

# Određivanje glikemijskog indeksa pripravaka za oporavak nakon treninga ("recovery" pripravaka)

---

Karas, Dalibor

Master's thesis / Diplomski rad

2014

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:109:956559>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-15**

REPOZITORIJ

PTF OS

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

dabar  
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK**

**Dalibor Karas**

**ODREĐIVANJE GLIKEMIJSKOG INDEKSA PRIPRAVAKA ZA OPORAVAK  
NAKON TRENINGA  
(„RECOVERY“ PRIPRAVAKA)**

DIPLOMSKI RAD

Osijek, rujan, 2014.

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

**Znanstveno područje:** Biotehničke znanosti  
**Znanstveno polje:** Nutricionizam  
**Nastavni predmet:** Dijetoterapija  
**Tema rada** je prihvaćena na X. sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek održanoj 10. srpnja 2014. godine.  
**Mentor:** doc. dr. sc. *Ines Banjari*

**ODREĐIVANJE GLIKEMIJSKOG INDEKSA PRIPRAVAKA ZA OPORAVAK NAKON TRENINGA  
(„RECOVERY“ PRIPRAVAKA)**

*Dalibor Karas, 143-DI*

**Sažetak:**

Glikemijski indeks (GI) određene količine i vrste ugljikohidrata utječe na brzinu promjene koncentracije glukoze u krvi (GUK), odnosno metabolizam glukoze. Konzumacija ugljikohidrata sa različitim GI prije, tijekom i nakon treninga utječe na sportsku izvedbu, a preferira se hrana visokog GI. Provedeno je kontrolirano kliničko istraživanje s ciljem utvrđivanja GI dva komercijalno dostupna pripravka za oporavak nakon treninga, a prema metodi ISO 26 642:2010. Test uzorak 1 je imao statistički značajno najnižu hedonističku ocjenu ( $4,0 \pm 1,7$ ) i subjektivni osjećaj sitosti ( $50,5 \pm 3,6$ ), a kontrolni uzorak najviše ( $2,0$  odnosno  $64,8 \pm 9,0$ ). Statistički značajno višu koncentraciju GUK imala su oba test uzorka u usporedbi sa kontrolom. Površina ispod krivulje (iAUC) je statistički značajno najveća za test uzorak 1 ( $255,9 \pm 50,7$ ), u usporedbi s kontrolom ( $78,9 \pm 8,0$ ) i test uzorkom 2 ( $127,3 \pm 12,6$ ). GI test uzorka 1 je značajno viši u odnosu na test uzorak 2 ( $317,9 \pm 122,4$  naprema  $161,6 \pm 14,6$ ,  $p = 0,022$ ). Oba uzorka spadaju u kategoriju visokog GI, što je u skladu s njihovom namjenom. Dobiveni rezultati upućuju na razlike u mehanizmu djelovanja na metabolizam glukoze koje unatoč istoj klasifikaciji od strane proizvođača vjerojatno proizlaze iz formulacije proizvoda (nutritivnog sastava).

**Ključne riječi:** kontrolirano kliničko istraživanje, pripravci za oporavak nakon treninga, glikemijski indeks, metabolizam glukoze, sportska izvedba

**Rad sadrži:** 60 stranica  
15 slika  
10 tablica  
6 priloga  
35 literaturnih referenci

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Sastav Povjerenstva za obranu:**

- |  |               |
|--|---------------|
| 1. izv. prof. dr. sc. <i>Ivica Strelec</i>     | predsjednik   |
| 2. doc. dr. sc. <i>Ines Banjari</i>            | član-mentor   |
| 3. prof. dr. sc. <i>Daniela Čačić Kenjeric</i> | član          |
| 4. prof. dr. sc. <i>Milena Mandić</i>          | zamjena člana |

**Datum obrane:** 29. rujna 2014.

**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

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**  
**Faculty of Food Technology Osijek**  
**Department of Food and Nutrition Research**  
**Subdepartment of Nutrition**

Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia

**Scientific area:** Biotechnical sciences

**Scientific field:** Nutrition

**Course title:** Diet therapy

**Thesis subject** was approved by the Faculty Council of the Faculty of Food Technology Osijek at its session no. X held on July 10<sup>th</sup>, 2014.

**Mentor:** *Ines Banjari*, PhD, assistant prof.

### DETERMINATION OF THE GLYCAEMIC INDEX OF PREPARATIONS FOR RECOVERY AFTER TRAINING

*Dalibor Karas*, 143-DI

#### Summary:

Glycaemic index (GI) of a certain quantity and type of carbohydrate affects the rate of change of glucose concentration or glucose metabolism in blood. Consumption of carbohydrates with different GI before, during and after exercise affects the athletic performance and food with a high GI is preferred. A controlled clinical trial was conducted to determine the GI of two commercially available preparations for recovery after training, according to the method of ISO 26 642:2010. Test sample 1 had significantly the lower hedonic score ( $4.0 \pm 1.7$ ) and a subjective feeling of satiety ( $50.5 \pm 3.6$ ), while the control sample had the higher hedonic score ( $2.0$  or  $64.8 \pm 9.0$ ). A significantly higher concentration of glucose had both test samples as compared to the control. The area under the curve (iAUC) is significantly the highest in the test sample 1 ( $255.9 \pm 50.7$ ), compared to the control ( $78.9 \pm 8.0$ ) and the test sample 2 ( $127.3 \pm 12.6$ ). GI of the test sample 1 is significantly higher than the one in the test sample 2 ( $317.9 \pm 122.4$  versus  $161.6 \pm 14.6$ ,  $p = 0.022$ ). Both samples belong into the category of high GI, which is in accordance with their intended purpose. The results indicate differences in the mechanism of influence on glucose metabolism, which are probably a result from product formulations (nutritional composition), despite of the same classification by the manufacturer.

**Key words:** controlled clinical study, recovery drinks, glycaemic index, glucose metabolism, sport performance

**Thesis contains:** 60 pages  
16 figures  
10 tables  
6 supplements  
35 references

**Original in:** Croatian

#### Defense committee:

- |  |              |
|--|--------------|
| 1. <i>Ivica Strelec</i> , PhD, associate prof.     | chair person |
| 2. <i>Ines Banjari</i> , PhD, assistant prof.      | supervisor   |
| 3. <i>Daniela Čačić Kenjeric</i> , PhD, full prof. | member       |
| 4. <i>Milena Mandić</i> , PhD, full prof.          | stand-in     |

**Defense date:** September 29<sup>th</sup>, 2014.

**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 povjerenju koje mi je dala prilikom izrade ovog diplomskog rada. Također se zahvaljujem na Vašoj neprekidnoj dostupnosti, motivirajućim savjetima i uvijek pozitivnoj atmosferi u kojoj smo surađivali.

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

Hvala svim mojim prijateljima i kolegama uz koje je studiranje postalo nezaboravno iskustvo.

Najviše se zahvaljujem svojoj obitelji na njihovom razumijevanju i podršci.

## Sadržaj

1.	UVOD .....	1
2.	TEORIJSKI DIO .....	4
2.1.	DEFINICIJA GLIKEMIJSKOG INDEKSA .....	5
2.2.	POVIJEST GLIKEMIJSKOG INDEKSA .....	9
2.3.	METABOLIZAM GLUKOZE .....	13
2.3.1.	Glikoliza .....	14
2.3.2.	Glukoneogeneza .....	15
2.3.3.	Put pentoza fosfata .....	15
2.3.4.	Glikogeneza .....	16
2.3.5.	Glikogenoliza .....	16
2.4.	OSNOVNI PRINCIPI PREHRANE SPORTAŠA .....	17
2.5.	PROCJENA TJELESNOG SASTAVA SPORTAŠA .....	20
2.6.	POVEZANOST GLIKEMIJSKOG INDEKSA I SPORTA .....	21
2.7.	KONCEPT PRIPRAVAKA ZA OPORAVAK NAKON TRENINGA .....	22
3.	EKSPERIMENTALNI DIO .....	24
3.1.	ZADATAK .....	25
3.2.	ISPITANICI .....	25
3.3.	MATERIJALI .....	25
3.3.1.	Test namirnice .....	25
3.3.2.	Referentna namirnica ili standard .....	26
3.4.	APARATURA .....	27
3.4.1.	Lancetar MICROLET®2 BAYER .....	27
3.4.2.	Trakice Bayer CONTOUR® NEXT USB .....	27
3.4.3.	Glukometar Bayer CONTOUR® NEXT USB .....	27
3.4.4.	Tanita MC-180 .....	28
3.5.	METODA ISTRAŽIVANJA .....	28
3.5.1.	Protokol istraživanja .....	28
3.5.2.	Senzorska evaluacija uzoraka .....	29
3.5.3.	Subjektivni osjećaj sitosti za testirane namirnice .....	29
3.5.4.	Odvaga test namirnica i standarda .....	30
3.5.5.	Statistička obrada podataka .....	31
4.	REZULTATI .....	32
4.1.	KARAKTERISTIKE ISPITANIKA .....	33
4.2.	SENZORSKA PRIHVATLJIVOST TEST UZORAKA .....	35
4.3.	SUBJEKTIVNI OSJEĆAJ SITOSTI ZA TEST UZORKE .....	36
4.4.	PROMJENA KONCENTRACIJE GLUKOZE U KRVI ZA TEST UZORKE .....	37
4.5.	IAUC ILI UKUPNA POVRŠINA ISPOD KRIVULJE KAO ODGOVOR B-GLUKOZE TEST UZORAKA .....	39
4.6.	GLIKEMIJSKI INDEKS TEST UZORAKA .....	40

5.	RASPRAVA .....	41
5.1.	KARAKTERISTIKE ISPITANIKA.....	42
5.2.	SENZORSKA PRIHVATLJIVOST TEST UZORAKA.....	43
5.3.	SUBJEKTIVNI OSJEĆAJ SITOSTI ZA TEST UZORKE.....	43
5.4.	PROMJENA KONCENTRACIJE GLUKOZE U KRVI ZA TEST UZORKE .....	44
5.5.	IAUC ILI UKUPNA POVRŠINA ISPOD KRIVULJE KAO ODGOVOR B-GLUKOZE TEST UZORAKA .....	45
5.6.	GLIKEMIJSKI INDEKS TEST UZORAKA .....	46
6.	ZAKLJUČCI .....	47
7.	LITERATURA .....	49
8.	PRILOZI .....	54

## 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 $\beta$ -glukoze testirane hrane
iAUCS	Ukupna površina ispod krivulje kao odgovor $\beta$ -glukoze standardne hrane
ISO	Međunarodna organizacija za normizaciju
ITM	Indeks tjelesne mase
NADPH	Nikotinamid adenin dinukleotid fosfat
NGI	Niski glikemijski indeks
SD	Standardna devijacija
SE	Standardna greška
USA	Sjedinjene Američke Države
VGI	Visoki glikemijski indeks



## **1. UVOD**

Glikemijski indeks (eng. Glycaemic Index, GI) uveden je prije tridesetak godina (Jenkins i sur., 1981.) s ciljem prepoznavanja fizioloških dimenzija kvalitete ugljikohidrata i njihove podjele. Koncept je najprije razvijen kao odgovor na kritične i specifične potrebe upravljanja dijabetesom dok se kasnije razvio ka općem prehrambenom interesu. Kratkoročni učinci GI prehrambenih proizvoda, poput postprandijalnog metaboličkog odgovora (nakon obroka), sitosti, tjelesnih sposobnosti, fizioloških funkcija, su nizom istraživanja prepoznati kao važni za dugoročne ishode, kao npr. povezanost sa rizikom za krvožilne bolesti, dijabetes i pretilost. Ipak, GI još je uvijek predmet rasprave te su potrebni vodiči u pogledu prerade hrane, prehrambenih preporuka, ciljane populacije i javnog načina korištenja koncepta GI preko zdravstvenih stručnjaka i stručnjaka u sektoru obrazovanja (Danone/FAO, 2001.).

Istraživanja u ranim osamdesetim godinama 20. stoljeća pokazala su kako konzumiranje ugljikohidrata može poboljšati kapacitet vježbanja tijekom dugotrajnih treninga i natjecanja. Uslijedilo je određivanje optimalne količine, vrste i pravog vremena uzimanja ugljikohidrata kako bi se postigao maksimalni učinak izdržljivosti. Međutim, sve do ranih devedesetih godina 20. stoljeća nije prepoznata važna uloga GI u optimizaciji sportske izvedbe. Iako je zbog važnosti oporavka uzimanje ugljikohidrata prije, tijekom i nakon vježbanja danas općenito prihvaćena činjenica zbog poboljšanja učinka izdržljivosti, uloga hrane sa visokim glikemijskim indeksom (VGI) i hrane sa niskim glikemijskim indeksom (NGI) u prehrani sportaša još je uvijek u fazi rasprave (Donaldson i sur., 2010.).

Na GI hrane mogu utjecati fizikalna i kemijska svojstva hrane, uz mogućnost velike individualne varijabilnosti prema glikemijskom odgovoru (Foster-Powell i sur., 2002.). Međutim, smatra se kako karakteristike poput dobi, spola, indeksa tjelesne mase (ITM) i nacionalnosti ne utječu na GI (Wolever i sur., 2003.). S druge strane, postoje dokazi koji pokazuju povezanost između GI, spola i načina treniranja. Nekoliko istraživanja pokazalo je razlike u GI kod muških sportaša u odnosu na muške osobe koje žive sjedilačkim načinom života dok kod osoba ženskog spola nisu pronađene takve razlike (Mettler i sur., 2006.; Mettler i sur., 2007.).

Ukoliko GI ugljikohidrata utječe na brzinu kojom ugljikohidrati izazivaju odgovor glukoze u krvi, čini se vjerojatnim da će uzimanje ugljikohidrata sa različitim GI prije, tijekom i nakon treninga utjecati na sportsku izvedbu. Unatoč činjenici što su istraživanja o utjecaju GI na sportsku izvedbu prvi put provedena prije više od dvadeset godina, veliki je broj nepoznanica

oko unosa ugljikohidrata iz hrane VGI i NGI te njihovog utjecaja na poboljšanje izvedbe sportaša (Donaldson i sur., 2010.).

U ovom radu istraživani su GI dva različita komercijalno dostupna proizvoda u prahu, na bazi ugljikohidrata sa dodatkom elektrolita i vitamina, koji se koriste za oporavak i vraćanje energije nakon treninga. Metoda određivanja GI provedena je prema Međunarodnoj metodi za određivanje GI, ISO 26 642:2010.

## **2. TEORIJSKI DIO**

## 2.1. DEFINICIJA GLIKEMIJSKOG INDEKSA

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

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

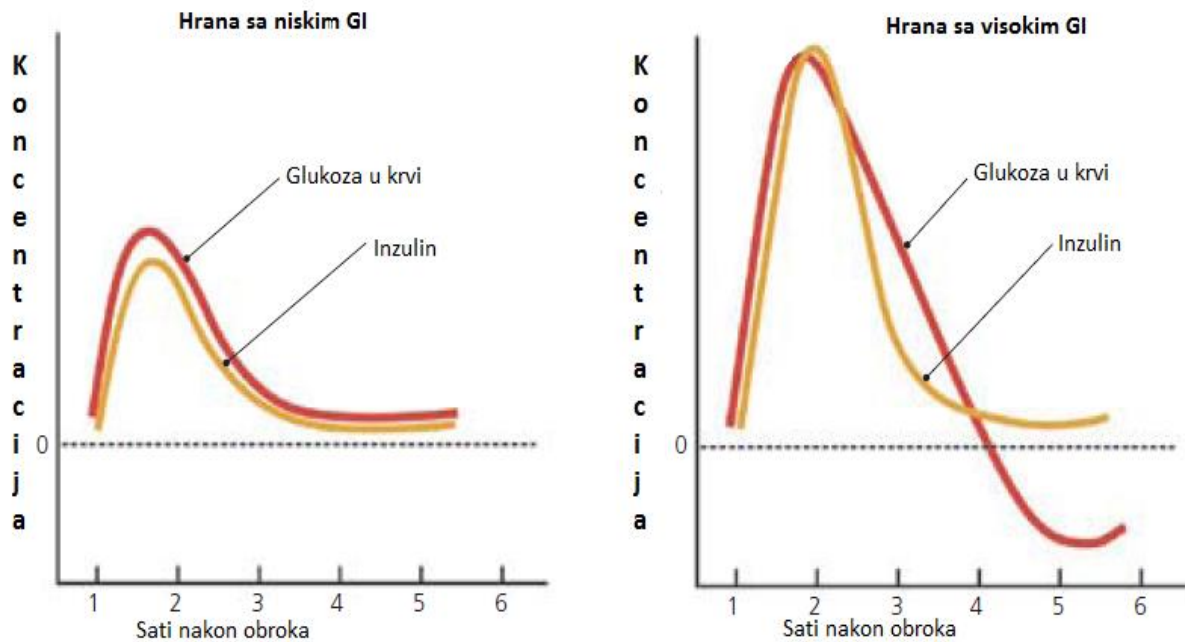
Važan je parametar kvalitete hrane koji služi za usporedbu hiperglikemijskog efekta testirane hrane sa čistom glukozom ili nekom drugom hranom koja se koristi kao standard. Koncept je zasnovan na različitom odgovoru GUK nakon unosa iste količine ugljikohidrata iz različite vrste hrane te samim time mogućih implikacija ovih različitosti na zdravlje. Koncept GI je uveden 1981. godine zahvaljujući radovima Davida Jenkinsa (Chlup i sur., 2004.).

Hrana se prema vrijednostima dobivenim prilikom ispitivanja GI može svrstati u 3 kategorije (**Tablica 1**). Kategorije prikazane u tablici primjenjuju se na hranu ili prehrambene proizvode, ali ih nije primjereno primjenjivati na mješovitim jelima (ISO 26 642, 2010.).

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

Razina iAUC	Glikemijski indeks (GI)
Niska	$GI \leq 55$
Srednja	$70 \geq GI > 55$
Visoka	$GI > 70$

Kod zdravih osoba mješoviti obrok utječe na normalan porast GUK te izaziva lučenje inzulina iz gušterače kako bi se razina GUK vratila na osnovnu (bazalnu) razinu. Amplituda porasta GUK određuje količinu izlučenog inzulina (**Slika 1**). Metabolički poremećaji vode k poremećenom (nedostatnom) ili nepostojećem izlučivanju inzulina, što je dovelo do toga da se predlaže odabir ugljikohidrata iz hrane sa NGI što može pozitivno utjecati na stanja povezana sa lošom kontrolom GUK (Arvidsson-Lenner i sur., 2004.).



**Slika 1** Usporedba porasta GUK kod unosa hrane NGI i VGI (Last i Wilson, 2006.)

Hrana koja ne sadrži ugljikohidrate, kao npr. slanina ili jaja, nema GI. **GI nije pokazatelj koliko neka vrsta hrane povećava GUK, nego je pokazatelj u kojoj mjeri dostupni ugljikohidrati podižu razinu GUK.** Prvotno je planirano da se GI trebao odnositi na hranu sa visokim udjelom ugljikohidrata poput kruha i žitarica. Problem nastaje kada se u obzir uzme proizvod koji sadrži znatnu količinu energije koja potječe od masti i proteina poput pločica koji služe kao zamjenski obroci, mliječnih proizvoda ili orašastih plodova. Na slabiji glikemijski odgovor mogu utjecati velike količine masti i proteina iz hrane zbog slabijeg izlučivanja inzulina ili pražnjenja želuca, a ne zbog osnovne prirode ugljikohidrata. Stoga, nedostupni ili neglikemijski ugljikohidrati trebaju biti isključeni iz porcija koje sadrže 50 grama ugljikohidrata jer po definiciji ovi ugljikohidrati ne podižu GUK (Wolever, 2006.).

Kada se koncept GI prvi puta pojavio i razvio bilo ga je lako primijeniti u praksi jer su jedini „nedostupni“ ugljikohidrati bila prehrambena vlakna. Međutim, danas u nedostupne ili djelomično dostupne ugljikohidrate ubrajamo rezistentne škrobove, nedostupne oligosaharide (primjerice inulin i fruktooligosaharide), modificirane škrobove, polidekstrozu i šećerne alkohole (polioli), a svi ovi spojevi se sve više koriste u proizvodnji različitih vrsta hrane. Stoga je razumljivo da je danas teško, često i nemoguće izmjeriti količinu ugljikohidrata koja se apsorbira u tankom crijevu. Većina poliola se djelomično apsorbira i nije teško samo utvrditi količinu nego je i poznato da su količine koje su apsorbirane vrlo

individualne te ovise o načinu konzumacije (s nekom drugom hranom ili pojedinačno). Uzimajući u obzir sve navedeno, nedostupni ugljikohidrati trebali bi se isključiti iz procedure (Wolever, 2006.).

Glikemijski odgovor obroka određen je različitim individualnim čimbenicima poput inzulinske osjetljivosti, funkcije  $\beta$ -stanica gušterače, gastrointestinalne pokretljivosti, tjelesne aktivnosti, dnevnih varijacija metaboličkih parametara, i sl. Osim toga čimbenici koji utječu na promjenu GI mogu biti:

- 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),
- druge komponente iz hrane (masti i proteini, prehrambena vlakna, antinutrijenti, organske kiseline) (Danone/FAO, 2001.).

### **Razlika između glikemijskog indeksa, glikemijskog odgovora i glikemijskog opterećenja**

Izvorno je GI predstavljao indeks raspoloživih ugljikohidrata iz hrane koji imaju mogućnost povećanja GUK. Monro je 2002. godine pokazao da GI ne ukazuje na glikemijski učinak hrane. S pravom je istaknuo kako je GI svojstvo ugljikohidrata u hrani, a ne svojstvo hrane te da je GI vrijednost koja je neovisna 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 namirnice koje sadrže 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 sa 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 namirnice 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 podizati GUK. Iz deklaracije hrane također možemo vidjeti koliko nedostupnih ugljikohidrata (koji prema definiciji ne podižu razinu GUK i nisu dostupni tijelu kao glukoza) hrana sadrži. Hrana kojoj su neki od slobodnih ugljikohidrata zamijenjeni sa nedostupnim ugljikohidratima će izazivati niži GR na istoj razini ukupnih ugljikohidrata, ali to se može zaključiti i sa deklaracije jer je količina dostupnih ugljikohidrata manja. Pojmovi GI i GR ne bi trebali izazvati zabune zbog toga što ovi entiteti imaju različita i matematička i statistička svojstva. Teoretski GR prilagođava područje GR za svaki pojedinačni odgovor na referentnu hranu čime se ispravljaju varijacije između ispitanika (Wolever, 2006.).

Porast GUK nije određen samo GI već i količinom ugljikohidrata u namirnici. Glikemijsko opterećenje (eng. Glycaemic Load, GL) produkt je GI i sadržaja ugljikohidrata pa predstavlja kvalitetu i kvantitetu ugljikohidrata u pojedinoj namirnici. Jedna jedinica GL jednaka je glikemijskom učinku od 1 grama ugljikohidrata iz bijelog kruha, koja se uzima kao referentna mjera (Prašek, 2004.). Hrana čiji je  $GL \leq 10$  klasificira se kao hrana sa niskim GL, dok se hrana čije je  $GL \geq 20$  klasificira kao hrana sa visokim GL (**Tablica 2**). Smatra se kako GL pokazuje relativniji i precizniji učinak hrane na razinu GUK.

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

Razina iAUC	Glikemijsko opterećenje (GL)
Niska	$GL \leq 10$
Srednja	$20 \geq GL > 10$
Visoka	$GL > 20$

Wolever 2006. godine navodi kako se matematički GL hrane računa prema sljedećem izrazu

(1):

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



## 2.2. POVIJEST GLIKEMIJSKOG INDEKSA

Javni i znanstveni interes oko GI eksplodirao je tek posljednjih 15 godina nakon što je postalo evidentno kako GI ima važan utjecaj na zdravlje ljudi. Poseban interes predstavljala je njegova uloga u kontroli tjelesne mase, a sve su se više različite knjige o popularnim dijetama počele referirati na isti. Nažalost, povećani interes je rezultirao i brojnim nepravilnim interpretacijama i zabudama. Generalno gledano, pojam GI se danas koristi neprimjereno. Sve ove neprikladne informacije oko GI nisu korisne i u najboljem slučaju su zbunjujuće, dok u najgorem mogu uništiti cjelokupni koncept GI (Wolever, 2006.).

Dva tehnološka napretka koja su se dogodila krajem 1970-ih godina bila su od neprocjenjive važnosti za proučavanje GR hrane: razvoj uređaja s lancetama Autolet® (Owen Mumford Ltd, Woodstock, UK) koji je omogućavao ispitanicima uzimanje uzoraka vlastite krvi te razvoj automatskog analizatora glukoze (Yellow Springs Instruments, Yellow Springs, WI) koji je mogao mjeriti glukozu točno, lako i brzo, koristeći samo 25 µl uzorka krvi, čime je omogućeno provođenje istraživanja na velikom broju ispitanika (Wolever, 2006.).

Nakon što je utvrđeno kako prehrambena vlakna imaju mogućnost smanjenja GR, što je povezano s njihovom viskoznošću, započela je usporedba hrane za koju je smatrano kako sadrži viskozna i neviskozna prehrambena vlakna. S obzirom da se guar dobivao iz mahunarki, najprije su se proučavale mahunarke kao izvor viskoznih vlakana te je utvrđeno kako izazivaju niži GR od druge hrane koja od ugljikohidrata pretežno sadrži škrob. Nizak GR dobiven iz soje i leće *in vivo* bio je povezan sa puno sporijom probavom *in vitro*. Nakon toga provedena je usporedba GR različitih cjelovitih žitarica bogatih vlaknima kao i onih kojima je smanjen udio vlakana, sa kruhom, rižom, špagetima te je utvrđena razlika između posljednja tri dok nije bilo razlike kod cjelovitih žitarica. Rezultat je bio prilično čudan i istraživači su htjeli usporediti GR s velikim brojem drugih namirnica (Wolever, 2006.). Kao rezultat toga nastao je GI (Jenkins i sur., 1981.).

Nakon objave prvog znanstvenog članka o GI javio se rastući interes oko iste teme. Skupine istraživača u Francuskoj, Skandinaviji, Izraelu, Italiji i Australiji potvrdile su da različite škrobne namirnice izazivaju različite GR kod zdravih ispitanika kao i kod onih koji boluju od dijabetesa i da su razlike bile uzrokovane u kontekstu mješovitih obroka. Nekoliko skupina ovih istraživača pokazalo je da snižavanje GI u prehrani može pomoći u poboljšanju regulacije GUK kod dijabetičara. Također su otkrili mehanizme koji su odgovorni za različite

GR-e. Ta istraživanja uvelike su pridonijela kasnijem znanstvenom vrednovanju koncepta GI. Sve do sredine devedesetih godina 20. stoljeća klinička primjena GI samo je bila vidljiva u liječenju dijabetesa. Bez obzira na pozitivne rezultate istraživanja, koncept nije prihvaćen u Sjevernoj Americi jer su studije provedene tamo utvrdile kako nema kliničku korist te ga Američko društvo dijabetičara (ADA) nije prihvatilo. Međutim stvari u korist koncepta GI počele su se mijenjati nakon što je grupa doktora Waltera Willetta sa Sveučilišta Harvard napravila prospektivnu studiju sa podacima na više od 100 000 sudionika. Prvi radovi iz Willett grupe pojavili su se 1997. godine i pokazali su kako prehrana sa niskim GI smanjuje rizik nastajanja dijabetesa. To je potaknulo druge istraživače diljem svijeta na istraživanje učinka GI na rizik razvoja dijabetesa, metaboličkog sindroma, čimbenika razvoja krvožilnih bolesti i raka. Drugi važan čimbenik koji je podigao popularnost GI u Sjevernoj Americi bio je rad doktora Davida Ludwiga sa Sveučilišta Harvard koji je sugerirao kako GI ima važnu ulogu u regulaciji tjelesne mase. Ovaj rad bio je od iznimnog značenja jer je proširio kliničku upotrebu GI i pokazao kako se koncept može koristiti u prevenciji širokog raspona poremećaja te biti relevantan i za većinu populacije (Wolever, 2006.).

Pouzdanice tablice GI sastavljene iz znanstvene literature ključne su u poboljšanju kvalitete istraživanja koja se bave poveznicom između GI, GL i zdravlja. Za GI dokazano je kako ima korisniju svrhu u prehrani nego kemijska klasifikacija ugljikohidrata (kao jednostavnih i složenih, šećera i škroba te dostupnih ili nedostupnih) omogućujući time nove spoznaje o odnosu između fizioloških učinaka hrane bogate ugljikohidratima i zdravlja. Revidirane Međunarodne tablice GI (**Tablica 3**) iz 2008. godine sadrže gotovo 2000 različitih vrsta namirnica i njihovih vrijednosti GI (Foster-Powell i sur., 2002.).

Vrijednosti GI prikazane u tablici dobivene su tako da su izračunate srednje vrijednosti za GI svih dostupnih podataka od strane različitih proizvođača namirnica (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** Međunarodne tablice vrijednosti glikemijskog indeksa (Atkinson i sur., 2008.).

VRSTA HRANE	GI±SD	VRSTA HRANE	GI±SD
<b>Visoko ugljikohidratna hrana</b>		<b>Povrće</b>	
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	<b>Mliječni proizvodi i zamjene</b>	
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
<b>Žitarice za doručak</b>		Jogurt-voćni	41±2
Kukuruzne pahuljice	81±6	Sojino mlijeko	34±4
Pšenični keksi	69±2	<b>Mahunarke</b>	
Zobena kaša-meka	55±2	Grah	24±4
Muesli	57±2	Leća	32±5
<b>Voće i proizvodi od voća</b>		Soja	16±1
Jabuka-svježa	36±2	<b>Grickalice i slatkiši</b>	
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	<b>Šećeri i zaslađivači</b>	
Breskve-konzervirane	43±5	Glukoza	103±3
<b>Hrana i piće za sportaše</b>		Saharoza	65±4
Ugljikohidratni napitci	64±12	Fruktoza	15±4
Energetske pločice	52±6	Med	61±3

## Praktična upotreba GI u označavanju hrane

Označavanje hrane i prehrambenih proizvoda sa oznakom za GI bi trebalo povećati informiranost potrošača i pomoći im oko odabira i kupovine hrane. Kriterij koji opravdava stavljanje oznake GI na hranu vjerojatno bi trebao uključiti informacije na koju vrstu hrane bi se oznake trebale staviti te koja je minimalna količina ugljikohidrata u prosječnoj porciji hrane. Ostala važna pitanja su vrijednosti GI za složene prehrambene proizvode, informacije oko načina na koji se hrana konzumira, označavanje svježih hrane kao što je voće i povrće, individualne varijacije, varijacije od osobe do osobe u reakciji na GI, varijacije u sastavu prehrane i sl. Edukacija javnosti kako razumjeti i koristiti GI 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 u Australiji čak 82 % ispitanika na deklaraciji pregledava vrijednosti za GI. U Europi i Sjedinjenim Američkim Državama još nisu postignuti ovakvi rezultati jer se smatra kako bi poruke o upravljanju GUK mogle zbuniti potrošače (Mitchell, 2008). Za osobe oboljele od dijabetesa označavanje prehrambenih proizvoda, u vidu hrane sa niskim GI, moglo bi biti korisno međutim značaj GI za zdravu populaciju još se uvijek čini nejasnim te se ne može sa potpuno točnom sigurnošću reći u kojoj bi mjeri označavanje hrane pridonijelo javnom zdravlju (Arvidsson-Lenner i sur., 2004.). Ipak postoji sve veće zanimanje potrošača za deklariranjem GI na proizvodima. Najviše je postignuto u Australiji gdje je označavanje ostvareno još 2002. godine, ali sve više država poput Francuske, država Ujedinjenog Kraljevstva ili Skandinavije, slijedi njihov primjer (Banjari, 2010.).

### 2.3. METABOLIZAM GLUKOZE

Ugljikohidrati koji se nalaze u prehrani ljudi mogu se, prema stupnju polimerizacije, klasificirati kao: monosaharidi (izgrađeni od jedne jedinice šećera), disaharidi (2 jedinice), oligosaharidi (od 3 do 10 jedinica) i polisaharidi (više od 10 jedinica). Međutim, u probavnom sustavu ljudi moguća je jedino apsorpcija monosaharida. Prema tome, kako bi podigli nivo razine GUK di-, oligo- i polisaharidi prvo se moraju putem probave razgraditi na njihove sastavne dijelove ili monosaharide. Većina probavljivih ugljikohidrata koji su uobičajeno konzumirani u prehrani sastoje se od saharoze (glukoze i fruktoze), laktoze (glukoze i galaktoze) te polisaharida škroba (polimera glukoze). Prema tome, većina dostupnih ugljikohidrata u prehrani apsorbira se kao glukoza (oko 70 do 85 %) dok je ostatak najčešće mješavina fruktoze i galaktoze. Fruktoza i galaktoza se u jetri prevode u glukozu te zbog toga ne povećavaju značajno razinu GUK (Wolever, 2006.).

Glavni metabolički putevi razgradnje i sinteze ugljikohidrata kod ljudi su:

- 1) **glikoliza ili razgradnja glukoze,**
- 2) **glukoneogeneza ili biosinteza glukoze iz neugljikohidratnih izvora,**
- 3) **put pentoza fosfata ili sinteza pentoza iz glukoze,**
- 4) **glikogeneza ili sinteza glikogena i**
- 5) **glikogenoliza ili razgradnja glikogena.**

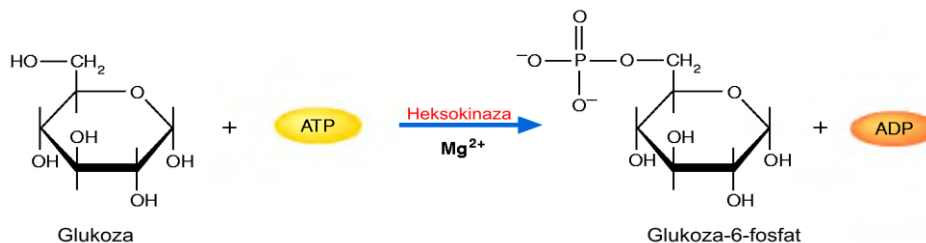
Ovi su metabolički putevi međusobno povezani zajedničkim međuproduktima, a odvijaju se u stanici ovisno o energetskim potrebama stanice (Strelec, 2013.).

U jetrenim stanicama nalaze se enzimi koji pomažu pretvorbe između monosaharida glukoze, fruktoze i galaktoze. Nadalje, slijed je reakcija takav da je konačni proizvod gotovo isključivo glukoza kad jetra otpušta monosaharide natrag u krv. Razlog su velike količine enzima *glukoza-6-fosfataze* koju sadrže jetrene stanice. Stoga se glukoza-6-fosfat može razgraditi do glukoze i fosfata, a glukoza se kroz membrane jetrenih stanica može ponovno prenijeti u krv. Stoga se kaže da se obično više od 95 % svih monosaharida koji kolaju krvlju nalazi u krvi kao konačni oblik pretvorbe ili glukoza (Guyton i Hall, 2003.).

Stanice mogu glukozu rabiti samo ako se ona najprije prenese kroz staničnu membranu u citoplazmu. Međutim, glukoza ne može difundirati kroz staničnu membranu zbog svoje polarnosti. Glukoza ipak prilično lako ulazi u stanice i to mehanizmom olakšane difuzije uz pomoć proteinskih nosača (transportera) i iz smjera veće koncentracije prema smjeru manje

koncentracije (Guyton i Hall, 2003.). Čim uđe u stanicu, glukoza se fosforilira uz pomoć ATP-a (**Slika 2**) i prevodi u oblik koji se zove glukoza-6-fosfat. Fosforilaciju glukoze provodi enzim *heksokinaza*, a bitna je zbog dva razloga:

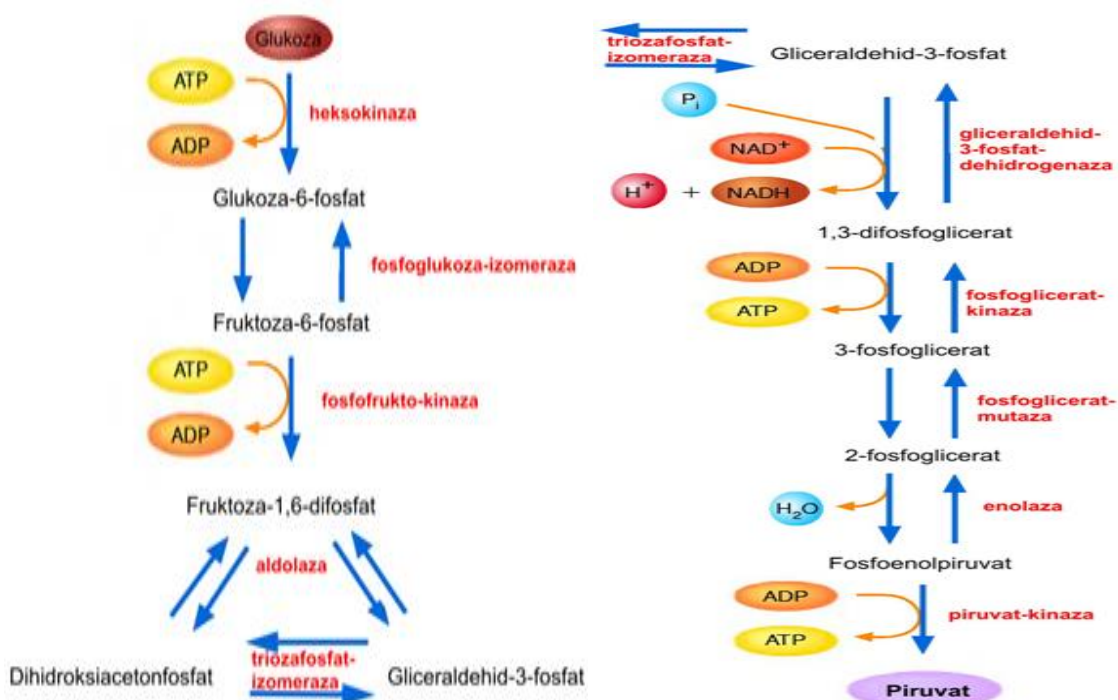
- 1) fosforilirana glukoza se ne može transportirati izvan stanice,
- 2) fosforilacijom se molekula glukoze aktivira za sljedeće reakcije (Strelec, 2013.).



**Slika 2** Fosforilacija glukoze (Strelec, 2013.)

### 2.3.1. Glikoliza

Glikoliza je metabolički put razgradnje glukoze do piruvata uz istovremeno nastajanje osnovne energetske valute, adenozin trifosfata (ATP). Odvija se u citoplazmi stanice, a svrha ciklusa je razgradnja glukoze kako bi se dobio ATP i druge preteče za sintezu staničnih tvari. Predstavlja „predigru“ ciklusu limunske kiseline i lancu prijenosa elektrona, kojima u konačnici nastaje ATP. Razgradnja do piruvata se odvija kroz 10 različitih reakcija (**Slika 3**).



**Slika 3** Proces glikolize (Strelec, 2013.)

### 2.3.2. Glukoneogeneza

Glukoneogeneza predstavlja metabolički put biosinteze glukoze iz neugljikohidratnih preteča. Glavnina reakcija odvija se u citoplazmi stanice, a svrha ciklusa je sintetizirati glukozu u jetri za potrebe opskrbe mozga i mišića glukozom. U organizmu se odvija kada se potroše rezerve glukoze (pri duljem gladovanju) ili prilikom težeg tjelesnog napora (pri čemu nastaje velika količina laktata). Proces se odvija većim dijelom u jetri (90 %), a manjim dijelom u bubrezima (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) (Strelec, 2013.).

Približno 60 % aminokiselina iz tjelesnih bjelančevina može se lako pretvoriti u ugljikohidrate, a preostalih 40 % teže ili nikako, zbog njihove kemijske građe. Deaminacijom i uz nekoliko jednostavnih preobrazbi u glukozu se mogu pretvoriti mnoge aminokiseline. Sličnim pretvorbama glukoza i glikogen mogu nastati i od glicerola (Guyton i Hall, 2003.). Važno je napomenuti kako je većina reakcija u glukoneogenezi zapravo obrat reakcija iz glikolize (Strelec, 2013.).

### 2.3.3. Put pentoza fosfata

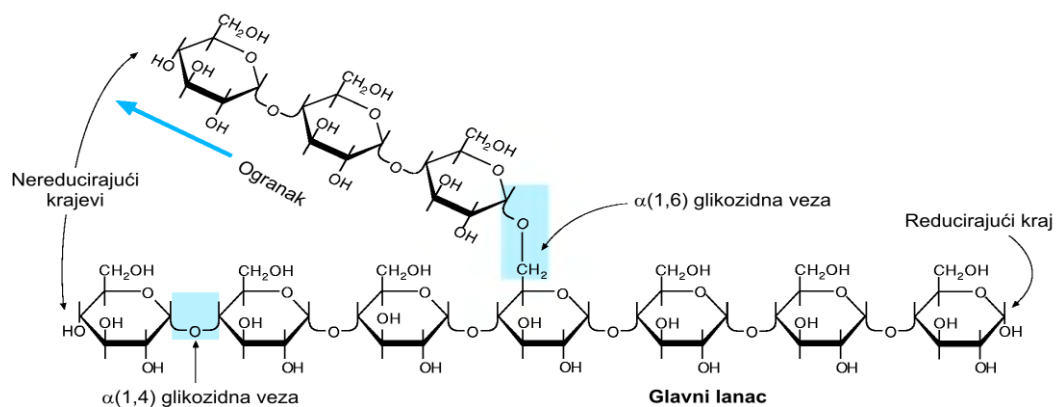
Iako se u gotovo svim mišićima praktički svi ugljikohidrati potrebni za dobivanje energije glikolizom razgrade najprije do piruvata, a zatim oksidiraju, glikolitički put nije jedini način na koji se glukoza može razgraditi i iskoristiti, dajući energiju. Drugi važan put razgradnje i oksidacije glukoze je *put pentoza fosfata*. On je odgovoran za čak 30 % razgradnje glukoze u jetri, a u masnim stanicama i za više. Taj je put osobito važan jer može namaknuti energiju neovisno o svim enzimima ciklusa limunske kiseline, budući da krajnje produkte može usmjeriti u glikolizu. Zato je to alternativni put dobivanja male količine energije u slučaju nekih enzimskih poremećaja u stanicama (Guyton i Hall, 2003.).

Ovaj metabolički put odvija se u citoplazmi, a cilj mu je razgraditi glukoza-6-fosfat kako bi nastali NADPH (*nikotinamid adenin dinukleotid fosfat*), reduktivna snaga stanice za potrebe reakcija biosinteze i riboza-5-fosfat, građevni element za izgradnju nukleotida i nukleinskih

kiselina. Put pentoza fosfata sastoji se iz dva dijela: oksidativnog i neoksidativnog (Strelec, 2013.).

### 2.3.4. Glikogeneza

Pošto se apsorbira u stanice, glukoza se može odmah upotrijebiti za oslobađanje energije ili se može pohraniti u obliku glikogena, velikog polimera glukoze (**Slika 4**). Sve stanice u tijelu mogu pohraniti barem malo glikogena, a osobito jetrene stanice (od 5 do 8 % stanične mase) i mišićne stanice (od 1 do 3 %). Molekule glikogena mogu se polimerizirati gotovo do bilo koje molekularne mase, a prosječna molekularna masa glikogena iznosi 5 000 000 ili više (Guyton i Hall, 2003.). Jetra posprema ili razgrađuje glikogen za potrebe održavanja razine glukoze u krvi dok mišići pospremaju i razgrađuju glikogen za svoje vlastite potrebe. U citoplazmi stanica, glikogen će se pohraniti u obliku granula pod utjecajem hormona gušterače, inzulina (Strelec, 2013.).



**Slika 4** Kemijski prikaz glikogena u obliku polimera D-glukoze (Strelec, 2013.)

### 2.3.5. Glikogenoliza

Pod glikogenolizom podrazumijevamo razgradnju pohranjenog glikogena, čime se u stanici ponovno stvara glukoza. Glukoza se zatim može upotrijebiti za dobivanje energije. Međutim, glikogenoliza ne teče obrnutim redom istih reakcija kojima nastaje glikogen. Molekule se glukoze, naime, postepeno otcjepljuju na svakom ogranku glikogenskog polimera postupkom fosforilacije, koji katalizira enzim *glikogen-fosforilaza*. Kad čovjek miruje, fosforilaza je u inaktivnom obliku, pa glikogen ostaje pohranjen (Guyton i Hall, 2003.).

Već nekoliko sati nakon jela razina glukoze u krvi opada te gušterača luči hormon glukagon koji stanicama jetre daje signal da trebaju razgraditi glikogen u glukozu i nju zatim otpustiti u



krvotok za potrebe mozga, eritrocita ili mišića. Ukoliko se tijelo sprema na iznenadan napor (poput sportske aktivnosti), kora nadbubrežne žlijezde luči hormon adrenalin koji stanicama mišića daje signal za razgradnju glikogena u glukozu, ali samo za potrebe tih stanica mišića.

Razgradnja glikogena se odvija u 2 tipa reakcija:

- a) u prvom se tipu sa nereducirajućeg kraja glikogena odcjepljuju glukozne jedinice djelovanjem *glikogen-fosforilaze*,
- b) u drugom se tipu reakcija hidroliziraju  $\alpha$ -1,6-glikozidne veze na mjestima grananja djelovanjem *enzima za skidanje ogranaka* (Strelec, 2013.).

Glukoza-1-fosfat nastao glikogenolizom prevodi se u glukozu-6-fosfat i potom se u mišićima koristi za glikolizu i dobivanje ATP-a te u jetri defosforilira u glukozu (djelovanjem *glukoza-6-fosfataze*) koja potom iz stanica jetre difundira u krv preko transportera glukoze (Strelec, 2013.).

## 2.4. OSNOVNI PRINCIPI PREHRANE SPORTAŠA

Uspješna izvedba sportaša kombinacija je genetskog potencijala, individualne želje, pravilnog treninga te razumnog i kvalitetnog pristupa prehrani. Bez obzira radi li se o rekreativcima ili vrhunskim sportašima, važnost prehrane kao čimbenika uspjeha u treningu ili natjecanju, prepoznata je već dugi niz godina. Kako bi bili konkurentni, sportaši će isprobati gotovo svaki način prehrane ili dodatke prehrani te ponekad i nedopuštena sredstva, u nadi da će dosegnuti nove razine tjelesnih mogućnosti. Istraživanja su pokazala kako sportaši mogu imati višestruke koristi od edukacije oko prehrane u čemu im pomažu nutricionisti, povećavajući na taj način znanje, osobnu sportsku izvedbu te općenito ukupne pozitivne promjene u prehrani. Prema istraživanjima, internet i zdravstveni djelatnici služe kao najčešći izvor informacija za sportaše. Nažalost, postoje brojne netočne informacije u vezi odgovarajuće prehrane kod tjelesno aktivnih osoba (Mahan i Escott-Stump, 2007.).

Pronaći i osmisliti odgovarajuću prehranu za sportaše zahtjeva veliko osobno znanje oko odgovarajućih znanstveno dokazanih činjenica, treninga i natjecateljskih zahtjeva sporta kao i društvene situacije i individualnih potreba sportaša. Studije su pokazale kako vremenski pravilan unos ugljikohidrata, proteina i masti može značajno utjecati na prilagodbu za određenu vrstu vježbanja. Dodaci prehrani mogu također igrati značajnu ulogu u vidu pomaganja sportašima u unosu pravilnih količina energije („kalorija“), ugljikohidrata te

proteina u njihovoj prehrani. Zbog toga često dodaci prehrani mogu poboljšati tjelesne sposobnosti sportaša (Pramukova i sur., 2011.).

Potrebe za energijom i osnovnim hranjivim tvarima („makronutrijentima“), prvenstveno ugljikohidratima i proteinima, moraju biti ispunjene tijekom intenzivnih tjelesnih aktivnosti kako bi se održala tjelesna masa, nadoknadile zalihe glikogena i osigurala dovoljna količina proteina za izgradnju i popravak oštećenog tkiva (ADA, 2009.). Održavanje prehrane u energetske deficitu tijekom treniranja često dovodi do gubitka tjelesne mase (uključujući mišićnu masu), bolesti, fizioloških i psiholoških simptoma pretreniranosti i smanjenja kvalitete sportske izvedbe. Studije pokazuju težnju sportaša u unosu nekoliko obroka dnevno, najčešće od 5 do 9 puta. Korištenje energetskih pločica (visoke nutritivne gustoće) te dodataka sa visokim udjelima energije, baziranih na ugljikohidratima i proteinima, osiguravaju prikladan način nadopune prehrane sportaša (Pramukova i sur., 2011.).

Unos masti mora biti dovoljan kako bi osigurao unos esencijalnih masnih kiselina i vitamina topivih u mastima, ali i kako bi pomogao u unosu potrebne energije za održavanje tjelesne mase. Potrebno je unositi odgovarajuće količine hrane i tekućine prije, tijekom i nakon vježbanja kako bi se pomoglo u održavanju koncentracije GUK tijekom vježbanja, maksimalno provodila tjelesna aktivnost i ubrzalo vrijeme oporavka. Sportaši moraju unijeti odgovarajuće količine tekućine prije vježbanja kao i piti dovoljno tekućine tijekom i nakon treninga ili natjecanja kako bi nadoknadili izgubljene količine. Sportski napitci koji sadrže ugljikohidrate i elektrolite mogu se konzumirati prije, za vrijeme i nakon treninga ili natjecanja kako bi održali pravilne koncentracije GUK, osigurali energiju za mišiće i smanjili rizik nastajanja dehidracije i gubitka natrija (ADA, 2009.).

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

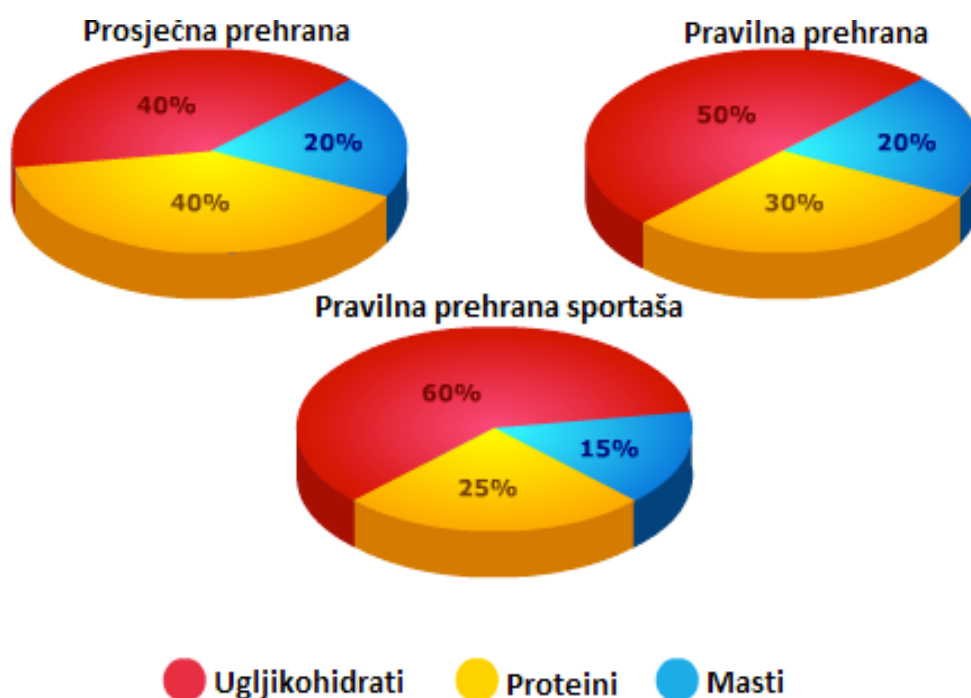
Na metabolizam proteina tijekom i nakon treninga utječu spol, godine, intenzitet, trajanje i način treninga, unos energije i dostupnost ugljikohidrata. Preporuke za unos proteina kod sportova izdržljivosti i sportova snage variraju od 1,2 do 1,7 g/kg/dan. Ovakve preporuke za unosom proteina općenito je moguće ispuniti putem prehrane, bez korištenja dodataka u

obliku proteina ili aminokiselina. Kako bi se proteini potpuno iskoristili za održavanje mase i tjelesnih sposobnosti, potrebno je unositi dovoljne količine ukupne dnevne energije (ADA, 2009.).

Unos masti trebao bi varirati od 20 do 35 % ukupnog energetskeg unosa. Unos energije iz masti koji predstavlja  $\leq 20$  % ukupnog energetskeg unosa neće pozitivno utjecati na poboljšanje tjelesnih sposobnosti. Međutim, prehrana koja se bazira na visokom unosu masti nije preporučljiva u prehrani sportaša (ADA, 2009.).

Dehidracija (gubitak 2 do 3 % tjelesne mase putem vode) smanjuje sposobnost sportske izvedbe, a cilj unosa tekućine je spriječiti navedeno stanje. Nakon treninga ili natjecanja, sportaši bi trebali unijeti dovoljno tekućine kako bi nadomjestili gubitak nastao znojenjem. To bi otprilike iznosilo od 450 do 675 ml tekućine na svakih 0,5 kg izgubljene tjelesne mase (ADA, 2009.).

Uzimanje vitamina i minerala u obliku dodataka prehrani nije potrebno ukoliko se potrebna količina energije za održavanje tjelesne mase unosi iz različitih vrsta hrane. Preporuke za uzimanje vitamina i minerala u obliku dodataka odnose se na sportaše koji se nalaze u procesu držanja redukcijskih dijeta, izbjegavaju određenu hranu ili grupu hrane, oporavljaju se od ozljeda ili imaju manjak određenog mikronutrijenta (ADA, 2009.).



**Slika 5** Usporedba unosa makronutrijenata kod prosječne, pravilne i prehrane sportaša

(<http://ielts-simon.com>)

## 2.5. PROCJENA TJELESNOG SASTAVA SPORTAŠA

Tjelesni sastav podrazumijeva relativnu zastupljenost različitih sastavnih elemenata u ukupnoj tjelesnoj masi čovjeka. Tjelesni sastav se mijenja pod utjecajem tjelesne aktivnosti i zato predstavlja jednu od važnih sastavnica sposobnosti, ali i općeg zdravstvenog stanja sportaša. Ova tema je postala glavno područje interesa za mnoge liječnike i stručnjake iz područja sportske medicine te je izrazito važna ne samo u primjeni na različite metode treninga, već i za prevenciju i rehabilitaciju ozljeda. Do danas, imajući u vidu pitanje točnosti, ponovljivosti i jednostavnosti upotrebe, ne postoji univerzalno primjenljiv kriterij ili metodologija koja bi se mogla smatrati „zlatnim standardom“ za procjenu tjelesnog sastava kod sportaša (Mazić i sur., 2014.).

Sastav tijela kao i tjelesna masa ne bi trebali biti presudni kriteriji za sudjelovanje u sportu jer optimalne razine tjelesne masti ovise o spolu, starosti te nasljednim osobinama sportaša, a isto tako i o zahtjevima sporta. Ipak, ova dva čimbenika jedni su od najvažnijih za optimalnu sportsku izvedbu. Tjelesna masa može utjecati na brzinu i izdržljivost, dok sastav tijela može utjecati na snagu, agilnost i izgled sportaša. Pojedinačne procjene sastava tijela sportaša kao i procjene tjelesne mase mogu biti korisne u poboljšanju sportskih sposobnosti. Dvije najčešće korištene metode, uz mjerenje tjelesne mase i visine, su: bioelektrična impedancija (eng. *Bio Impedance Analysis*, BIA) i mjerenje kožnog nabora kaliperom. BIA se temelji na načelu kako električni signali lakše prolaze kroz mišićno tkivo za razliku od masnog tkiva ili kosti (ADA, 2009.).

## 2.6. POVEZANOST GLIKEMIJSKOG INDEKSA I SPORTA

Sposobnost obavljanja tjelesne aktivnosti ovisi tome koliko je moguće u mišiću održavati adekvatnu opskrbu supstratom za oksidaciju ili laički rečeno „dovoditi gorivo“. Energija koja je na raspolaganju mišićima može biti energija masti i glukoze. Kod umjerene aktivnosti mišići pretežno koriste masti kao gorivo, a kako intenzitet aktivnosti postaje sve jači, mišići troše sve više glukoze. Veoma intenzivna aktivnost može se održati samo kada je dostupno dovoljno glukoze za mišiće koji se koriste u vježbanju. Iscrpljenost se javlja kada je glikogen iz mišića potrošen te se pri tim uvjetima intenzitet vježbanja mora smanjiti. Prehrana bogata ugljikohidratima povezana je s većom pohranom mišićnog glikogena te je na taj način sportaš izdržljiviji ukoliko se bazira na prehrani bogatoj ugljikohidratima prije vježbanja za razliku od prehrane bazirane na niskom unosu ugljikohidrata (Wolever, 2006.).

Postoje dva načina kako GI utječe na sportsku izvedbu. Jedan od njih je učinak uzimanja obroka prije natjecanja na izdržljivost, a drugi je učinak prehrane na oporavak mišićnog glikogena nakon intenzivnog vježbanja. Iako je tek u ranim devedesetim godinama prošloga stoljeća napravljena prva studija oko GI i unosa ugljikohidrata nakon vježbanja te kakav je utjecaj na skladištenje glikogena, kasnijim istraživanjima je dokazano kako je namirnice NGI preporučljivo uzimati prije duljih intenzivnih aktivnosti te se smatra kako će poboljšati izdržljivost. S druge strane, smatra se kako je hrana sa VGI najviše korisna za oporavak nakon dugotrajnog i intenzivnog vježbanja zbog toga što poboljšava sadržaj mišićnog glikogena (Wolever, 2006.). Količina, vrijeme i učestalost uzimanja ugljikohidrata od presudne je važnosti u procesu sinteze glikogena. Prema istraživanjima, uzimanje ugljikohidrata odmah nakon vježbanja rezultira u višim razinama glikogena kroz 4 sata nakon aktivnosti nego što je slučaj ako se unos ugljikohidrata odgodi za oko 2 sata. Navedeno se posebno odnosi na ugljikohidrate VGI. Ovo je vrlo značajno sportašima koji treniraju dva puta dnevno te su na taj način ograničeni vremenom oporavka. Buduća istraživanja oko GI i sporta trebaju razmotriti režim treninga sportaša jer način treniranja i natjecanja diktira prehrane strategije. Ovdje bi se trebalo najviše usmjeriti na prikladno uzimanje obroka i korištenje dodatka prehrani u smislu vremena uzimanja u odnosu na natjecanja i treninge (Donaldson i sur., 2010.).

## 2.7. KONCEPT PRIPRAVAKA ZA OPORAVAK NAKON TRENINGA

Gubitak elektrolita tekućinom kao i smanjenje zaliha ugljikohidrata glavni su uzroci umora pri produljenim intenzivnim aktivnostima. Dehidracija koja se javlja uslijed gubitka znoja i povećanja temperature može biti jedan od glavnih uzroka umora čak i u umjerenim klimatskim uvjetima. Iako je gubitak znoja prilikom kratkotrajnih i intenzivnih treninga nizak, kapacitet vježbanja može biti smanjen zbog manjka tekućine koja potječe prije izvođenja vježbanja. Stoga uzimanje tekućine ima višestruke koristi; osigurati i dopuniti tjelesne zalihe energijom te nadoknaditi izgublenu vodu uzrokovanu znojenjem (Khanna i Manna, 2005). Većina sportskih napitaka kao izvor energije nudi mješavinu ugljikohidrata poput saharoze, glukoze, fruktoze i galaktoze. U nekima se nalaze šećeri poput maltodekstrina, kompleksnog ugljikohidrata izgrađenog od nekoliko jedinica glukoze. Neka istraživanja više predlažu mješavinu ugljikohidrata u sportskim napitcima za razliku od jedne vrste s ciljem povećanja dostupnosti energije mišićima. Ovo se može objasniti na način da se u probavnom traktu apsorpcija različitih šećera događa preko različitih mehanizama (ACSM, 2011.).

Trenutni dokazi predlažu kako bi sportaši za maksimalnu sintezu glikogena trebali 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. Iako i hrana u krutom obliku može biti korisna za nadopunu glikogena i vraćanje elektrolita, sportski napitci mogu ponuditi bolje rješenje za obnovu istih jer se mogu uzeti odmah nakon završetka treninga ili natjecanja kada je apetit često potisnut (Spaccarotella i Andzel, 2011.).

Osim ugljikohidrata koji predstavljaju osnovni izvor energije za tijelo u proizvodima za oporavak se najčešće nalaze i elektroliti, tvari za poboljšanje okusa te neki drugi sastojci poput vitamina. Od elektrolita najčešće se mogu naći natrij i kalij, što može imati više važnih koristi. Natrij može potaknuti unos tekućine jer pokreće mehanizam javljanja žeđi. Osim toga, potiče zadržavanje tekućine i apsorpciju. Elektroliti će od posebne koristi biti sportašima kod kojih je pojačano znojenje. Okus predstavlja vrlo važnu značajku jer je dokazano kako zbog njega sportaši radije unose tekućinu ovim putem nego putem obične vode. Od ostalih sastojaka najčešće se u proizvode za oporavak dodaju vitamini, minerali i sastojci biljaka poput antioksidanasa dok se proteini rijetko dodaju. Dizajnirani su kako bi osigurali pravilnu ravnotežu ugljikohidrata i tekućine, brzo se praznili iz želuca i brzo apsorbirali u tankome crijevu (SDA, 2011.).

Podijeliti sportske napitke vrlo je komplicirano jer ih je prisutno mnogo kako na hrvatskom, tako i na europskom tržištu, a nijanse među njima jedva su prepoznatljive. Američka podjela na napitke za oporavak (recovery drinks), energetske napitke (energy drinks), proteinske napitke (protein drinks) i antikatabolične napitke (anti-catabolic drinks) ne mora biti prihvatljiva u našim uvjetima, ali određuje trend u kojem smjeru će se oni dalje razvijati. Zatim slijedi podjela obzirom na oblik, u vidu tekućih i praškastih, nakon čega se zatim dijele na podgrupe s manje ili više ugljikohidrata s raznim dodacima. Svrha sportskih napitaka je: nadoknaditi gubitak tekućine, zamijeniti izgubljene ključne elektrolite (natrij i kalij) te osigurati energiju za produkciju glikogena u jetri i mišićima. Principijelno sportske napitke treba uzimati kada trening traje duže od 60 minuta, a najbolji trenutak je za vrijeme samog treninga ili (ako je moguće) za vrijeme natjecanja. Ukoliko ovo nije moguće, najbolje ih je laganim gutljajima unositi odmah po završetku treninga (Kulier, 2001.). U testnim uzorcima nalaze se mješavine ugljikohidrata u obliku polimera glukoze te drugih važnih ugljikohidrata. Dizajnirani su kako bi maksimalno povećali obnovu glikogena u mišićima, poboljšali izdržljivost, ubrzali oporavak te poboljšali učinkovitost treninga (Twinlab, 2014.).

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**



### 3.1. ZADATAK

Cilj ovog rada bio je ispitati i odrediti GI dva različita komercijalno dostupna proizvoda u prahu koji se miješaju s vodom, na bazi ugljikohidrata sa dodatkom elektrolita i vitamina, koji se koriste za oporavak sportaša nakon treninga ili natjecanja. Osim toga, određivana je senzorska prihvatljivost navedenih proizvoda, utjecaj na subjektivni osjećaj sitosti te dolazi li eventualno do pojave nekih nuspojava nakon konzumacije istih.

### 3.2. 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 poput dolaska na ispitivanje 8 do 10 sati na tašte, nisu smjeli prethodne večeri konzumirati alkohol te su zamoljeni ne izvoditi intenzivne tjelovježbe prije testiranja. U istraživanju je sudjelovalo 5 ispitanika.

### 3.3. MATERIJALI

#### 3.3.1. Test namirnice

U specijaliziranoj trgovini sportske prehrane u Osijeku kupljena su dva različita komercijalno dostupna proizvoda proizvođača Twinlab®: Ultra Fuel (**Slika 6a**) (dalje u tekstu **test uzorak 1** ili **test 1**) te Hydra Fuel (**Slika 6b**) (dalje u tekstu **test uzorak 2** ili **test 2**).



Slika 6 Analizirani proizvodi: a) Ultra Fuel i b) Hydra Fuel

Pojedinačni sastavi test uzoraka 1 i 2 te kontrolnog uzorka prikazani su u tablicama 4, 5 i 6.

**Tablica 4** Sastav test uzorka 1 po serviranju (4 mjerice ili 105,3 g) uzet s deklaracije

	<b>Količina po serviranju</b>
Energetska vrijednost	1674 kJ/400 kcal
<b>Ukupni ugljikohidrati</b>	100 g
od toga šećeri	34 g
Vitamin C	60 mg
Tiamin	1,5 mg
Riboflavin	1,7 mg
Niacin	20 mg
Vitamin B <sub>6</sub>	2 mg
Biotin	300 µg
Pantotenska kiselina	100 mg
Magnezij	25 mg
Krom	200 µg
Natrij	60 mg
Kalij	100 mg

**Tablica 5** Sastav test uzorka 2 po serviranju (1 mjerica ili 20 g) uzet s deklaracije

	<b>Količina po serviranju</b>
Energetska vrijednost	293 kJ/70 kcal
<b>Ukupni ugljikohidrati</b>	18 g
od toga šećeri	18 g
Vitamin C	30 mg
Tiamin	0,21 mg
Riboflavin	1,7 mg
Magnezij	45 mg
Krom	18,8 µg
Natrij	26 mg

### 3.3.2. Referentna namirnica ili standard

Kao standardna namirnica (dalje u tekstu **kontrolni uzorak** ili **kontrola**) korištena je čista D(+)-glukoza monohidrat, pomiješana sa 250 ml bistrog soka od jabuke (**tablica 6**).

**Tablica 6** Sastav bistrog soka od jabuke (100 g ili ml) (Kaić Rak i Antonić, 1990.)

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

### 3.4. APARATURA

#### 3.4.1. Lancetar MICROLET®2 BAYER

Perforacija jagodica prstiju s ciljem dobivanja kapilarne krvi tijekom procesa mjerenja glukoze u krvi provedena je upotrebom lancetara MICROLET®2 BAYER (**Slika 7**).



**Slika 7** Lancetar i lancete za perforaciju

#### 3.4.2. Trakice Bayer CONTOUR® NEXT USB

Nakon perforacije jagodice prsta uzorci kapilarne krvi su analizirani trakicama Bayer CONTOUR® NEXT trakica (**Slika 8**).



**Slika 8** Bayer CONTOUR® NEXT trakice

#### 3.4.3. Glukometar Bayer CONTOUR® NEXT USB

Određivanje razine glukoze u krvi provedeno je upotrebom Bayer CONTOUR® NEXT USB glukometara (**Slika 9**).



**Slika 9** Glukometar Bayer CONTOUR® NEXT USB

### 3.4.4. Tanita MC-180

Procjena sastava tijela provedena je uređajem Tanita MC-180 (Slika 10).



Slika 10 Analizator tjelesnog sastava Tanita MC-180

([www.ultra-soins.com](http://www.ultra-soins.com))

## 3.5. METODA ISTRAŽIVANJA

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

Metoda kojom je određivana senzorska prihvatljivost test proizvoda provedena je primjenom hedonističke skale (Prilog 5).

### 3.5.1. Protokol istraživanja

Zdravi ispitanici muškog spola koji se bave sportom, minimalne dobi 18 godina, došli su na prvi termin gdje su upoznati s protokolom istraživanja te su nakon pristanka potpisali Suglasnost za sudjelovanje (Prilog 6). Ispitanici su se nasumičnim postupkom primjenom metode randomizacije raspodijelili po terminima obzirom na broj test uzoraka. Na prvi termin ispitanici su došli nakon minimalno 8 do 10 sati na tašte u laboratorij Katedre za prehranu (u daljnjem tekstu laboratorij) te im je izmjereno stanje uhranjenosti pomoću

uređaja Tanita MC-180 (**Slika 10**) uz mjerenje visine stadiometrom (Seca, UK). Nakon toga ispitanici su otišli u laboratorij gdje su na temelju randomizacije dobili test hranu (proizvod kojemu se određuje GI), odnosno kontrolni uzorak uz koju su popili još 250 ml vode. Svaki si je ispitanik primjenom lancetara i glukometra izvadio krv u vremenskom intervalu od 120 minuta (-5', 0', 15', 30', 45', 60', 90', 120'). U periodu između 2 mjerenja, ispitanici su ispunjavali obrazac o senzorskoj prihvatljivosti hrane koja se analizirala, primjenom hedonističke skale te obrazac o subjektivnom osjećaju sitosti, odnosno gladi i eventualnim nuspojavama.

Istraživanje je odobrilo Etičko povjerenstvo za istraživanja na ljudima Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek.

### 3.5.2. Senzorska evaluacija uzoraka

Cilj senzorske evaluacije bio je otkriti koliko se testirani proizvodi sviđaju ispitanicima, tj. koliko im se sviđa njihov okus i koliko je njihova senzorska prihvatljivost. Evaluacija o ukusnosti test uzoraka i kontrole provedena je korištenjem hedonističke skale u rasponu ocjena od 1 do 7, gdje se 1 odnosi na „iznimno mi se sviđa“, a 7 na „iznimno mi se ne sviđa“ (**Prilog 5**).

### 3.5.3. Subjektivni osjećaj sitosti za testirane namirnice

Upitnik o sitosti sastojao se od 4 vizualne analogne skale gdje su na svakoj skali ispitanici odgovarali na različito pitanje koje se odnosilo na njihovu trenutnu želju za jelom, glad, sitost i tome koliko bi mogli pojesti u tom trenutku, odnosno u određenoj minuti ispitivanja. Ispitanici su zamoljeni da iskažu svoj osjećaj stavljanjem okomite crte na skalu gdje ekstremno lijeva točka označava osjećaj potpune sitosti, osim u trećoj skali, za pitanje o punoći, gdje ide u obrnutom smjeru. Nakon toga ravnalom su se mjerila mjesta na skali gdje se nalazila okomita crta te se računala ukupna subjektivna ocjena za apetit prema formuli **(2)**:

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

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).

### 3.5.4. Odvaga test namirnica i standarda

Prema zahtjevima metode ISO 26 642:2010, porcija hrane mora sadržavati 50 g slobodnih (probavljivih) ugljikohidrata te su se prema tome, na sljedeći način, izračunale potrebne odvage test uzoraka i kontrole:

#### A. Test uzorak 1

34 g slobodnih ugljikohidrata u 105,3 g uzorka (Tablica 4)

$$\frac{50 \text{ g slobodnih ugljikohidrata} \sim X}{x = \frac{105,3 \times 50}{34} = 154,9 \text{ g uzorka}}$$

#### B. Test uzorak 2

90 g slobodnih ugljikohidrata u 100 g uzorka (Tablica 5)

$$\frac{50 \text{ g slobodnih ugljikohidrata} \sim X}{x = \frac{100 \times 50}{90} = 55,6 \text{ g uzorka}}$$

#### C. Kontrolni uzorak

11,5 g slobodnih ugljikohidrata u 100 g uzorka (Tablica 6)

X (slobodnih ugljikohidrata u 250 g uzorka)=?

$$x = \frac{250 \times 11,5}{100} = 28,75 \text{ g slobodnih ugljikohidrata u 250 ml soka}$$

S obzirom da metoda ISO 26 642:2010 zahtjeva 50 g standarda ili referentne namirnice u obliku čiste glukoze, u kontrolni uzorak odvagano je i dodano još **21,25 g** čiste D(+)-glukoze monohidrata, što je u konačnici zadovoljilo zahtjeve metode jer je  $28,75 \text{ g} + 21,25 \text{ g} = 50 \text{ g}$  slobodnih ugljikohidrata.

### 3.5.5. 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, potrebno je minimalno pet ispitanika.

Rezultati koji opisuju karakteristike ispitanika su prikazani za svakog ispitanika pojedinačno. 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). Statistička je analiza napravljena pomoću programa Statistica (inačica 12.0, StatSoft Inc., USA), uz odabranu razinu značajnosti od  $p=0,05$ .

## **4. REZULTATI**



## 4.1. KARAKTERISTIKE ISPITANIKA

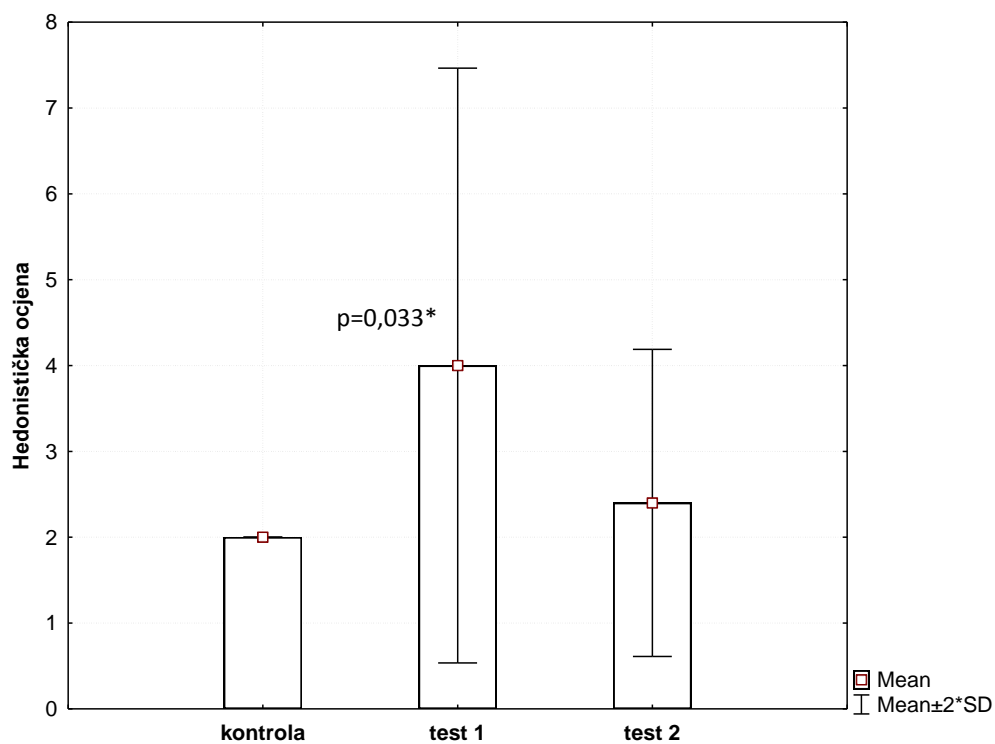
Tablica 7 Analiza sastava tijela ispitanika određena analizatorom Tanita MC-180

	I01	I02	I03	I04	I05
Visina (cm)	187	193	179	182	177
Masa (kg)	74,2	108,5	71,8	87,8	71,4
ITM (kg/m <sup>2</sup> )	21,2	29,1	22,4	26,5	22,8
Opseg struka (cm)	71,5	87,0	75,0	83,0	74,0
Opseg bokova (cm)	92	103	96	102	93
Omjer struka i bokova	0,77	0,84	0,78	0,81	0,80
Bazalni metabolizam (kJ)	8 092	11 091	7879	8699	7571
Masna masa (kg)	8,7	20,5	7,5	18,4	9,6
Bezmasna masa (kg)	65,5	87,9	64,3	69,4	61,8
Visceralna mast (razina)	1 razina	5 razina	1 razina	5 razina	2 razina
Mišićna masa (kg)	62,3	83,7	61,1	65,9	58,6
Tjelesna voda (kg)	46,9	64,0	46,9	49,5	44,8
Izvanstanična voda (kg)	18,2	23,8	18,0	19,5	17,5
Unutarstanična voda (kg)	28,7	40,2	28,9	30,0	27,4
Omjer ECW/ICW	0,63	0,60	0,62	0,65	0,64
Impedancija cijelog tijela $\Omega$	587,9	430,8	530,0	554,8	560,4

**Tablica 8** Razina fizičke aktivnosti ispitanika procijenjena preko indeksa rada, sporta i slobodnog vremena

Ispitanik	Indeks rada	Indeks sporta	Indeks slobodnog vremena
I01	3,50	3,50	4,00
I02	3,00	5,00	4,50
I03	3,00	3,75	3,75
I04	3,63	3,75	3,00
I05	3,50	4,25	4,50

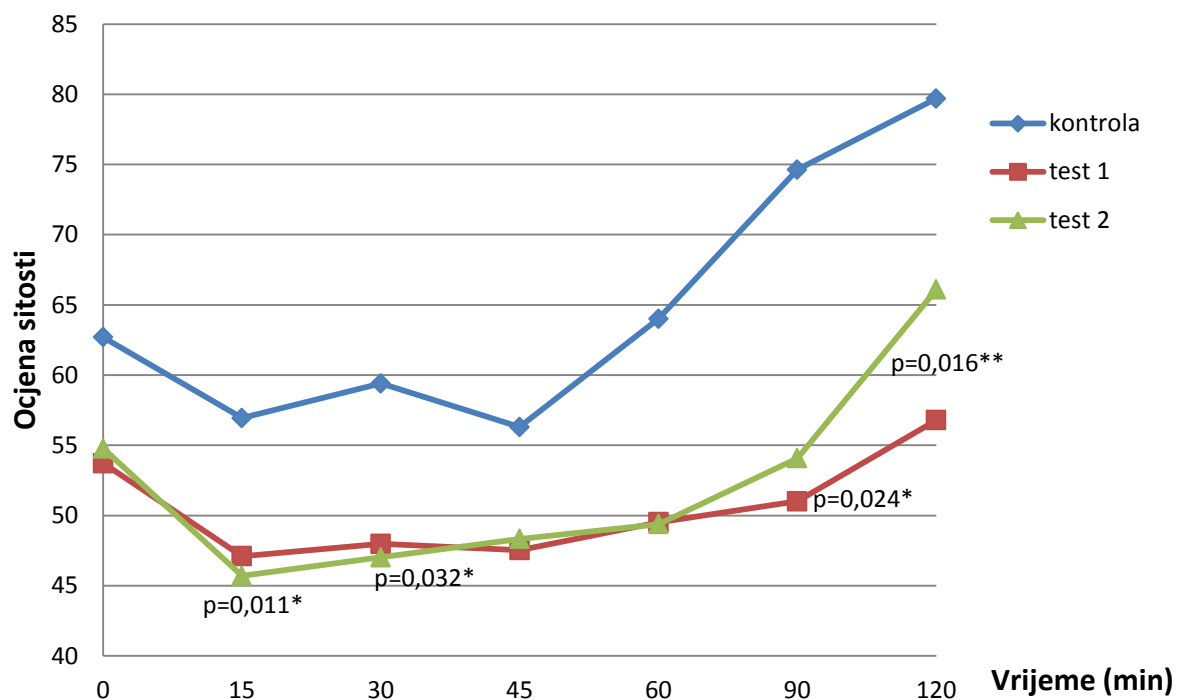
## 4.2. SENZORSKA PRIHVATLJIVOST TEST UZORAKA



t-test za nezavisne varijable; \*označava statističku značajnost između kontrole i uzorka test 1 kod  $p < 0,05$   
Mean – srednja vrijednost; SD – standardna devijacija

**Slika 11** Hedonistička ocjena za tri test uzorka za okus

## 4.3. SUBJEKTIVNI OSJEĆAJ SITOSTI ZA TEST UZORKE

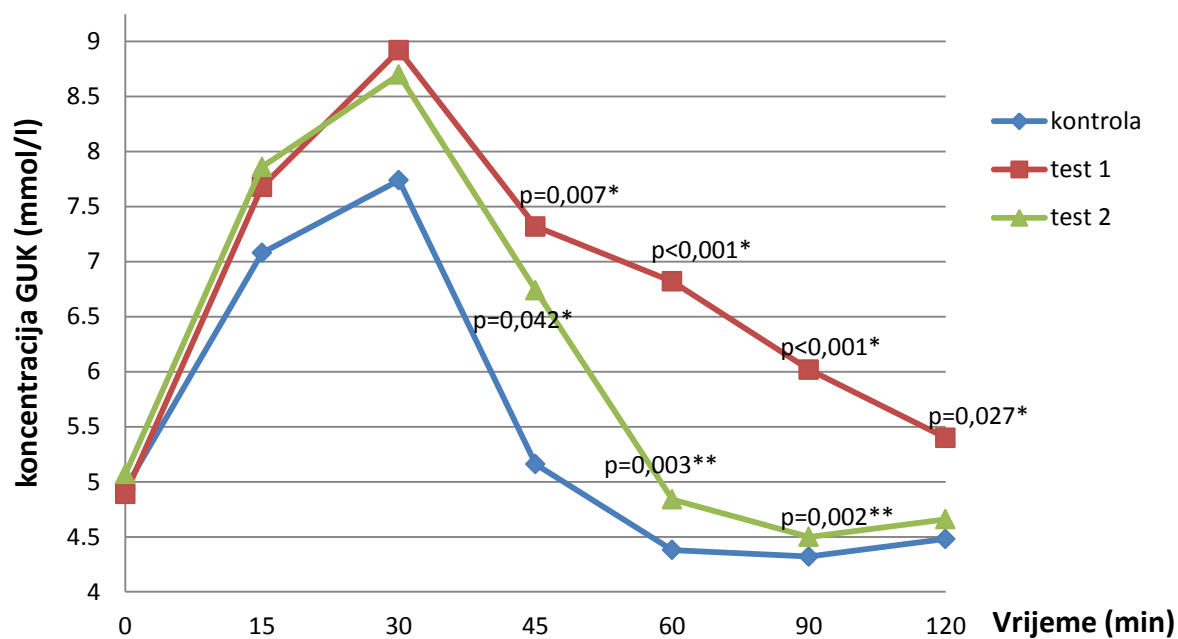


t-test za nezavisne varijable; \*označava statističku značajnost kod  $p < 0,05$

\*označava statistiku značajnost u usporedbi s kontrolom; \*\*označava statističku značajnost između dva test uzorka

**Slika 12** Krivulje subjektivnog osjećaja sitosti za tri test uzorka kroz 120 minuta

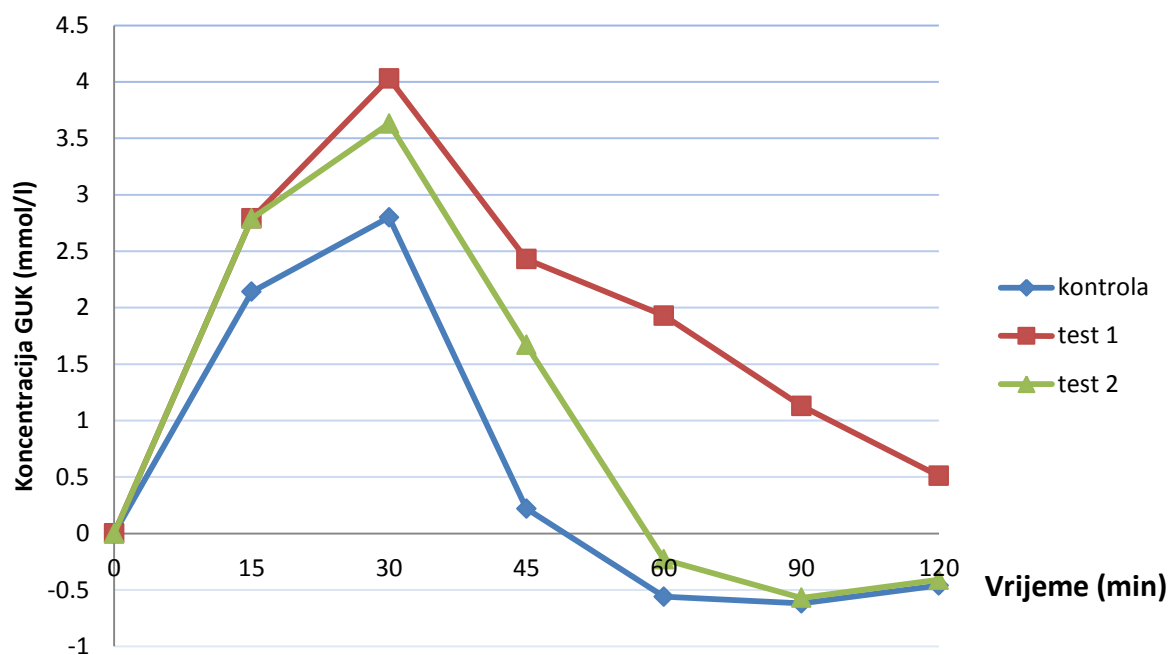
## 4.4. PROMJENA KONCENTRACIJE GLUKOZE U KRVI ZA TEST UZORKE



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

\*označava statistiku značajnost u usporedbi s kontrolom; \*\*označava statističku značajnost između dva test uzorka

**Slika 13** Promjena razine glukoze u krvi za test uzorke kroz 120 minuta



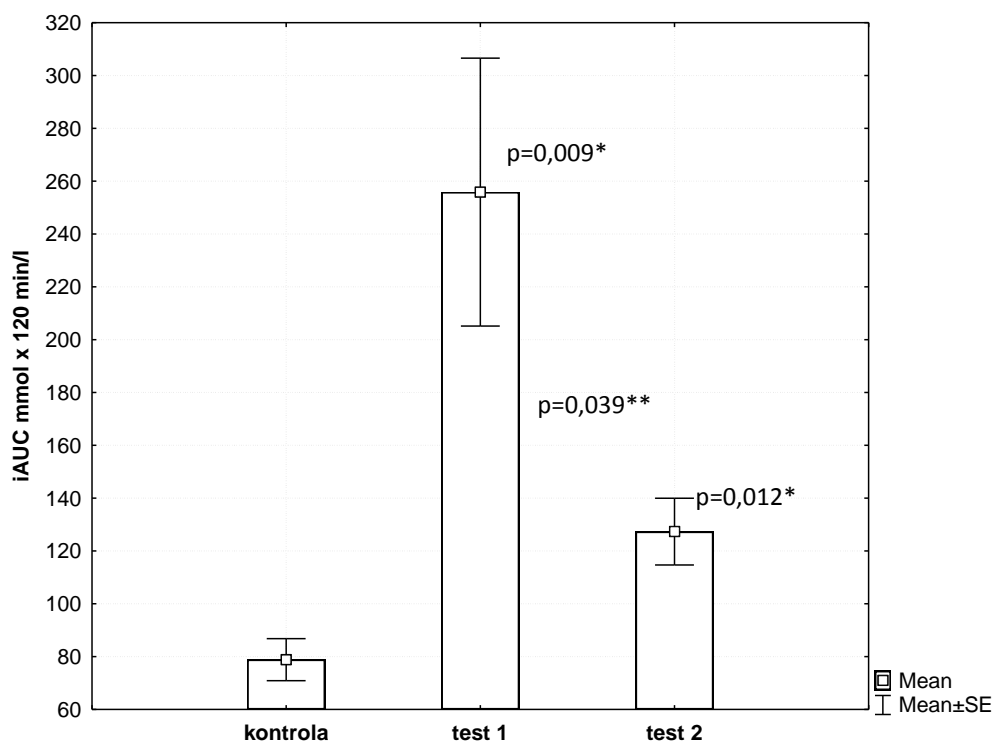
**Slika 14** Promjena razine glukoze u krvi obzirom na bazalnu razinu glukoze za test uzorke kroz 120 minuta

**Tablica 9** Korelacija promjene razine glukoze u krvi kroz 120 minuta i subjektivnog osjećaja sitosti za test uzorke

Subjektivni osjećaj sitosti	Promjena razine GUK		
	Kontrola	Test 1	Test 2
Kontrola	- 0,62		
Test 1		- 0,84	
Test 2			- 0,69

Pearsonov test korelacija

#### 4.5. IAUC ILI UKUPNA POVRŠINA ISPOD KRIVULJE KAO ODGOVOR B-GLUKOZE TEST UZORAKA



t-test za nezavisine varijable, \*označava statističku značajnost kod  $p < 0,05$

Mean – srednja vrijednost; SE – standardna greška

\*označava statističku značajnost naspram kontrole; \*\*između dva test uzorka

**Slika 15** Površina ispod krivulje (iAUC) za tri test uzorka kroz 120 minuta

#### 4.6. GLIKEMIJSKI INDEKS TEST UZORAKA

Na osnovi dobivenih rezultata iAUC za kontrolu i test uzorke izračunate su vrijednosti njihovog GI (**Tablica 10**) prema formuli **(3)**:

$$GI = \frac{A_t}{A_{ref}} * 100 \quad (3)$$

gdje je:

$A_t$  – iAUC test namirnice

$A_{ref}$  – iAUC referentne namirnice

**Tablica 10** Vrijednosti izračunatog glikemijskog indeksa za test uzorke

Uzorak	Glikemijski indeks srednja vrijednost ± SD	p
Test 1	317,9 ± 122,4	0,022*
Test 2	161,6 ± 14,6	

SD – standardna devijacija

t-test za nezavisne uzorke; \*onačava statističku značajnost kod  $p < 0,05$



## **5. RASPRAVA**

## 5.1. KARAKTERISTIKE ISPITANIKA

U istraživanju je sudjelovalo 5 studenata muškog spola koji se aktivno, ali rekreativno bave sportom, u dobi od 21 do 26 godina, od kojih su svi samci i bez djece. Gotovo svi ispitanici žive kao podstanari te im prosječna primanja po osobi u kućanstvu iznose oko 2500 kuna. Svi su nepušači, rijetko konzumiraju alkohol te unose prosječno od 2 do 2,5 l vode u danu. Samo je jedan ispitanik uzimao dodatke prehrani u vidu proteina, aminokiselina te vitamina i minerala.

Analiza tjelesnog sastava (**Tablica 7**) provedena je putem analizatora Tanita MC-180 (**Slika 10**). Dobiveni rezultati su očekivani s obzirom na vrstu sporta kojima se ispitanici bave, a posebno se to odnosi na ITM koji kod sportaša može biti povećan kada se radi o mišićnoj masi. Osim toga, ispitanici su dobili uvid u rezultate te su upoznati s vlastitim tjelesnim sastavom, što se može protumačiti i kao nagrada za njihovo sudjelovanje u istraživanju.

Baecke i sur. (1982.) su razvili upitnik za evaluaciju osobne fizičke aktivnosti (**Prilog 2**) te ga podijelili u 3 posebne dimenzije (**Tablica 8**). Dobiveni rezultati ukazuju na to kako je razina fizičke aktivnosti po sve tri promatrane dimenzije veća od prosječne studentske populacije (Banjari i sur., 2011.). Banjari i suradnici (2011.) su primjenom istog upitnika na studentskoj populaciji utvrdili kako je indeks radnog vremena iznosio 2,3 ( $\pm 0,5$ ), sporta 2,9 ( $\pm 2,6$ ) i slobodnog vremena 2,9 ( $\pm 0,9$ ). Osim toga, zadnje provedeno istraživanje na populaciji studenata pokazalo je kako je 25,6 % studenata totalno neaktivno dok ih se 30,3 % sezonski rekreativno bavi sportom (Banjari i Ostrognjaj, 2014.). Dakle, studenti koji su sudjelovali u ovom istraživanju su fizički aktivni minimalno 5 dana u tjednu te spadaju u kategoriju jako aktivnih rekreativaca (Baecke i sur., 1982.). Ovu populaciju studenata možemo smatrati i potencijalnim korisnicima test uzoraka, odnosno pripravaka za oporavak nakon treninga, obzirom da su sportovi kojima se bave izuzetno fizički zahtjevni te je oporavak mišićnog glikogena ključan (Khanna i Manna, 2005.; Wolever, 2006.; Donaldson i sur., 2010.; ADA, 2009.).

## 5.2. SENZORSKA PRIHVATLJIVOST TEST UZORAKA

Nakon što su dobili kontrolu i/ili test uzorke, ispitanici su zabilježili vrijeme koje im je potrebno za konzumaciju istih (**Prilog 3**). Pri tome je vrijeme potrebno za konzumiranje test uzorka 1, test uzorka 2 i kontrole iznosilo od 2,5 do 3,0 minute.

Korištenjem obrazaca o eventualnim nuspojavama (**Prilog 4**) nisu zabilježene nikakve nuspojave prilikom konzumacije kontrolnog uzorka, test uzorka 1 i test uzorka 2.

Zadatak testiranja ispitanika bio je ocijeniti okus i senzorsku prihvatljivost uzoraka koji su se testirali primjenom hedonističke skale sa skalom od 1 do 7 gdje je 1 označavao najveću, a 7 najmanju preferenciju za okus uzorka. Utvrđena je statistički značajna razlika između kontrole i test uzorka 1 (2,0 naprema  $4,0 \pm 1,7$ ;  $p = 0,033$ ) (**Slika 11**). Test uzorak 1 je imao najmanju preferenciju među ispitanicima. Ovakvi rezultati senzorske ocjene test uzoraka mogu se objasniti i različitim količinama praha koji se miješao s vodom, a prema uvjetima metode za 50 g slobodnih ugljikohidrata (ISO 26 642:2010). Test uzorka 1 je bilo potrebno 154,9 g (**Tablica 4**), dok je test uzorka 2 bilo potrebno 55,6 g (**Tablica 5**). Velika količina praha test uzorka 1 koja bila potrebna za pripremu testnog obroka se može uzeti kao jedan od mogućih razloga najmanje preferencije, obzirom da je i konzistencija pripremljenog napitka bila drugačija (gušći napitak). Kako je napomenuto ranije, okus predstavlja vrlo bitnu karakteristiku ovakvih pripravaka (SDA, 2011.). Stoga možemo pretpostaviti kako je prepoznatljivost i familijarnost s okusom bistrog soka od jabuke koji je korišten kao baza za referentnu namirnicu bio jedan od mogućih razloga najbolje prihvatljivosti upravo referentnog uzorka, odnosno kontrole (**Slika 11**).

## 5.3. SUBJEKTIVNI OSJEĆAJ SITOSTI ZA TEST UZORKE

Subjektivni je osjećaj sitosti u direktnoj vezi sa vrstom konzumiranog obroka kao i njegovim sastavom. Važno je istaknuti kako je i viskozitet samog obroka značajan čimbenik subjektivnog osjećaja sitosti; kruta hrana izaziva veći osjećaj sitosti od tekuće hrane ili napitaka, što je u direktnoj vezi sa samom fiziologijom i procesom probave (Guyton i Hall, 2003.; Banjari i sur., 2014.; Wolever, 2006.).

Utvrđena je statistički značajna razlika subjektivnog osjećaja sitosti za sva tri testirana uzorka (**Slika 12**). Test uzorak 1 ( $50,5 \pm 3,6$ ) i 2 ( $52,2 \pm 7,0$ ) imaju niži subjektivni osjećaj sitosti od

kontrole ( $64,8 \pm 9,0$ ), a osim toga, test uzorak 1 u 120-toj minuti ima statistički značajno niži subjektivni osjećaj od test uzorka 2 ( $p = 0,016$ ; **Slika 12**). Ovi su rezultati neočekivani obzirom da promjena razine GUK (**Slika 13 i 14**) ukazuje na to kako se razina GUK nakon konzumacije test uzorka 1 održala na najvećoj razini nakon 120 minuta. Međutim pik GUK je također bio najveći za test uzorak 1, a što se zajedno s visokim sadržajem vitamina B skupine može uzeti kao mogući razlog najnižeg subjektivnog osjećaja sitosti. U prilog postavljenoj hipotezi ide i činjenica kako je utvrđena statistički značajna negativna korelacija ( $-0,84$ ; **Tablica 9**) između odziva GUK i subjektivnog osjećaja sitosti test uzorka 1.

Kontrolni je uzorak imao najviši subjektivni osjećaj sitosti (**Slika 12**), a usporedbom s test uzorkom 1 statistički značajna razlika je utvrđena za 90 minuta ( $p = 0,024$ ), a s test uzorkom 2 za 15 minuta ( $p = 0,011$ ) i 30 minuta ( $p = 0,032$ ). Ovi rezultati upućuju i na različiti mehanizam djelovanja ugljikohidrata prisutnih u test uzorcima, čime se ističe potreba za boljom klasifikacijom proizvoda namijenjenih oporavku nakon treninga (Kulier, 2001.).

#### 5.4. PROMJENA KONCENTRACIJE GLUKOZE U KRVI ZA TEST UZORKE

Brzina i intenzitet povišenja GUK u krvi nakon konzumiranja određenog obroka u usporedbi sa standardom predstavlja GI (Banjari, 2010.). Kod zdravih osoba mješoviti obrok utječe na normalan porast GUK te izaziva lučenje inzulina iz gušterače kako bi se razina GUK vratila na osnovnu (bazalnu) razinu. Amplituda porasta GUK određuje količinu izlučenog inzulina, a kako je istaknuto i ranije u direktnoj je vezi s brojnim metaboličkim poremećajima, od pretilosti, dijabetesa, metaboličkim sindromom i drugima (Arvidsson-Lenner i sur., 2004.; Wolever, 2006.). Gledano sa aspekta sportske izvedbe, značaj je još i veći (Spaccarotella i Andzel, 2011.; ACSM, 2011.; Donaldson i sur., 2010.).

Usporedbom oba test uzorka s kontrolom utvrđen je statistički značajno viši odziv GUK (**Slika 13**). Od 30-te do 120-te minute za test uzorak 1 je utvrđena statistički značajno viša koncentracija GUK u usporedbi s kontrolom. Statistički značajno viša koncentracija GUK test uzorka 2 u usporedbi s kontrolom utvrđena je u 45-toj minuti ( $p = 0,042$ ). Usporedbom odziva GUK između dva test uzorka utvrđena je statistički značajno viša koncentracija GUK test uzorka 1 u 60-toj ( $p = 0,003$ ) i 90-toj minuti ( $p = 0,002$ ).

Jedino u slučaju test uzorka 1 razina GUK nije pala ispod početne (baseline) koncentracije (**Slika 14**), što je i bio razlog najvišoj vrijednosti iAUC (**Slika 15**). Za kontrolni i test uzorak 2

razina GUK je u 60-toj minuti pala ispod početne (baseline) koncentracije, uz postepeni rast prema 120-toj minuti (**Slika 14**).

Dobiveni rezultati govore u prilog potrebi za boljim deklariranjem ovakvih pripravaka (ACSM, 2011.; SDA, 2011.; Kulier, 2001.), jer unatoč istoj klasifikaciji od strane proizvođača učinak na metabolizam glukoze je značajno drugačiji. Nadoknada energije nakon tjelesnih napora kojima su izloženi sportaši je od izuzetne važnosti, a mora uključiti nadoknadu glikogena i eliminaciju nakupljenih laktata (Strelec, 2013.; ACSM, 2011.; Donaldson i sur., 2010.). Pogrešan odabir pripravka za oporavak može imati značajne nepovoljne posljedice na kapacitet vježbanja i sportsku izvedbu, što je ponovno najistaknutije u vrhunskom sportu (Spaccarotella i Andzel, 2011.; ACSM, 2011.; Donaldson i sur., 2010.).

## 5.5. IAUC ILI UKUPNA POVRŠINA ISPOD KRIVULJE KAO ODGOVOR B-GLUKOZE TEST UZORAKA

Kao što je rečeno, GI se može definirati i kao povezanost inkrementalne ili ukupne površine koja se dobije ispod krivulje kao odgovor  $\beta$ -glukoze testirane hrane (eng. iAUC, Incremental Area Under the blood glucose Curve for the tested meal) koja sadrži 50 grama slobodnih ugljikohidrata te ukupne površine koja se dobije kao odgovor  $\beta$ -glukoze standardne test hrane (eng. iAUCS, Incremental Area Under the blood glucose Curve for the Standard meal) (Chlup i sur., 2004.).

Površina ispod krivulje izračunata je kao zbroj površina trapezoida ispod krivulja za koncentracije GUK testiranih uzoraka (**Slika 13**) te izražena u mmol x 120 min/l. Izračunate vrijednosti iAUC su kako slijede: kontrola  $78,9 \pm 8,0$ ; test uzorak 1  $255,9 \pm 50,7$ ; test uzorak 2  $127,3 \pm 12,6$  (**Slika 15**). Utvrđena je statistički značajna razlika između kontrole i test uzorka 1 ( $p = 0,009$ ) i test uzorka 2 ( $p = 0,012$ ). Također je utvrđena statistički značajna razlika vrijednosti iAUC između test uzorka 1 i 2 ( $p = 0,039$ ; **Slika 15**).

Sastav pojedinog obroka je ključan za normalnu aktivnost gušterače, a prema razini GUK u krvi koja odražava trenutne čovjekove potrebe za energijom. Amplituda porasta GUK u krvi određuje količinu izlučenog inzulina. Sukladno tome, različiti metabolički poremećaji vode k nedostatnom lučenju inzulina ili ono u potpunosti izostaje (Arvidsson-Lenner i sur., 2004.; Wolever, 2006.). Upravo je stoga važno prepoznati reakciju organizma, što se može postići poznavanjem načina djelovanja određene hrane prema sastavu ugljikohidrata i njezinom GI.

Ovo je posebice važno ako se uzme u obzir fizička sprema, performans i oporavak nakon treninga, posebice za vrhunske sportaše (Spaccarotella i Andzel, 2011.; ACSM, 2011.; Donaldson i sur., 2010.).

## 5.6. GLIKEMIJSKI INDEKS TEST UZORAKA

Vrijednosti GI su podložne velikoj inter- i intraindividualnoj varijabilnosti (Chlup i sur., 2004.; Wolever, 2003.; Foster-Powell i sur., 2002.). U Europskoj uniji GI velikog broja hrane nije određen, a ni metode za određivanje GI nisu standardizirane (Wolever i sur., 2003). Upravo je ovo razlog potrebi za standardizacijom te sustavnim određivanjem GI hrane, kako bi se išlo u korak s naprednim područjima proizvodnje nove hrane i dodataka prehrani, ali i znanstvenim dokazima o povezanosti GI sa brojnim zdravstvenim učincima (Wolever, 2006.; Arvidsson-Lenner i sur., 2004.; Prašek, 2004.).

Prema kategorijama za GI (**Tablica 1 i 2**) izračunate vrijednosti GI za oba testirana uzorka (**Tablica 10**) svrstavaju ih u kategoriju VGI i visokog GL.

Uzimajući u obzir sam sastav test uzoraka (**Tablica 4 i 5**), odnosno sadržaj ugljikohidrata te samu namjenu proizvoda, visoki GI je bio i očekivan. Međutim, GI test uzorka 1 je značajno viši u odnosu na test uzorak 2 ( $317,9 \pm 122,4$  naprema  $161,6 \pm 14,6$ ,  $p = 0,022$ ; **Tablica 10**). Ovi su rezultati u skladu s vrijednostima iAUC (**Slika 15**), no nisu bili očekivani uzimajući u obzir namjenu oba proizvoda. Dobiveni rezultati ukazuju na to kako unatoč istom klasificiranju proizvoda u skupinu „recovery“ pripravaka od strane proizvođača, njihov učinak na metabolizam glukoze se razlikuje. Ovo je vidljivo i iz najnižeg subjektivnog osjećaja sitosti (**Slika 12**), a u usporedbi sa test uzorkom 2 ( $p = 0,016$ ). Mogući razlog tome je značajno viši sadržaj vitamina B skupine u test uzorku 1 (**Tablica 4**), koji su poznati aktivatori receptora gladi (Banjari i sur., 2014.).

Važno je istaknuti kako su dobiveni rezultati u skladu s rezultatima drugih istraživanja (Chlup i sur., 2004.). Jednako tako ne treba zaboraviti ni kako istraživanja u području sporta idu u prilog tome kako je hrana sa VGI najviše korisna za oporavak nakon dugotrajnog i intenzivnog vježbanja zbog toga što poboljšava sadržaj mišićnog glikogena (Wolever, 2006.; ACSM, 2011.; SDA, 2011.).

## **6. ZAKLJUČCI**

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

- Primjenom hedonističke skale za ocjenu okusa utvrđeno je kako su ispitanici imali najveću preferenciju prema kontrolnom uzorku, zatim test uzorku 2, te statistički značajno najmanju prihvatljivost test uzorka 1. Moguće je da je razlog najnižoj preferenciji za test uzorak 1 značajno veća količina praha koju je trebalo odvagati kako bi se priredio test napitak te je i konzistencija samog napitka bila gušća od druga dva napitka.
- Test uzorak 1 ( $50,5 \pm 3,6$ ) imao je statistički značajno najniži subjektivni osjećaj sitosti u usporedbi i s kontrolom ( $64,8 \pm 9,0$ ) i s test uzorkom 2 ( $52,2 \pm 7,0$ ). Različiti vremenski intervali u kojima je utvrđena statistički značajna razlika test uzoraka 1 (90 min), test uzorka 2 (15 min i 30 min) i kontrole moguće upućuje na različiti mehanizam djelovanja ugljikohidrata u samoj formulaciji, koji su vjerojatno u vezi s drugim nutrijentima formulacije, ponajviše vitaminima B skupine.
- Utvrđena je statistički značajno viša razina GUK kroz sve promatrane vremenske intervale za oba test uzorka u usporedbi s kontrolom; 30 – 120 min za test uzorak 1, u 45 min za test uzorka 2. Usporedbom odziva GUK između dva test uzorka utvrđena je statistički značajno viša koncentracija GUK test uzorka 1 u 60 i 90 min. Jedino u slučaju test uzorka 1 razina GUK nije pala ispod početne (baseline) koncentracije.
- Statistički značajno najveću površinu ispod krivulje (iAUC) imao je test uzorak 1 ( $255,9 \pm 50,7$ ), u usporedbi s kontrolom ( $78,9 \pm 8,0$ ) i test uzorkom 2 ( $127,3 \pm 12,6$ ).
- Oba test uzorka prema izračunatim vrijednostima GI spadaju u kategoriju VGI i visokog GL, što je u skladu s njihovom namjenom („recovery“ pripravci). GI test uzorka 1 je značajno viši u odnosu na test uzorak 2 ( $317,9 \pm 122,4$  naprema  $161,6 \pm 14,6$ ,  $p = 0,022$ ). Ovako značajno viši GI, uz najniži stupanj subjektivnog osjećaja sitosti, a najvišu koncentraciju GUK u 120 min, ukazuje na različiti učinak ugljikohidrata u formulaciji (u kombinaciji s ostalim nutrijentima) na metabolizam glukoze. Upravo je ovo ključni aspekt u oporavku nakon treninga i sportskoj izvedbi.

Dobiveni rezultati upućuju na potrebu određivanja GI pripravaka za oporavak nakon treninga, obzirom da je utvrđeno kako unatoč istoj klasifikaciji od strane proizvođača postoji razlika u mehanizmu djelovanja koja proizlazi iz same formulacije (nutritivnog sastava ovih proizvoda). Cilj je postići ujednačenost formulacija, a kako bi se postigao maksimalni učinak na kapacitet vježbanja tijekom treninga i natjecanja kao i sportska izvedba.



## **7. LITERATURA**

- 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> [01.08.2014]
- 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.
- Banjari I, Vukoje I, Mandić ML: Brain food: How nutrition alters our mood and behavior. *Hrana u zdravlju i bolesti*, 3(1), 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.

- Chlup R, Bartek J, Režničkova 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.
- 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.
- 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.
- Guyton AC, Hall JE: *Medicinska fiziologija*. Medicinska naklada, Zagreb, 2003.
- Ielts-simon, 2011. <http://ielts-simon.com/ielts-help-and-english-pr/2011/11/ielts-writing-task-1-pie-chart-practice.html> [22.08.2014.]
- International Standards Organization: Food products – Determination of the glycaemic index (GI) and recommendation for food classification. 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.
- 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.
- Kulier I: *Prehrana vrhunskih sportaša: temeljni principi*. Impress, Zagreb, 2001.
- Last AR, Wilson SA: Low-Carbohydrate Diets. *American Family Physician*, 73(11):1942-1948, 2006.

- 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 prehled*, 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.
- 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.
- 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> [01.08.2014.]
- Strelec I: *Prehrambena biokemija (ppt predavanja)*. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, 2013.  
[http://studenti.ptfos.hr/Diplomski\\_studij/Prehrambena\\_biokemija/PPT\\_prezentacije\\_predavanja\\_Office\\_2010/](http://studenti.ptfos.hr/Diplomski_studij/Prehrambena_biokemija/PPT_prezentacije_predavanja_Office_2010/) [22.08.2014.]
- Twinlab, 2014. <http://www.twinlab.com/brands/twinlab-fuel> [21.08.2014.]
- Ultra-Soins, 2014. <http://www.ultra-soins.com/balance-professionnelle-tanita-mc-180-ma.html> [20.08.2014.]

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.

## **8. PRILOZI**

## Prilog 1 Obrazac osnovnih podataka

OSNOVNI PODACI	KONTAKT	
	IME I PREZIME	
	TELEFON	
	E-MAIL	
MJESTO PREBIVALIŠTA		

KOD (ispunjava glavni istraživač)

Dob / Godina rođenja	
Spol	M                      Ž
Visina (cm)	
Vaša trenutna tjelesna masa (kg)	

Stručna sprema	NK (osnovna škola)	SSS (srednja škola)	VŠŠ (viša škola)	VSS (fakultet)	mr.sc/dr.sc.
Mjesečni prihodi po osobi u kućanstvu (kn)	do 1500	1500 – 2500	2500 - 3500	3500-4500	> 4500

Koji je Vaš životni status? a) samac                      b) rastavljen                      c) u zajednici/braku

Imate li djece?                      NE                      DA                      1/ 2 / 3/ 4/ >4

Koliko osoba živi u Vašem kućanstvu (uključujući Vas)?                      1/ 2/ 3/ 4/ 5/ 6/ >6

Vi ste: (a) zaposlen/a puno radno vrijeme  
(b) zaposlen/a pola radnog vremena  
(c) nezaposlen/a  
(d) studiram

Ukoliko studirate, od kako ste studenti Vi živite:

- (a) s roditeljima  
(b) podstanar sam  
(c) u studentskom domu

Pušite li?                      NE                      DA

Ako DA, koliko cigareta dnevno: do 5/ 5-10/15–20 / >20 i koliko godina ste pušač \_\_\_\_\_

Imate li nekih zdravstvenih problema? (moguće više odgovora)

- (a) NE  
(b) dijabetes  
(c) bolesti srca i krvožilnog sustava  
(d) visoki tlak  
(e) masnoća u krvi (kolesterol, trigliceridi)  
(f) problemi sa štitnjačom  
(g) čir na želucu  
(h) sindrom iritabilnog crijeva  
(i) alergija na hranu  
(j) anemija  
(k) drugo \_\_\_\_\_

Smatrate li da se brinete za svoje zdravlje?

- (a) DA  
(b) NE  
(c) nije me briga

Uzimate li suplemente (vitaminsko mineralne preparate)?                      NE                      DA

Ako DA navedite ime proizvoda i učestalost uzimanja \_\_\_\_\_

Jeste li trenutno na redukcijskoj dijeti (za smanjenje tjelesne mase)?                      NE                      DA

## Prilog 2 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	mного teži/ teži/ jednak/ lakši/mного lakši	5 – 4 – 3 – 2 – 1
9. Bavite li se sportom	<b>DA</b> <b>NE</b>	
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	mного veća/ veća/ ista/manja/mного 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 3 Obrazac kliničke procjene

## OBRAZAC KLINIČKE PROCJENE

Određivanje glikemijskog indeksa

Kod predmeta: \_\_\_\_\_

DIO A: Ispunjava glavni istraživač

Datum: \_\_\_\_\_

Posjet: 1 2 3 4 5 6 7 8 9

KOD SUDIONIKA: \_\_\_\_\_

*Antropometrija*

Visina (cm): \_\_\_\_\_

Težina (kg): \_\_\_\_\_

Tjelesna masnoća (%): \_\_\_\_\_

KRVNI TLAK:

VRJEME POČETKA: \_\_\_\_\_

VRJEME ZAVRŠETKA: \_\_\_\_\_

Vrijeme potrebno za konzumiranje test obroka: \_\_\_\_\_

**UZORCI KRVI:** Provjeriti nakon završetka:

-5'	0' (Test obrok)	15'	30'	45'	60'	90'	120'

**BILJEŠKE:**

## Prilog 4 Upitnik o sitosti

KOD:

Vrijeme: -5', 0', 15', 30', 45', 60', 90', 120'

## UPITNIK O SITOSTI

Ova pitanja odnose se na procjenu Vašeg trenutnog tjelesnog stanja. Molim Vas da ocijenite svoje osjećaje tako da stavite vertikalnu liniju preko linije na mjestu koje najbolje odražava Vaše trenutne osjećaje.

## 1. Koliko je jaka Vaša želja za jelom?

Veoma slaba \_\_\_\_\_ Veoma jaka

## 2. Koliko se gladno osjećate?

Nisam uopće gladan \_\_\_\_\_ Nisam bio nikad toliko gladan

## 3. Koliko se osjećate punima?

Nisam pun \_\_\_\_\_ Nikad se nisam osjećao toliko punim

## 4. Što mislite koliko biste mogli sada pojesti?






Zapravo ništa \_\_\_\_\_ Velike količine

SIMPTOMI	PRISUTNOST	JAKINA	Komentar
Napuhivanje tekućinom ili plinom	<input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Ne	Slabo 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7 Jako	
Osjećaj povraćanja	<input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Ne	Slabo 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7 Jako	
Proljevi	<input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Ne	Slabo 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7 Jako	
Nadutost trbuha plinovima	<input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Ne	Slabo 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7 Jako	
Prekomjerno mokrenje	<input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Ne	Slabo 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7 Jako	
Mučnina	<input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Ne	Slabo 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7 Jako	
Glavobolja	<input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Ne	Slabo 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7 Jako	
Vrtoglavica	<input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Ne	Slabo 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7 Jako	
Dezorijentiranost	<input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Ne	Slabo 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7 Jako	
Nervoza	<input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Ne	Slabo 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7 Jako	
Sporo zacjeljivanje rana	<input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Ne	Slabo 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7 Jako	
Pretjerano krvarenje nakon posjekotine	<input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Ne	Slabo 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7 Jako	
Nešto drugo (definirajte): _____	<input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Ne	Slabo 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7 Jako	

## Prilog 5 Upitnik o ukusnosti

## UPITNIK O UKUSNOSTI

Molim Vas da naznačite ukusnost obroka

						
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
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

**Prilog 6** 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 pripravaka za oporavak nakon treninga („recovery-pripravaka“)**, 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: \_\_\_\_\_