Juha od povrća	48±5
Ječam	28±2	**Mliječni proizvodi i zamjene**	
Slatki kukuruz	52±5	Mlijeko-punomasno	39±3
Špageti-bijelo brašno	49±2	Mlijeko-obrano	37±4
Špageti-cjelovito brašno	48±5	Sladoled	51±3
Žitarice za doručak		Jogurt-voćni	41±2
Kukuruzne pahuljice	81±6	Sojino mlijeko	34±4
Pšenični keksi	69±2	**Mahunarke**	
Zobena kaša-meka	55±2	Grah	24±4
Muesli	57±2	Leća	32±5
Voće i proizvodi od voća		Soja	16±1
Jabuka-svježa	36±2	**Grickalice i slatkiši**	
Banana-svježa	51±3	Čokolada	40±3
Naranča-svježa	43±3	Kokice	65±5
Lubenica-svježa	76±4	Čips od krumpira	56±3
Sok od naranče	50±2	Bezalkoholni sokovi	59±3
Sok od jabuke	41±2	**Šećeri i zaslađivači**	
Breskve-konzervirane	43±5	Glukoza	103±3
Hrana i piće za sportaše		Saharoza	65±4
Ugljikohidratni napitci	64±12	Fruktoza	15±4
Energetske pločice	52±6	Med	61±3

2.5.2. Praktična upotreba glikemijskog indeksa u označavanju hrane

Svrha označavanja odnosno deklariranja hrane i prehrambenih proizvoda oznakom GI je povećanje informiranosti potrošača te pružanje pomoći oko izbora i kupovine hrane. Kriterij koji opravdava stavljanje oznake GI-a na hranu trebao bi uključiti informacije na koju vrstu hrane bi se oznake trebale staviti te koja je minimalna količina ugljikohidrata u prosječnoj porciji hrane. Također su važna i pitanja vrijednosti GI-a za složene prehrambene proizvode, informacije oko načina na koji se hrana konzumira, označavanje svježe hrane poput voća i povrća, individualne varijacije, varijacije od osobe do osobe u reakciji na GI, varijacije u sastavu prehrane i slično. Edukacija javnosti s ciljem razumijevanja i korištenja GI-a veliki je izazov (Danone/FAO, 2001.).

Globalno gledajući, samo mali broj proizvođača stavlja oznake za GI na deklaracije i stoga ne čude istraživanja koja pokazuju kako vrijednosti za GI gleda samo 7 % ispitanika. Međutim, zbog svijesti o važnosti GI-a u Australiji čak 82 % ispitanika na deklaraciji pregledava vrijednosti za GI. U Europi i Sjedinjenim Američkim Državama još nisu postignuti takvi rezultati jer se smatra kako bi poruke o upravljanju GUK-a mogle zbuniti potrošače (Mitchell, 2008.). Za osobe koje boluju od dijabetesa označavanje prehrambenih proizvoda, u vidu hrane s NGI-om, moglo bi biti korisno. Međutim, značaj GI-a s aspekta javnog zdravlja još uvijek je nejasan (Arvidsson-Lenner i sur., 2004.). Ipak, sve je veće zanimanje potrošača za označavanjem GI-a na proizvodima. Najviše je postignuto u Australiji gdje je deklariranje ostvareno 2002. godine, ali sve više država poput Francuske, Ujedinjenog Kraljevstva ili Skandinavije slijedi njihov primjer (Banjari, 2010.).

2.6. POVEZANOST MEDA I GLIKEMIJSKOG INDEKSA

Med značajno utječe na rad srca i razinu GUK-a tijekom vježbe, ali ne promiče fizičke ili psihološke znakove hipoglikemije kod sportaša. Usporedbom učinka gelova i meda, uzimajući u obzir njihov sastav ugljikohidrata i GI utvrđeno je kako gelovi s visokim (glukoza) i niskim GI (med) povećavaju izdržljivost kod biciklista, te je med imao bolje rezultate od glukoze. Ugljikohidratni profil i GI meda bio je identičan popularnim komercijalno dostupnim gelovima za sportaše. Med se dobro podnosi te može biti učinkovit izvor ugljikohidrata za atletske aktivnosti (Bogdanov, 2012.; Ahmad i sur., 2015.; Earnest i sur., 2004.). Preporuča se da bi se količina meda trebala prilagoditi tjelesnoj masi te vremenu konzumiranja prije vježbe:

- 4 sata prije vježbe: konzumirati 4 g/kg tjelesne mase,
- 1 sat prije vježbe: 1 g/kg tjelesne mase,
- 10 min prije vježbe: 0,5 g/kg tjelesne mase, i
- tijekom vježbe može se konzumirati 30 do 60 g svakog sata (Bogdanov, 2012.).

Nakon fizičke aktivnosti ili natjecanja ugljikohidrati bi se trebali nadomjestiti proteinima za optimalan oporavak. Suhi med kombiniran sa proteinom sirutke je učinkovitiji od kombinacije proteina sirutke s dodatkom glukoze ili maltodekstrina. Za optimalan oporavak atletičari bi trebali konzumirati 1 g meda po kg tjelesne mase unutar 15 min te ponavljati taj postupak sljedećih 4 do 6 sati. Kombiniranje meda sa proteinima (u omjeru 3:1) može pomoći u sprječavanju katabolizma proteina nakon vježbe (Bogdanov, 2012.).

Značajna negativna korelacija između sadržaja fruktoze i GI-a meda je rezultat drugačijih omjera fruktoze/glukoze u različitim tipovima meda. Neke vrste meda, poput bagremovog, sa visokom koncentracijom fruktoze, imaju niži GI od ostalih tipova meda. Obzirom na GL, većina vrsti meda ima nizak GL, a neki pripadaju srednjem rasponu (Bogdanov, 2012.).

2.7. KONCEPT ENERGETSKIH PRIPRAVAKA

Glavni uzroci umora tijekom intenzivnih produljenih aktivnosti prvenstveno su gubitak elektrolita tekućinom te smanjenje zaliha ugljikohidrata. Uslijed znojenja i povećanja temperature tijela može doći do dehidracije koja je jedan od glavnih uzroka umora čak i u umjerenim klimatskim uvjetima. Iako je gubitak znoja prilikom kratkotrajnih treninga nizak, može doći do smanjenja kapaciteta vježbanja. Uzimanje tekućine ima za cilj osigurati i dopuniti tjelesne rezerve energijom, te nadoknaditi izgubljenu vodu uzrokovanu znojenjem (Khanna i Manna, 2005.; Ahmad i sur., 2015.).

U većini sportskih napitaka kao izvor energije nalaze se mješavine ugljikohidrata poput saharoze, glukoze, fruktoze i galaktoze, dok se u nekima nalaze šećeri poput maltodekstrina (kompleksni ugljikohidrat izgrađen od nekoliko jedinica glukoze). Istraživanja pokazuju kako mješavine ugljikohidrata u sportskim napitcima omogućuju veću dostupnost energije mišićima za razliku od pojedinačnih ugljikohidrata (ACSM, 2011.).

Preporuka je da sportaši za maksimalnu sintezu glikogena trebaju unositi oko 1,2 grama ugljikohidrata po kilogramu tjelesne mase u obliku glukoze i saharoze odmah nakon vježbanja te svaki sat nakon toga kroz 4 do 6 sati (Spaccarotella i Andzel, 2011.).

Istraživanje tržišta u Hrvatskoj pokazuje kako je od 2013. godine na policama u trgovinama sve više novih vrsta energetskih proizvoda. Navedeni proizvodi cijenom su prihvatljivi mlađoj populaciji koji se smatraju potencijalnim korisnicima (Euromonitor International, 2016.).

Energetski gelovi koncentrirani su izvor energije koji pomažu u nadoknadi energije izgubljene tijekom treninga. Većina gelova je na bazi maltodekstrina, a obzirom da predstavljaju koncentrirani izvor energije, konzumiraju se u kombinaciji s vodom. Razlog tome je što bez vode energetskim gelovima treba duže da se probave i prijeđu u krvotok (Mujika i Burke, 2011.).

Preporuka za ugljikohidrate je 1 gram po kilogramu tjelesne mase tijekom jednog sata. Uzimanje gela svakog sata tijekom treninga vrlo je učinkovito u zadovoljavanju potreba za ugljikohidratima. Navedeno također ovisi i o tome da li se gelovi konzumiraju u kombinaciji s energetskim napitcima. Ukoliko se uzimaju zajedno s energetskim napitcima može doći do prevelike apsorpcije jednostavnih ugljikohidrata stoga treba biti oprezan (Mujika i Burke, 2011.).

Energetski gelovi se konzumiraju neposredno prije treninga i trenutno povećavaju razinu GUK-a. Ukoliko se trening odgodi ili do treninga ne dođe, doći će do skladištenja energije u vidu glikogena, uz istovremeno smanjenje razine GUK-a. Zbog toga, ukoliko se energetski gelovi konzumiraju 1 ili 2 sata prije treninga, tijekom treninga može doći do osjećaja umora (Mujika i Burke, 2011.).

Osim ugljikohidrata koji predstavljaju osnovni izvor energije za tijelo, u energetskim proizvodima i proizvodima za oporavak se najčešće nalaze i elektroliti, tvari za poboljšanje okusa te neki drugi sastojci kao što su vitamini. Natrij i kalij su najčešći elektroliti koji se dodaju i mogu imati višestruke koristi. Natrij može potaknuti unos tekućine jer pokreće mehanizam javljanja žeđi. Također, potiče i zadržavanje tekućine i apsorpciju. Elektroliti su od posebne koristi sportašima kod kojih je pojačano znojenje (SDA, 2011.).

Postoji nekoliko različitih vrsta energetskih gelova obzirom na njihov sastav. Izotonični energetski gelovi u svom sastavu sadrže mješavinu vode i elektrolita te uz njih nije potrebno konzumirati dodatne količine vode. Pružaju energiju, ali također i odgovarajuću hidrataciju. Nadalje, energetski gelovi koji u svom sastavu sadrže glukozu i fruktozu u omjeru 2:1 su učinkovitiji od uzimanja gela koji sadrži samo glukozu. Glukoza ima VGI, dok fruktoza ima niži GI te zbog toga postepeno povećava razinu GUK-a i to je razlog zbog kojeg kombinacija glukoze i fruktoze može biti odlična tijekom dugotrajnog treninga kao što je trčanje (Mujika i Burke, 2011.). Neki energetski gelovi u svom sastavu mogu sadržavati kofein koji je poznati stimulans. Kofein može dovesti do poboljšanja sportske izvedbe, ali njegov utjecaj varira od osobe do osobe (Graham, 2001.).

U testnim uzorcima koji su ispitivani u ovom istraživanju nalazi se mješavina ugljikohidrata s postupnim oslobađanjem, za brz i dugotrajan dotok energije. Dizajnirani su kako bi poboljšali izvedbu tijekom intenzivnog treninga, a sadrže i natrij (Polleosport, 2016.).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK

Cilj ovog rada bio je odrediti GI dva različita komercijalno dostupna energetska pripravka (gel i žele) i bagremovog meda. Gel i žele su na bazi mješavine ugljikohidrata sa dodatkom elektrolita i koriste za poboljšanje izdržljivosti sportaša prije i tijekom treninga ili natjecanja. Osim toga, cilj je bio utvrditi koji od ispitivanih test uzoraka (gel, žele ili bagremov med) bi se mogao preporučiti sportašima kao proizvod/hrana koja će najpovoljnije utjecati na poboljšanje izdržljivosti. Također je određivana senzorska prihvatljivost navedenih proizvoda, utjecaj na subjektivni osjećaj sitosti te dolazi li eventualno do pojave nekih nuspojava nakon konzumacije ispitivanih test uzoraka.

3.2. MATERIJALI

3.2.1. Test hrana

U specijaliziranoj trgovini sportske prehrane u Osijeku kupljena su dva različita komercijalno dostupna proizvoda proizvođača Multipower®: Multicarbo gel (**Slika 6**) i Multicarbo jelly (**Slika 7**). Bagremov med je kupljen direktno od proizvođača (pčelara).



Slika 6 Analizirani proizvod Multicarbo gel s okusom limuna (http://polleosport.hr/sportska-prehrana/gelovi)



Slika 7 Analizirani proizvod Multicarbo jelly s okusom naranče

(http://polleosport.hr/sportska-prehrana/gelovi)

Pojedinačni sastavi gela, želea i meda te kontrolnog uzorka prikazani su u tablicama 4, 5, 6 i 7.

Tablica 4 Sastav gela po serviranju (1 vrećica ili 40 g) uzet s deklaracije

	Količina po serviranju
Energetska vrijednost	442 kJ / 104 kcal
Bjelančevine	< 0,1 g
Ukupni ugljikohidrati	26 g
od toga šećeri	10 g
Masti	< 0,1 g
od toga zasićene masne kiseline	< 0,1 g
Vlakna	< 0,1 g
Natrij	0,14 g
Kalij	0,14 g

Tablica 5 Sastav želea po serviranju (2 vrećice ili 100 g) uzet s deklaracije

	Količina po serviranju
Energetska vrijednost	1017 kJ / 239 kcal
Bjelančevine	< 0,1 g
Ukupni ugljikohidrati	58 g
od toga šećeri	56 g
od toga izomaltuloza	10 g
Masti	< 0,1 g
od toga zasićene masne kiseline	< 0,1 g
Vlakna	2,3 g
Natrij	< 0,1 g

Tablica 6 Sastav meda (100 g ili ml) (Kaić Rak i Antonić, 1990.)

	Količina po serviranju
Energetska vrijednost	1339 kJ / 320 kcal
Ukupni ugljikohidrati	80 g
od toga šećeri	80 g
Proteini	0,4 g
Natrij	10 mg
Kalij	50 mg
Kalcij	5 mg
Magnezij	2 mg
Fosfor	20 mg
Željezo	2,0 mg
Bakar	0,05 mg
Riboflavin	0,02 mg
Niacin	0,1 mg
Vitamin B6	0,03 mg
Vitamin C	4 mg

3.2.2. Referentna hrana ili standard

Kao standard (dalje u tekstu kontrolni uzorak ili kontrola) korištena je čista D(+)-glukoza monohidrat, pomiješana s 250 ml bistrog soka od jabuke (**Tablica 7**).

Tablica 7 Sastav bistrog soka od jabuke (100 g ili ml) (Kaić Rak i Antonić, 1990.)

	Količina po serviranju
Energetska vrijednost	197 kJ / 47 kcal
Ukupni ugljikohidrati	11,7 g
od toga šećeri	11,5 g
Vlakna	0,2 g
Proteini	0,1 g
Masti	0,1 g

Prema zahtjevima metode ISO 26 642:2010 izračunate su potrebne odvage test uzoraka i kontrole kako je navedeno:

A. Multicarbo gel

65 g slobodnih ugljikohidrata u 100 g uzorka (**Tablica 4**)

50 g slobodnih ugljikohidrata ~ X

$$x = \frac{100\ x\ 50}{65} = 76{,}9\ g\ uzorka$$

B. Multicarbo žele

58 g slobodnih ugljikohidrata u 100 g uzorka (**Tablica 5**)

58 g slobodnih ugljikohidrata – 2,3 g vlakana = 55,7 g

50 g slobodnih ugljikohidrata ~ X

$$x = \frac{100\ x\ 50}{55{,}7} = 89{,}8\ g\ uzorka$$

C. Med

80 g slobodnih ugljikohidrata u 100 g uzorka (**Tablica 6**)

50 g slobodnih ugljikohidrata ~ X

$$x = \frac{100\ x\ 50}{80} = 62{,}5\ g\ uzorka$$

D. Kontrolni uzorak – bistri sok od jabuke + glukoza

11,5 g slobodnih ugljikohidrata 100 g uzorka (**Tablica 7**)

X (slobodnih ugljikohidrata u 150 g uzorka) = ?

$$x = \frac{150\ x\ 11{,}5}{100} = \mathbf{17{,}25}\ g\ slobodnih\ ugljikohidrata\ u\ 150\ ml\ soka$$

U kontrolni uzorak odvagano je i dodano još **32,7 g** čiste D(+)-glukoze monohidrata, što je u konačnici zadovoljilo zahtjeve metode.

3.3. APARATURA

Lancetar MICROLET®2 BAYER

Upotrebom lancetara MICROLET®2 BAYER provedeno je mjerenje glukoze u krvi perforacijom jagodica prstiju s ciljem dobivanja kapilarne krvi (**Slika 8**).



Slika 8 Lancetar i lancete za perforaciju prstiju
(https://www.contournext.com/home/#&panel1-1)

Trakice Bayer CONTOUR® NEXT USB

Nakon toga, upotrebom Bayer CONTOUR® NEXT trakica analizirani su uzorci kapilarne krvi (**Slika 9**).



Slika 9 Bayer CONTOUR® NEXT trakice
(https://www.contournext.com/home/#&panel1-1)

Glukometar Bayer CONTOUR® NEXT USB

Uz pomoć Bayer CONTOUR® NEXT USB glukometra provedeno je određivanje razine glukoze u krvi (**Slika 10**).



Slika 10 Glukometar Bayer CONTOUR® NEXT USB

(https://www.contournext.com/home/#&panel1-1)

Stadiometar

Pomoću stadiometra izmjerena je visina ispitanika (**Slika 11**).



Slika 11 Stadiometar

(http://www.seca.com/en_ie/products/all-products/product-details/seca217.html)

Tanita MC-180

Uređajem Tanita MC-180 procijenjen je sastav tijela ispitanika (**Slika 12**).



Slika 12 Analizator tjelesnog sastava Tanita MC-180 (www.ultra-soins.com)

3.4. METODA ISTRAŽIVANJA

Metoda kojom je određivan GI provedena je prema normi ISO 26 642:2010 i predstavlja međunarodno priznatu metodu za određivanje GI-a.

3.4.1. Ispitanici

Odabir zdravih ispitanika obavio se prema zahtjevima metode ISO 26 642:2010, na temelju odsutnosti alergija ili netolerancija te odsutnosti bilo kakvih lijekova koji utječu na toleranciju glukoze. Ispitanici su se tijekom istraživanja morali pridržavati postavljenih uvjeta: trebali su na ispitivanje doći 8 do 10 sati na tašte, nisu smjeli prethodne večeri konzumirati alkohol te su zamoljeni ne izvoditi intenzivne tjelovježbe prije testiranja.

Obzirom na ciljeve istraživanja potencijalni ispitanici su bili muškarci minimalne dobi od 18 godina koji se rekreativno bave sportom. Za sudjelovanje u istraživanju prijavilo se 10 mladića prosječne dobi 23,2 godine (od 20 do 27 godina) koji se minimalno 4 sata tjedno bave barem jednom sportskom aktivnošću (poluprofesionalno ili rekreativno), a potencijalni su potrošači proizvoda koji su se testirali. Devet ispitanika žive kao samci, dok jedan ispitanik živi u zajednici/braku te nijedan od ispitanika nema djece. Osam ispitanika su studenti, a dvoje ispitanika je zaposleno. Dvoje ih živi s roditeljima, a njih osmero žive kao podstanari. Prosječni mjesečni prihodi po članu domaćinstva kreću se između 2500 i 3500 kn. Osam od deset ispitanika ima srednju stručnu spremu, jedan ispitanik ima višu stručnu spremu te jedan ima visoku stručnu spremu. Među ispitanicima ima dvoje pušača, koji u prosjeku dnevno popuše do 5 cigareta, a pušači su između 5 i 10 godina. Nadalje, većina ispitanika ne uzima suplemente prehrani, dva ispitanika uzimaju proteine jednom tjedno, a dvoje uzimaju vitamine C i B skupine, 3-4 puta tjedno. Ispitanici u prosjeku piju između 1,5-2 litre vode na dan, a sokova do 0,5 litara. Troje ispitanika nikada ne konzumira kavu niti čaj, dok ih većina konzumira samo jednom dnevno. Većina ih ne konzumira šećer ili sladilo u svojoj prehrani kao ni alkohol. Svih 10 ispitanika smatra da se brine za svoje zdravlje, dok je samo jedan ispitanik izjavio kako ima zdravstvenih problema (visok krvni tlak).

Tablica 8 Analiza sastava tijela ispitanika određena analizatorom Tanita MC-180

	I01	I02	I03	I04	I05	I06	I07	I08	I09	I10
Visina (cm)	180	188	172	183	184	184	183	183	189	183
Masa (kg)	82,8	72,1	77,6	83,9	81,3	82,4	82,1	72,8	92,2	74,4
ITM (kg/m^2)	25,6	20,4	26,2	25,1	24,0	24,3	24,5	21,7	25,8	22,2
Opseg struka (cm)	89,0	76,0	83,0	79,0	80,0	77,0	80,0	80,0	91,0	80,0
Opseg bokova (cm)	97	99	99	101	98	97	102	101	108	102
Omjer struka i bokova	0,92	0,77	0,84	0,78	0,82	0,79	0,78	0,79	0,84	0,78
Bazalni metabolizam (kJ)	8149	7839	8170	8547	8568	9070	8384	1857	9418	7910
Masna masa (kg)	17,0	8,8	12,1	15,6	11,3	8,1	14,4	10,1	16,8	10,8
Bezmasna masa (kg)	65,8	63,4	65,6	68,3	69,9	74,3	67,7	62,7	75,4	63,8
Visceralna mast (razina)	5	1	3	3	3	1	3	1	4	2
Mišićna masa (kg)	62,6	60,3	62,3	64,9	66,5	70,7	64,3	59,6	71,7	60,6
Tjelesna voda (kg)	47,0	45,2	49,1	49,3	50,5	54,2	48,6	45,0	53,8	45,9
Izvanstanična voda (kg)	18,9	17,7	18,9	19,6	19,4	20,2	19,3	17,7	20,8	18,1
Unutarstanična voda (kg)	28,1	27,5	30,3	29,8	31,1	34,2	29,4	27,3	33,0	27,8
Omjer ECW/ICW	0,67	0,64	0,62	0,66	0,62	0,59	0,66	0,65	0,63	0,65
Impendancija cijelog tijela (Ω)	564	625	470	536	512	461	544	605	516	583

Analizatorom Tanita MC-180 provedena je analiza tjelesnog sastava ispitanika (**Tablica 8**). Analiza je provedena prije početka istraživanja te nakon završenog istraživanja. Ispitanicima je omogućen uvid u rezultate te su upoznati s vlastitim tjelesnim sastavom, što se može smatrati i kao nagradom za njihovo sudjelovanje u istraživanju. Dobiveni rezultati su očekivani obzirom na vrstu sporta kojom se ispitanici bave. Ovo se posebno odnosi na ITM ispitanika koji kod sportaša može biti povećan kada se radi o mišićnoj masi.

1982. godine, Baecke i sur. su razvili upitnik za evaluaciju osobne fizičke aktivnosti (**Prilog 1**) te ga podijelili u 3 dimenzije (**Tablica 9**). Iz dobivenih rezultata vidljivo je kako je po sve 3 promatrane dimenzije razina fizičke aktivnosti veća od prosječne studentske populacije (Banjari i sur., 2011.). Banjari i sur. su 2011. godine primjenom istog upitnika na studentskoj populaciji utvrdili da je indeks radnog vremena iznosi 2,3 (± 0,5), sporta 2,9 (±2,6) i slobodnog vremena 2,9 (± 0,9). Također, rezultati zadnjeg istraživanja provedenog na studentskoj populaciji pokazali su kako je 25,6 % studenata totalno neaktivno dok ih se 30,3 % sezonski rekreativno bave sportom (Banjari i Ostrognjaj, 2014.). Ispitanici koji su sudjelovali u ovom istraživanju su fizički aktivni minimalno 4 sata u tjednu te spadaju u kategoriju jako aktivnih rekreativaca (Baecke i sur., 1982.). Ovu populaciju ispitanika možemo smatrati potencijalnim korisnicima test uzoraka, odnosno energetskih gelova, obzirom da su sportovi kojima se bave fizički zahtjevni (Khanna i Manna, 2005.; Wolever, 2006.; Donaldson i sur., 2010.; ADA, 2009.).

Tablica 9 Razina fizičke aktivnosti ispitanika procijenjena preko indeksa rada, sporta i slobodnog vremena

Ispitanik	Indeks rada	Indeks sporta	Indeks slobodnog vremena
I01	3,00	4,26	4,25
I02	2,88	6,42	4,00
I03	3,38	4,11	2,75
I04	3,25	3,07	4,25
I05	4,38	5,32	3,25
I06	2,25	3,60	4,00
I07	3,63	5,66	3,75
I08	3,00	3,82	3,25
I09	3,25	5,37	3,50
I10	2,50	3,23	2,25

3.4.2. Protokol istraživanja

Ispitanici su došli na prvi termin gdje su upoznati s protokolom istraživanja te su nakon pristanka potpisali Suglasnost za sudjelovanje (**Prilog 2**). Ispitanici su podijeljeni nasumičnim postupkom primjenom metode randomizacije po terminima obzirom na broj test uzoraka. Na prvi termin ispitanici su došli nakon minimalno 8 do 10 sati na tašte. Tom prilikom im je analiziran sastav tijela pomoću uređaja Tanita MC-180 (**Slika 12**) uz mjerenje visine stadiometrom (Seca, UK). Isto je provedeno i na kraju istraživanja. Nakon toga ispitanici su zamoljeni da dođu na sljedeći termin u laboratorij gdje su na temelju prethodno provedene randomizacije dobili test hranu (proizvod kojemu se određuje GI), odnosno kontrolni uzorak uz koju su popili još 250 ml vode. Svaki ispitanik je primjenom lancetara i glukometra izvadio krv u vremenskom intervalu od 120 minuta (-5', 0', 15', 30', 45', 60', 90', 120'). U periodu između mjerenja u 0' i 15' ispitanici su jednokratno ocijenili senzorsku prihvatljivost ispitivanog uzorka primjenom hedonističke skale (**Prilog 3**). Također su ispunjavali i obrazac o subjektivnom osjećaju sitosti, odnosno gladi i eventualnim nuspojavama (**Prilog 4**).

Istraživanje je prethodno odobreno od strane Etičkog povjerenstva za istraživanja na ljudima Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek.

Pomoću upitnika o sitosti (**Prilog 4**) ispitan je subjektivni osjećaj sitosti za svaki testirani uzorak. Upitnik se sastojao od četiri vizualno-analogne skale te su ispitanici zamoljeni da na svakoj skali odgovore na pitanja vezana uz njihovu trenutnu želju za jelom, glad, sitost i o tome koliko bi mogli pojesti u određenoj minuti ispitivanja. Ispitanici su iskazivali svoj osjećaj stavljanjem okomite crte na skalu gdje ekstremno lijeva točka označava osjećaj potpune sitosti. Iznimka je treća skala, koja za pitanje o tome koliko se puni osjećaju ispitanici, ide u suprotnom smjeru. Na kraju istraživanja ravnalom su se mjerila označena mjesta na skali te se iz toga računala ukupna subjektivna ocjena za apetit prema formuli **(2)**:

$$\frac{(Q1 + Q2 + (100 - Q3) + Q4)}{4} \qquad (\mathbf{2})$$

gdje je:

- Q1 – „koliko je jaka Vaša želja za jelom“,
- Q2 – „koliko se gladno osjećate“,

- Q3 – „koliko se osjećate punima“,
- Q4 – „što mislite koliko biste sada mogli pojesti“(**Prilog 4**).

3.4.3. Statistička obrada podataka

Broj ispitanika potrebnih za sudjelovanje u istraživanju utvrđen je primjenom statističke metode o jačini uzorka, tzv. power analysis. Jačina uzorka je računata tako da je bilo potrebno ostvariti minimalnu jačinu od 80 %, što je standard za ovakav tip kliničkih kontroliranih istraživanja, uz minimalnu promjenu u razini glukoze za istog ispitanika od 0,20 mmol/l. Kako bi se zadovoljili postavljeni uvjeti bilo je potrebno minimalno deset ispitanika.

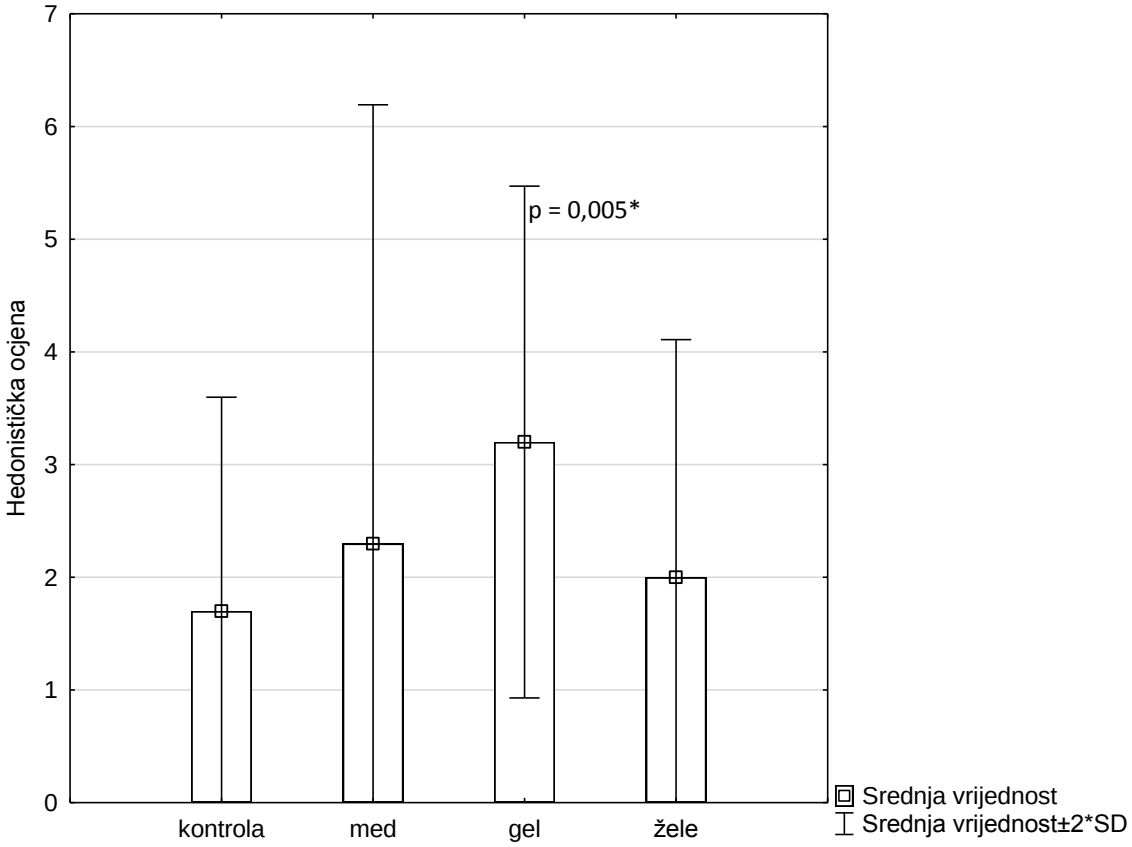
Za promjenu razine glukoze, subjektivni osjećaj sitosti, hedonističku ocjenu uzoraka i izračunati glikemijski indeks test uzoraka korištena je aritmetička sredina uz prikaz standardne devijacije. Površina ispod krivulje, iAUC, je prikazana je aritmetičkom sredinom i standardnom greškom.

Daljnja statistička obrada je uključila primjenu parametrijskih statističkih testova, odnosno primjenu t-testa za nezavisne odnosno za zavisne varijable. Za izračun korelacija numeričkih podataka korišten je Pearsonov test korelacije.

Grafička obrada podataka napravljena je pomoću MS Office Excel tabličnog alata (inačica 2010, Microsoft Corp., USA) i programa Statistica (inačica 12.0, StatSoft Inc., USA). Statistička je analiza napravljena pomoću programa Statistica (inačica 12.0, StatSoft Inc., USA), uz odabranu razinu značajnosti od p=0,05.

4. REZULTATI I RASPRAVA

Zadatak testiranja ispitanika bio je i ocijeniti okus i senzorsku prihvatljivost uzoraka (**Slika 13**). Od svih ispitivanih uzoraka, najlošiju prihvatljivost imao je uzorak gela (3,2 ± 1,1; p = 0,005 u odnosu na kontrolu). Mogući razlog ovakvom rezultatu je prepoznatljivost i familijarnost s okusom bistrog soka jabuke koji je korišten kao baza za referentni uzorak (kontrolu) (1,7 ± 0,9). Nakon kontrolnog uzorka, najbolje je bio ocijenjen uzorak meda (**Slika 13**).



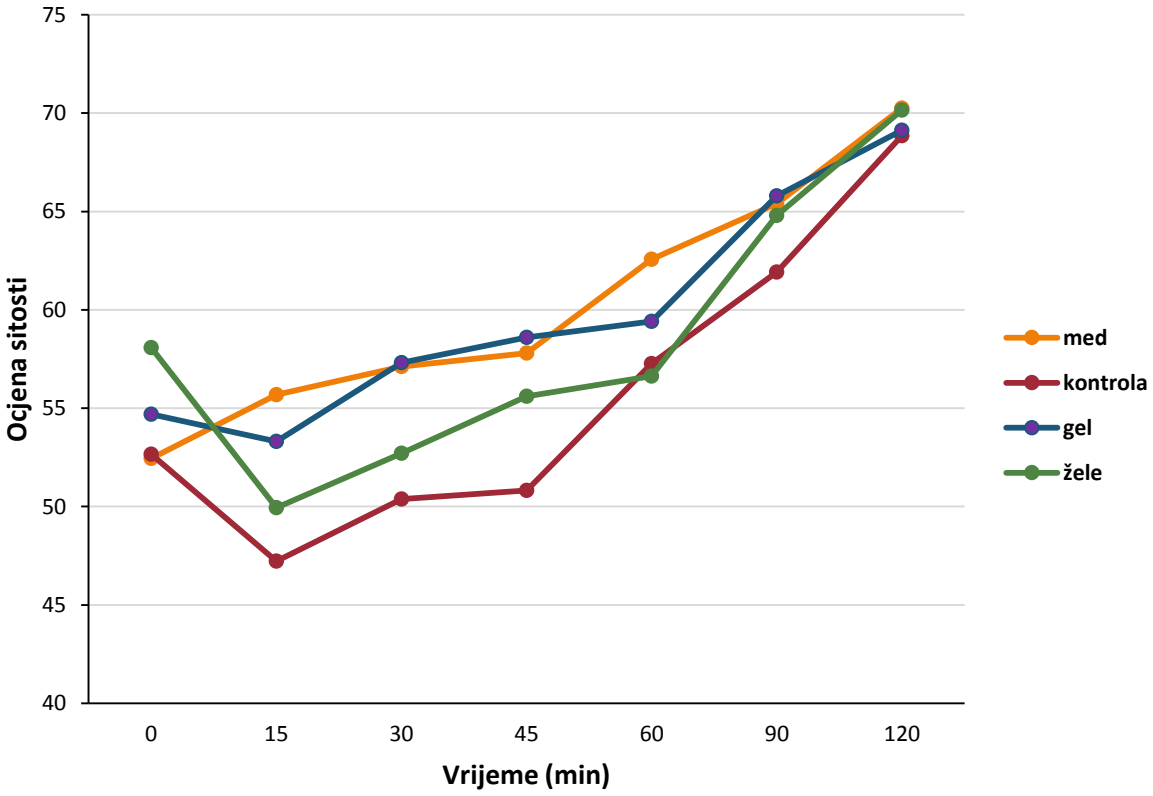
Slika 13 Hedonistička ocjena uzoraka za okus za ispitivane uzorke

t-test za nezavisne varijable; * označava statističku značajnost razlike između kontrole i gela kod p < 0,05

SD – standardna devijacija

Korištenjem obrazaca o eventualnim nuspojavama (**Prilog 4**) zabilježena je tek jedna nuspojava tijekom konzumacije želea, gdje je ispitanik osjetio blago napuhivanje tekućinom.

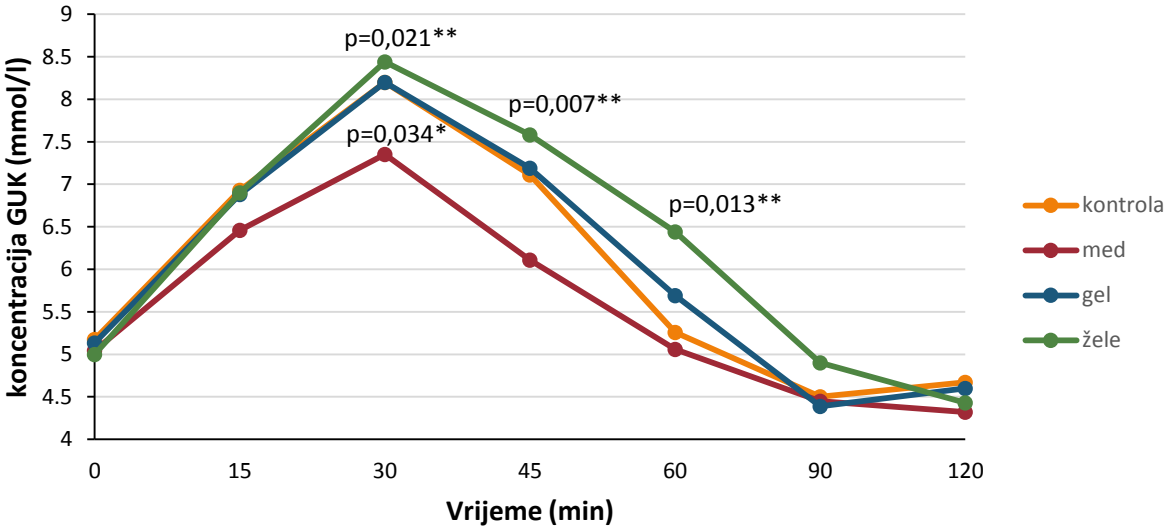
Subjektivni osjećaj sitosti je u direktnoj vezi sa vrstom konzumirane hrane kao i s njenim sastavom. Također, vrlo značajan čimbenik subjektivnog osjećaja sitosti je i konzistencija same hrane; kruta hrana izazva veći osjećaj sitosti od tekuće hrane ili napitaka, što je u direktnoj vezi sa samom fiziologijom i procesom probave (Karas, 2014.).



Slika 14 Krivulje subjektivnog osjećaja sitosti za ispitivane uzorke kroz 120 minuta

Nije utvrđena statistički značajna razlika subjektivnog osjećaja sitosti za niti jedan uzorak niti za jednu vremensku točku prilikom provedbe istraživanja što je i očekivano obzirom na konzistenciju uzoraka (**Slika 14**). Osim toga, važno je istaknuti kako je ovo poželjan rezultat obzirom da se željela utvrditi mogućnost primjene svakog od ispitivanih uzoraka, posebice meda kao energetskog pripravka koji bi sportaši mogli koristiti.

Brzina i intenzitet povišenja GUK-a nakon konzumiranja određenog obroka u usporedbi sa standardom predstavlja GI (Banjari, 2010.). Amplituda porasta GUK-a određuje količinu izlučenog inzulina, a u direktnoj je vezi s brojnim metaboličkim poremećajima poput pretilosti, dijabetesa, metaboličkog sindroma i drugo (Karas, 2014.). Značaj je još veći kada se gleda sa aspekta sportske izvedbe (Spaccarotella i Andzel, 2011.; ACSM, 2011.; Donaldson i sur., 2010.).



Slika 15 Promjena razine glukoze u krvi za ispitivane uzorke kroz 120 minuta

t-test za nezavisne varijable; *označava statističku značajnost kod p < 0,05

*označava statističku značajnost razlike između kontrole i meda; **označava statističku značajnost razlike između meda i želea

Usporedba povišenja razine GUK-a za sve ispitivane uzorke prikazana je na **slici 15**. Uzorak meda je pokazao značajno najniži porast GUK-a kroz 120 minuta. Statistički značajno niža koncentracija GUK-a je utvrđena u 30-oj minuti između meda i kontrole (p = 0,034) i želea (p = 0,021). Osim toga, statistički značajno niža koncetracija GUK-a za uzorak meda u odnosu na uzorak želea utvrđena je i u 45-oj minuti (p = 0,070) te u 90-oj minuti (p = 0,013). Uzorak želea prema promjeni GUK pokazuje najvišu postprandijalnu glikemiju uz najviši skok GUK-a od 8,44 mmol/l dok je za med utvrđen najniži skok GUK-a od 7,35 mmol/l. Najviši skok za sve uzorke je bio u tridesetoj minuti. Patterson i Gray (2007) su ispitivali utjecaj ugljikohidratnih gelova u odnosu na placebo na performans nogometaša koji su bili podvrgnuti treningu trčanja visokog intenziteta, u intervalima od hodanja do trčanja do iscrpljenosti. Utvrdili su statistički

značajno više vrijednosti GUK-a u 15, 30 i 60 minuta trčanja do iscrpljenosti nakon konzumacije gela u odnos na placebo, a ujedno je i period u kojem je postignuto iscrpljenje prilikom primijenjenog treninga trčanja bio statistički značajno dulji za gel nego placebo. Ovi rezultati pokazuju kako uzimanje ugljikohidratnog gela, uz vodu poboljšava performans najvjerojatnije preko održanja razine GUK-a tijekom vježbanja (Patterson i Gray, 2007.). Istraživanje u kojem je ispitivan utjecaj gelova niskog i visokog GI na pojavu gastrointestinalnih tegoba (grčevi, nadutost) kod trkača dugoprugaša, oba spola nije utvrdilo značajnije tegobe bez obzira na sastav gela nakon 16 km trčanja (Pfeiffer i sur., 2009.). Osim toga, utvrđeno je kako se ugljikohidrati iz gela oksidiraju (metaboliziraju) jednako kao i iz napitka, što je ispitano na dobro utreniranim biciklistima kojima je promatrana maksimalna potrošnja kisika (VO2max) nakon 180 minutnog vježbanja (Pfeiffer i sr., 2010.).

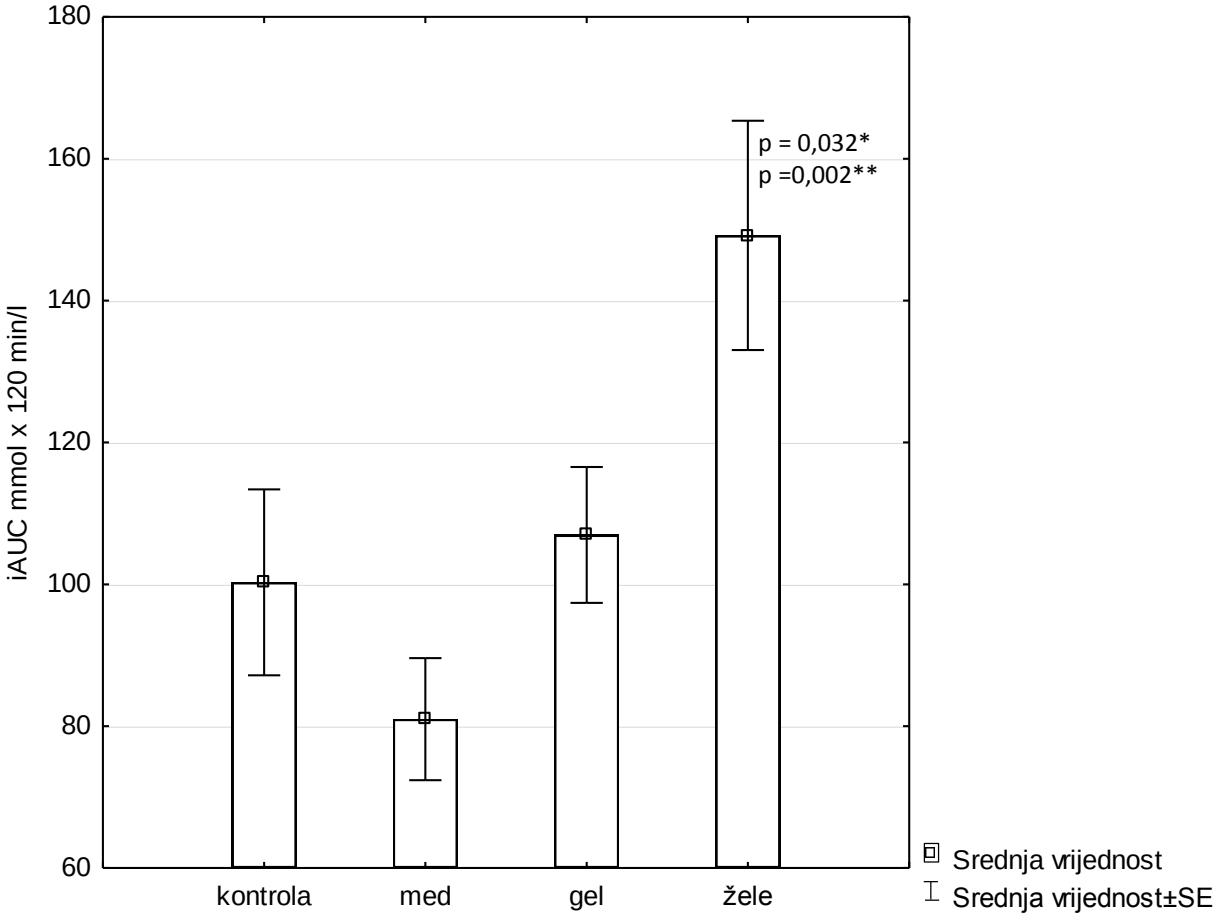
Tablica 10 Korelacija promjene razine glukoze u krvi kroz 120 minuta i subjektivnog osjećaja sitosti za ispitivane uzorke

Subjektivni osjećaj sitosti	Promjena razine GUK			
	Kontrola	Med	Gel	Žele
Kontrola	- 0,63			
Med		- 0,78		
Gel			- 0,62	
Žele				- 0,81

Pearsonov test korelacija

Važno je istaknuti kako je utvrđena statistički značajna jaka negativna korelacija između promjene razine GUK-a i subjektivnog osjećaja sitosti za sve ispitivane uzorke (**Tablica 10**).

Površina krivulje izračunata je kao zbroj površina trapezoida ispod krivulja za promjenu koncentracije GUK-a ispitivanih uzoraka (**Slika 15**) te je izražena u mmol x 120 min/l. Izračunate vrijednosti iAUC su kako slijede: med 81,0 ± 8,6; kontrola 100,3 ± 13,1; gel 107,0 ± 9,6; žele 149,2 ± 16,2 (**Slika 16**). Utvrđena je statistički značajna razlika između kontrole i želea (p = 0,032) te želea i meda (p = 0,002).



Slika 16 Površina ispod krivulje (iAUC) za ispitivane uzorke kroz 120 minuta

t-test za nezavisne varijable, * označava statističku značajnost kod p < 0,05

SE – standardna greška

*označava statističku značajnost žele naspram kontrole; **naspram meda

Uzimajući u obzir ugljikohidratni sastav svih ispitivanih uzoraka, posebice omjera glukoze i fruktoze u medu (Bogdanov, 2012.) dobiveni su rezultati bili očekivani. Konzumacijom meda došlo je do najmanjeg porasta koncentracije GUK-a, čime je potvrđen potencijal meda za uporabu među sportašima s ciljem povećanja izdržljivosti.

Ahmad i suradnici (2015.) proveli su randomizirano presječno istraživanje u kojem su ispitivali učinak napitka na bazi meda bagrema na oporavak nakon intenzivnog vježbanja na deset ispitanika i to s aspekta oporavka rezervi glukoze i utjecaj na uzastopno opterećenje u vidu trčanja na visokim vrućinama, a u usporedbi s običnom vodom. Utvrdili su da rehidratacija s napitkom na bazi meda povećava performanse trkača i metabolizam glukoze u usporedbi s običnom vodom, na vrućini.

Earnest i suradnici (2004.) su ispitivali utjecaj konzumacije meda na izvedbu biciklista tijekom 64 km rute, gdje je 15 g meda (GI = 35) bilo konzumirano svakih 16 km, u usporedbi s dekstrozom (GI = 100). Utvrdili su kako su ispitanici u zadnjoj etapi generirali više energije na medu, te kako nije došlo do promjene u srčanom pulsu (broju otkucaja srca u minuti) ili intenzitetu vježbanja (eng. rate of perceived exertion, RPE).

Vrijednosti GI-a su podložne velikoj inter- i intraindividualnoj varijabilnosti (Chlup i sur., 2004.; Wolever, 2003.; Foster-Powell i sur., 2002.). Kako je napomenuto ranije, u Europskoj uniji GI velikog broja hrane nije određen, kao što ni metode za određivanje GI-a nisu standardizirane (Wolever i sur., 2003.). Upravo je ovo glavni razlog potrebe za standardizacijom te sustavnim određivanjem GI hrane, kako bi se išlo u korak s naprednim područjima proizvodnje nove hrane i dodataka prehrani te znanstvenim dokazima o povezanosti GI-a s brojnim zdravstvenim učincima (Wolever, 2006.; Arvidsson-Lenner i sur., 2004.; Prašek, 2004.). Potrebi za standardizacijom govore u prilog i rezultati dobiveni istraživanjem koje su proveli Karas i suradnici (2015.). Oni su ispitivali GI dva komercijalno dostupna pripravka za oporavak nakon treninga, tzv. recovery pripravka te su zaključili kako oba uzorka spadaju u kategoriju VGI, što je u skladu s njihovom namjenom, no određeni GI ispitivanih proizvoda (317, 9 ± 122, 4 naprama 161, 6 ± 14, 6, p = 0, 022) ukazuje na značajne razlike u mehanizmu djelovanja na metabolizam glukoze koje unatoč istoj klasifikaciji od strane proizvođača vjerojatno proizlaze iz formulacije proizvoda (nutritivnog sastava).

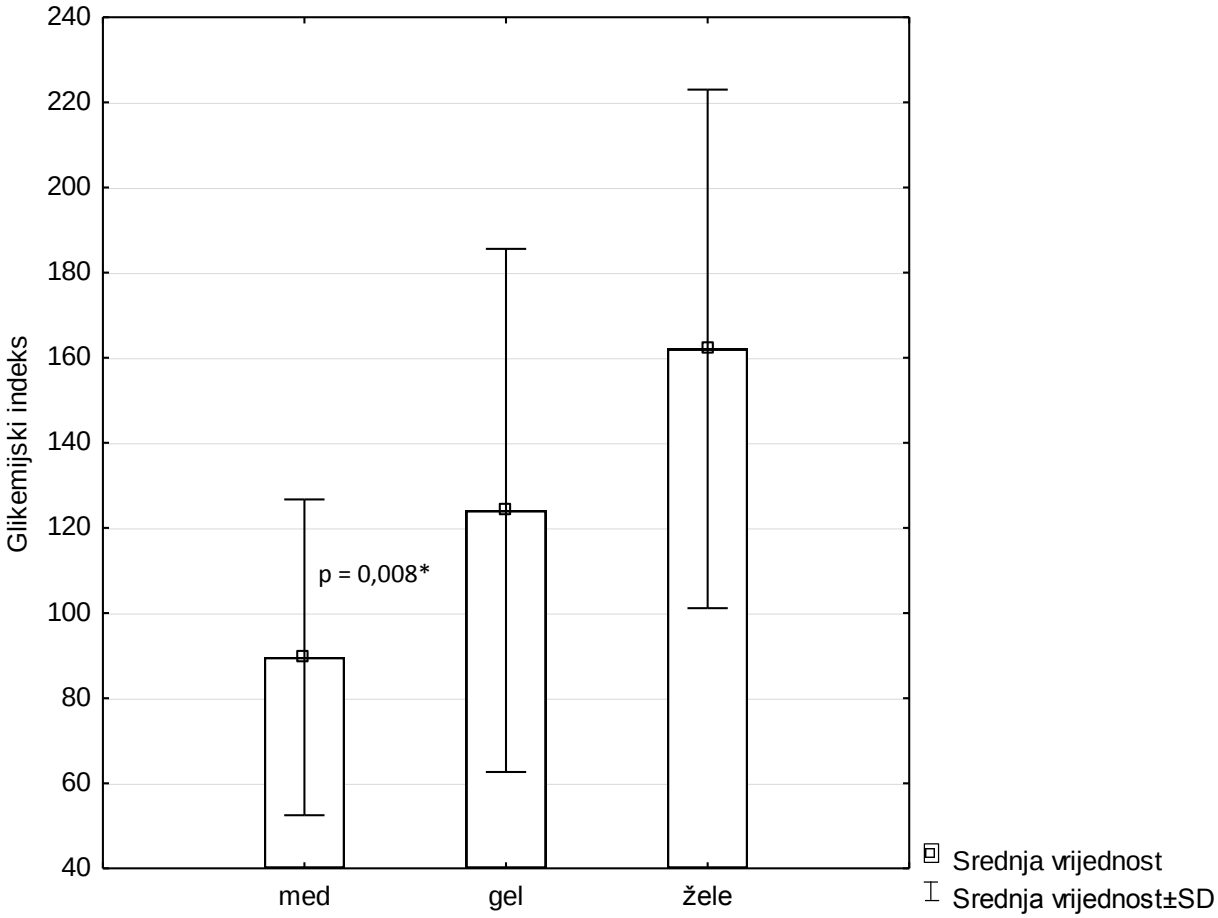
Na osnovi dobivenih rezultata iAUC za kontrolu i test uzorke izračunate su vrijednosti njihovog GI (**Slika 17**) prema formuli (**3**):

$$GI = \frac{At}{Aref} * 100 \qquad (\mathbf{3})$$

gdje je:

- At – iAUC test hrane
- Aref – iAUC referentne hrane

Med je imao najniži GI (89,6 ± 37,1), zatim uzorak gela (124,1 ± 61,5), te uzorak želea (162,1 ± 60,9). Statistički značajna razlika utvrđena je između uzora meda i želea (p = 0,008) (**Slika 17**).



Slika 17 Glikemijski indeks ispitivanih uzoraka

SD – standardna devijacija

t-test za nezavisne uzorke; *označava statistički značajnu razliku između meda i želea kod $p < 0,05$

Prema kategorizaciji navedenoj u **Tablici 1** i **2** dobivene vrijednosti za gel i žele, možemo svrstati u kategoriju VGI i visokog GL. Uzimajući u obzir sam sastav uzoraka gela i želea (**Tablica 4** i **5**), odnosno sadržaj ugljikohidrata kao i samu namjenu ovih proizvoda, visoki GI je bio i očekivan.

Rezultati su također i u skladu s rezultatima drugih istraživanja (Chlup i sur., 2004.). Važno je istaknuti i kako istraživanja u području sporta idu u prilog tome kako je konzumacija ugljikohidrata sa različitim GI prije, tijekom i nakon treninga ili natjecanja utječe na sportsku izvedbu, a preferira se hrana VGI koja je najkorisnija nakon dugotrajnog i intenzivnog treninga jer se poboljšava sadržaj mišićnog glikogena (Karas i sur., 2015.; ACSM, 2011.; SDA, 2011.).

Iako GI predstavlja važan podatak po utjecaju neke hrane na porast GUK-a ipak se treba uzeti s dozom opreza. Sastav hrane je važna odrednica GI, posebice ukupan udio ugljikohidrata i njihov sastav. Prilikom procjene sastava ugljikohidrata važno je uzeti u obzir udio svih pojedinih mono- i polisaharida, zbog razlike u njihovom metabolizmu. Tu dolazimo i do pitanja vezanih uz utjecaj fruktoze na GI neke hrane. GI u sebi sadrži komponentu inzulinskog odgovora i on može značajno varirati unatoč tome što vrijednost GI ostaje relativno konstantna u različitim populacijskim skupinama, npr. normalno uhranjenim i pretilim osobama, osobama s poremećenom tolerancijom GUK-a ili dijabetičarima (Wolewer, 2006.). Međutim, metabolizam fruktoze je neovisan o inzulinu pa se postavlja pitanje opravdanosti korištenja GI za hranu visokog sadržaja fruktoze. Naime, ne postoji biološka potreba za unosom fruktoze (Bray, 2007.). Nakon konzumacije, fruktoza se slabo apsorbira u probavnom traktu, što se može vidjeti i u serumskoj koncentraciji fruktoze (oko 0,01 mmol/l) u odnosu na glukozu (oko 5,5 mmol/l) (Bray, 2007.). Fruktoza se fosforilira do fruktoza-6-fosfata pomoću fruktokinaze (Lustig, 2013.). Zbog velikog broja GLUT5 transportnih proteina, fruktozu preuzimaju hepatociti. Dva glavna metabolita su dihidroksiaceton fosfat (DHAP) i gliceraldehid-3-fosfat (GA3P), metaboliti glikolize, koji se mogu koristiti tijekom glukoneogeneze za sintezu glikogena. Alternativno, prevode se u glicerol ili piruvat te Acetil-CoA koji potiče sintezu masnih kiselina i kolesterola (Klapec i Strelec, 2015.; Lustig, 2013.), odnosno potiču de novo lipogenezu (Lustig, 2013.). Dolazi do direktnog utjecaja na proces ateroskleroze preko promjene u lipoproteinskom sastavu i sinteze dušikovog monoksida (NO) (preko inhibicije endotelne NO-sintaze) i utjecaja na vazodilataciju krvnih žila (Lustig, 2013.). Kao jedan od mogućih principa koji bi se mogao primijeniti za klasifikaciju hrane s visokim sadržajem fruktoze je da se uz vrijednost GI uzme u obzir energetska gustoća hrane kao i ukupan sadržaj ugljikohidrata (Wylie-Rosett i sur., 2004.).

5. ZAKLJUČCI

Na osnovi rezultata istraživanja provedenih u ovom radu, mogu se izvesti sljedeći zaključci:

1. Primjenom hedonističke skale utvrđeno je kako su ispitanici imali najveću preferenciju prema kontrolnom uzorku, zatim uzorku meda, zatim uzorku želea te statistički značajno najmanju prihvatljivost prema uzorku gela.

2. Nije utvrđena statistički značajna razlika subjektivnog osjećaja sitosti za niti jedan uzorak niti za jednu vremensku točku prilikom provedbe ispitivanja, što je pozitivna karakteristika obzirom da se željela utvrditi mogućnost primjene ispitivanih uzoraka, posebice meda kao energetskog pripravka koji bi sportaši mogli koristiti s ciljem povećanja izdržljivosti.

3. Med je imao statistički značajno niži porast GUK-a u odnosu na kontrolu ($p = 0,034$) i žele ($p = 0,021$) u 30-oj minuti, te u 45-oj ($p = 0,070$) i 90-oj minuti ($p = 0,013$) u odnosu na žele. Uzorak želea prema promjeni GUK-a pokazuje najvišu postprandijalnu glikemiju uz najviši skok GUK od 8,44 mmol/l dok je za med utvrđen najniži skok GUK od 7,35 mmol/l.

4. Statistički značajno najveću površinu ispod krivulje (iAUC) imao je uzorak želea ($149,2 \pm 16,2$), u usporedbi s medom ($81,0 \pm 8,6$; $p = 0,002$) i kontrolom ($100,3 \pm 13,1$; $p = 0,032$).

5. Med je imao statistički značajno najniži GI ($89,6 \pm 37,1$) u odnosu na GI želea ($162,1 \pm 60,9$; $p = 0,008$).

Dobiveni rezultati pokazuju kako se med obzirom na GI može smatrati dobrom alternativom energetskim pripravcima namijenjenim sportskoj izvedbi.

6. LITERATURA

Ahmad NS, Ooi FK, Saat Ismail M, Mohamed M: Effects of Post-Exercise Honey Drink Ingestion on Blood Glucose and Subsequent Running Performance in the Heat. *Asian Journal of Sports Medicine*, 6(3):e24044, 2015.

American College of Sports Medicine (ACSM): *Selecting and Effectively Using Sports Drinks, Carbohydrate Gels and Energy Bars*. American College of Sports Medicine, Indianapolis, 2011. http://www.acsm.org/docs/brochures/selecting-and-effectively-using-sports-drinks-carbohydrate-gels-and-energy-bars.pdf [06.03.2016.]

American Dietetic Association (ADA): Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *Journal of the American Dietetic Association*, 109:509-527, 2009.

Arvidsson-Lenner R, Asp NG, Axelsen M, Bryngelsson S, Haapa E, Jarvi A, Karlstrom B, Raben A, Sohlstrom A, Thorsdottir I, Vessby B: Glycaemic Index-Relevance for health, dietary recommendations and food labelling. *Scandinavian Journal of Nutrition*, 48(2):84-94, Taylor & Francis, 2004.

Atkinson FS, Foster-Powell K, Brand-Miller JC: International Tables of Glycemic Index and Glycemic Load Values. *Diabetes Care*, 31:2281-2283, 2008.

Banjari I: *Funkcionalna hrana i prehrambeni dodaci (propisi za vježbe)*. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, 2010.

Banjari I, Jalšić V, Juranić S, Petrović I, Prpić I: *Tjelesna aktivnost studentske populacije Sveučilišta u Osijeku.* Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, 2011.

Banjari I, Ostrognjaj T: Procjena rizika za obolijevanje od karcinoma debelog crijeva studentske populacije. *Hrana u zdravlju i bolesti*, 3(2), 2014.

Baecke JAH, Burema J, Frijters ER: A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 36:936-942, 1982.

Bogdanov S: Chapter 8. U *Book of Honey,* str. 3-4. Bee Product Science, 2012.

Bray GA: How bad is fructose? *American Journal of Clinical Nutrition*, 86:895-896, 2007.

Chlup R, Bartek J, Rezničkova M, Zapletalova J, Doubravova B, Chlupova L, Sečkar P, Dvoračkova S, Šimanek V: Determination of the glycaemic index of selected foods (white bread and cereal bars) in healthy persons. *Biomedical Papers*, 148(1):17-25, 2004.

Contour®Next, 2016. https://www.contournext.com/home/#&panel1 [24.03.2016.]

Danone Vitapole/FAO (Food and Agriculture Organization): *Glycaemic Index and Health: the Quality of the Evidence*. John Libbey Eurotext, Paris, 2001.

Donaldson CM, Perry TL, Rose MC: Glycemic Index and Endurance Performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 20:154-165, 2010.

Earnest CP, Lancaster SL, Rasmussen CJ, Kerksick CM, Lucia A, Greenwood MC, Almada AL, Cowan PA, Kreider RB: Low vs. high glycemic index carbohydrate gel ingestion during simulated 64-km cycling time trial performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3):466-472 2004.

Euromonitor International, 2016. http://www.euromonitor.com/energy-drinks-in-croatia/report [10.03.2016.]

Foster-Powell K, Holt SH, Brand-Miller JC: International table of glycemic index and glycemic load values. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 76(1):5-56, 2002.

Graham TE: Caffeine and exercisse: metabolis, endurance and performance. *Sports Medicine,* 31(11):785-807, 2001.

Guyton AC, Hall JE: *Medicinska fiziologija*. Medicinska naklada, Zagreb, 2003.

International Standards Organization: Food products – Determination of the glycaemic index (GI) and recommendation for food clasification. ISO 26 642:2010.

Jenkins DJA, Wolever TMS, Taylor RH, Barker H, Fielden H, Baldwin JM, Bowling AC, Newman HC, Jenkins AL, Goff DV: Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 34:362-366, 1981.

Kaić Rak A, Antonić K: *Tablice o sastavu namirnica i pića*. Zavod za zaštitu zdravlja SR Hrvatske, Zagreb, 1990.

Karas D, Banjari I, Kenjerić D: Determination of the glycaemic index of preparations for sports performance. *Food in Health and Disease*, 4(1):1-10, 2015.

Karas D: Određivanje glikemijskog indeksa pripravaka za oporavak nakon treninga („Recovery“ pripravaka). *Diplomski rad.* Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2014.

Khanna GL, Manna I: Supplementary effect of carbohydrate-electrolyte drink on sports performance, lactate removal & cardiovascular response of athletes. *Indian Journal of Medical Research*, 121:665-669, 2005.

Klapec T., Strelec I. Prehrambena biokemija. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2015. http://studenti.ptfos.hr/Diplomski_studij/Prehrambena_biokemija/Prehrambena%20biokemija_Jan2016.pdf [29.04.2016.]

Last AR, Wilson SA: Low-Carbohydrate Diets. *American Family Physician*, 73(11):1942-1948, 2006.

Lustig RH: Fructose: It's "Alcohol Without the Buzz". *Advances in Nutrition*, 4:226–235, 2013.

Mahan KL, Escott-Stump S: *Krause's Food & Nutrition Therapy*. Saunders, Philadelphia, 2007.

Mazić S, Lazović B, Đelić M, Suzić Lazić J, Aćimović T, Brkić P: Body composition assessment in athletes: a systematic review. *Medicinski pregled*, 67(7-8):255-260, 2014.

Mettler S, Lamprecht-Rusca F, Stoffel-Kurt N, Wenk C, Colombani PC: The influence of the subjects training state on the glycemic index. *European Journal of Clinical Nutrition*, 61(1):19-24, 2007.

Mettler S, Wenk C, Colombani PC: Influence of training status on glycemic index *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 76(1):39-44, 2006.

Mitchell HL: The glycemic index concept in action. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 87:244-246, 2008.

Mujika I, Burke LM: Nutrition in Team Sports. *Annals of Nutriton and Metabolis,* 57(2):26-35, 2010.

Patterson SD, Gray SC: Carbohydrate-gel supplementation and endurance performance during intermittent high-intensity shuttle running. *International Journal of Sports Nutrition and Exercise Metabolism*, 17(5): 445-455, 2007.

Pfeiffer B, Stellingwerff T, Zaltas E, Jeukendrup AE: CHO oxidation from a CHO gel compared with a drink during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(11): 2038-2045, 2010.

Pfeiffer B, Cotterill A, Grathwohl D, Stellingwerff T, Jeukendrup AE: The effect of carbohydrate gels on gastrointestinal tolerance during a 16-km run. *International Journal of Sports Nutrition and Exercise Metabolism*, 19(5): 485-503, 2009.

Polleosport, 2016. http://polleosport.hr/sportska-prehrana/gelovi [03.03.2016.]

Pramukova B, Szabadosova V, Šoltesova A: Current knowledge about sports nutrition. *Australasian Medical Journal*, 4(3):107-110, 2011.

Prašek M: Metabolički sindrom-osnovni principi liječenja. *Medicus*, 13(2):95-102, 2004.

Seca, 2016. http://www.seca.com/en_ie/products/all-products/product-details/seca217.html [26.03.2016.]

Spaccarotella KJ, Andzel WD: Building a Beverage for Recovery From Endurance Activity: A Review. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(11):3198-3204, 2011.

Sports Dietitians Australia (SDA): *Sports drinks-Fact sheet*. Sports Dietitians Australia, South Melbourne, 2011. http://www.sportsdietitians.com.au/resources/upload/110616%20Sports%20Drinks. pdf [08.03.2016.]

Strelec I: *Prehrambena biokemija (ppt predavanja)*. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, 2013. http://studenti.ptfos.hr/Diplomski_studij/Prehrambena_biokemija/PPT_prezentacije_predavanja/ [29.02.2016.]

Ultra-Soins, 2014. http://www.ultra-soins.com/balance-professionnelle-tanita-mc-180-ma.html [29.02.2016.]

Wolever TMS: *Glycaemic index – A Physiological Classification of Dietary Carbohydrate*. Cabi Publishing, King's Lynn, UK, 2006.

Wolever TMS, Vorster HH, Bjorck I, Brand-Miller J, Brighenti F, Mann JI, Ramdath DD, Granfeldt Y, Holt S, Perry TL, Venter C, Xiaomei W: Determination of the glycaemic index of foods: Interlaboratory study. *European Journal of Clinical Nutrition*, 57:475-482, 2003.

Wylie-Rosett J, Segal-Isaacson CJ, Segal-Isaacson A: Carbohydrates and increases in obesity: does the type of carbohydrate make a difference? *Obesity Research*, 12:124S–129S, 2004.

7. PRILOZI

Prilog 1 Upitnik o fizičkoj aktivnosti

Upitnik o fizičkoj aktivnosti

Ovaj se upitnik odnosi na Vaše svakodnevne aktivnosti, počevši s kućanskim poslovima, onime što radite na poslu, te nakon posla. Bazirajte se na Vašoj uobičajenoj aktivnosti u zadnjih mjesec dana.

Datum ispunjavanja upitnika _____

	ZAOKRUŽI ODGOVOR	NE POPUNJAVATI
1.Koje je Vaše glavno zanimanje	_____	
2. Na poslu sjedim	nikada / rijetko / katkada / često / uvijek	1 – 2 – 3 – 4 – 5
3. Na poslu stojim	nikada / rijetko / katkada / često / uvijek	1 – 2 – 3 – 4 – 5
4. Na poslu hodam	nikada / rijetko / katkada / često / uvijek	1 – 2 – 3 – 4 – 5
5. Na poslu dižem teške terete	nikada / rijetko / katkada / često / vrlo često	5 – 4 – 3 – 2 – 1
6. Nakon posla sam umoran(na)	vrlo često/često/katkada/rijetko/nikad	5 – 4 – 3 – 2 – 1
7. Na poslu se znojim	vrlo često/često/katkada/rijetko/nikad	5 – 4 – 3 – 2 – 1
8. U usporedbi s drugima moje dobi mislim da je moj posao fizički	mnogo teži/ teži/ jednak/ lakši/mnogo lakši	5 – 4 – 3 – 2 – 1
9. Bavite li se sportom	**DA** **NE**	
Ako DA – kojim se sportom najčešće bavite	_____	
- Koliko sati tjedno	< 1h / 1 – 2/ 2 – 3/ 3 – 4/ >4h	
- Koliko mjeseci godišnje	<1mj / 1 – 3 / 4 – 6 / 7 – 9 / >9mj	
Ako se bavite i drugim sportom		
- Kojim se sportom najčešće bavite	_____	
- Koliko sati tjedno	< 1h / 1 – 2/ 2 – 3/ 3 – 4/ >4h	
- Koliko mjeseci godišnje	<1mj / 1 – 3 / 4 – 6 / 7 – 9 / >9mj	
10. U usporedbi s drugima moje dobi mislim da je moja fizička aktivnost u slobodno vrijeme	mnogo veća/ veća/ ista/manja/mnogo manja	5 – 4 – 3 – 2 – 1
11. U slobodno se vrijeme znojim	vrlo često/često/katkada/rijetko/nikad	5 – 4 – 3 – 2 – 1
12. U slobodno se vrijeme bavim sportom	nikada / rijetko / katkada / često / vrlo često	1 – 2 – 3 – 4 – 5
13. U slobodno vrijeme gledam TV	nikada / rijetko / katkada / često / vrlo često	1 – 2 – 3 – 4 – 5
14. U slobodno vrijeme hodam	nikada / rijetko / katkada / često / vrlo često	1 – 2 – 3 – 4 – 5
15. U slobodno vrijeme vozim bicikl	nikada / rijetko / katkada / često / vrlo često	1 – 2 – 3 – 4 – 5
16.Koliko minuta hodate ili vozite bicikl dnevno do/od posla, trgovine i sl.	<5 min/ 5-15min/ 15-30/ 30-45/ >45min	1 – 2 – 3 – 4 – 5

Prilog 2 Suglasnost za sudjelovanje

SUGLASNOST ZA SUDJELOVANJE

1. Potvrđujem da sam u _____ (datum i mjesto) pročitao/la obavijest za znanstveno istraživanje pod radnim nazivom **Određivanje glikemijskog indeksa različitih energetskih gel pripravaka koji se uzimaju prije i tijekom fizičke aktivnosti**, te sam imao/la priliku postavljati pitanja vezana uz istraživanje kako bih lakše donio/donijela odluku.
2. Razumijem da je moje sudjelovanje dobrovoljno te se mogu povući u bilo koje vrijeme, bez navođenja razloga i bez ikakvih posljedica.
3. Razumijem da mojim osobnim podacima imaju pristup odgovorni pojedinci, tj. voditelj istraživanja i njegovi suradnici. Dajem dozvolu tim pojedincima za pristup mojoj osobnim podacima.
4. Želim sudjelovati u navedenom znanstvenom istraživanju.

Ime i prezime ispitanika:

Ime i prezime (tiskanim slovima): _____

Potpis: _____

Datum:_____

Osoba koja je voditelj istraživanja:

Ime i prezime:___doc. dr. sc. Ines Banjari_____

Potpis: _____

Datum:_____

Prilog 3 Upitnik o organoleptičkim svojstvima obroka

OCJENA ORGANOLEPTIČKIH KARAKTERISTIKA TEST HRANE

Molimo Vas označite križićem koliko Vam se svidjela test hrana koju ste dobili.



Iznimno mi se sviđa	Veoma mi se sviđa	Umjereno mi se sviđa	Niti mi se sviđa niti ne sviđa	Umjereno mi se ne sviđa	Veoma mi se ne sviđa	Iznimno mi se ne sviđa
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Kada ste počeli jesti test hranu (upišite točno vrijeme): _____

Kada ste pojeli test hranu koja Vam je servirana (upišite točno vrijeme): _____

Ukupno vrijeme (u minutama) koje je bilo potrebno za konzumaciju test hrane: _____

Prilog 4 Upitnik o sitosti i nuspojavama

Vrijeme: 0 min
GUK =

Molimo Vas da ocijenite svoje trenutno stanje tako da stavite vertikalnu liniju preko linije na mjestu koje najbolje odražava kako se trenutno osjećate.

1. Koliko je jaka Vaša želja za jelom?

Veoma slaba _____ Veoma jaka

2. Koliko se gladno osjećate?

Nisam uopće gladan/a _____ Nisam bio/la nikada toliko gladan/a

3. Koliko se osjećate puni?

Nisam pun/a _____ Nikada se nisam osjećao/la toliko punim/a

4. Što mislite koliko biste mogli sada pojesti?

Zapravo ništa _____ Velike količine

SIMPTOMI	PRISUTNOST	JAČINA	KOMENTAR
Napuhivanje tekućinom ili plinom	☐ Da ☐ Ne	Slabo 1——2——3——4——5——6——7 Jako	
Osjećaj povraćanja	☐ Da ☐ Ne	Slabo 1——2——3——4——5——6——7 Jako	
Proljev	☐ Da ☐ Ne	Slabo 1——2——3——4——5——6——7 Jako	
Nadutost trbuha plinovima	☐ Da ☐ Ne	Slabo 1——2——3——4——5——6——7 Jako	
Prekomjerno mokrenje	☐ Da ☐ Ne	Slabo 1——2——3——4——5——6——7 Jako	
Mučnina	☐ Da ☐ Ne	Slabo 1——2——3——4——5——6——7 Jako	
Glavobolja	☐ Da ☐ Ne	Slabo 1——2——3——4——5——6——7 Jako	
Vrtoglavica	☐ Da ☐ Ne	Slabo 1——2——3——4——5——6——7 Jako	
Dezorijentiranost	☐ Da ☐ Ne	Slabo 1——2——3——4——5——6——7 Jako	
Nervoza	☐ Da ☐ Ne	Slabo 1——2——3——4——5——6——7 Jako	
Sporo zacjeljivanje rana	☐ Da ☐ Ne	Slabo 1——2——3——4——5——6——7 Jako	
Pretjerano krvarenje nakon posjekotine	☐ Da ☐ Ne	Slabo 1——2——3——4——5——6——7 Jako	
Nešto drugo (definirajte): _____	☐ Da ☐ Ne	Slabo 1——2——3——4——5——6——7 Jako	