Utjecaj glikemijskog indeksa obroka na sitost i kognitivne sposobnosti učenika

Lili Bračić, 2. razred
Emilia Ćurapov, 2. razred

V. gimnazija, Zagreb
Mentor: *Romana Halapir Franković*

SAŽETAK

Glukoza je osnovni izvor energije za mozak, a način na koji nakon obroka raste i pada u krvi može utjecati na osjećaj sitosti te na uspješnost održavanja pažnje tijekom nastave. Kako bi se ispitala ova tvrdnja, provedeno je istraživanje na učenicima trećih i četvrtih razreda srednje škole kojim se ispitivao utjecaj glikemijskog indeksa (GI) obroka na promjene razine glukoze u krvi, subjektivni osjećaj sitosti i kognitivne sposobnosti. Sudionici su podijeljeni u dvije početno ujednačene skupine: skupina A koja je konzumirala obrok visokog GI-a i skupinu B koja je konzumirala približno izokaloričan obrok niskog GI-a. Ciljevi istraživanja bili su usporediti promjene razine glukoze u više vremenskih intervala nakon konzumacije obroka različitog GI-a, utvrditi razlike u osjećaju sitosti između skupina te ispitati postoje li promjene u kognitivnim sposobnostima ovisno o vrsti obroka. Razina glukoze mjerena je glukometrom iz kapilarne krvi u više mjernih točaka nakon obroka, sitost je procjenjivana digitalnom vizualno-analognom skalom (VAS), a kognitivne sposobnosti procijenjene su testom koncentracije. Rezultati su potvrdili početnu hipotezu: obrok visokog GI-a uzrokovao je izraženiji porast glukoze u krvi i raniji povrat gladi u odnosu na obrok niskog GI-a, pri čemu su statistički značajne razlike u osjećaju sitosti zabilježene 30 i 90 minuta nakon obroka. U području kognitivnih sposobnosti nisu utvrđene statistički značajne razlike između skupina, što se može povezati s ograničenjima primijenjenog testa (kratko trajanje i učinak učenja). Rezultati dobiveni obradom podataka ukazuju na važnost sastava obroka u svrhu regulacije sitosti i održavanja pažnje te se naglašava potreba za edukacijom učenika srednje škole o prehrani koja pridonosi stabilnijoj koncentraciji glukoze u krvi te boljem osjećaju sitosti.

Ključne riječi: *prehrana; glukoza u krvi; glukometar; glad; koncentracija*

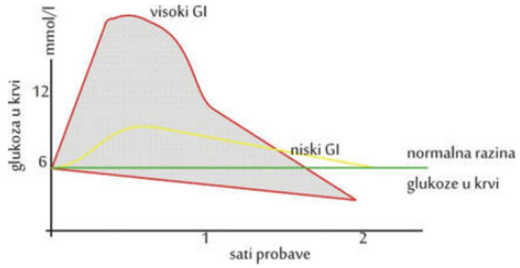
UVOD

Teorijska osnova i dosadašnje spoznaje

Prehrana ima temeljnu ulogu u održavanju energetske ravnoteže (homeostaze) potrebne za normalno funkcioniranje svih naših organa, posebice mozga, metabolički najaktivnijeg organa ljudskoga tijela. Iako čini tek 2 % ukupne tjelesne mase, mozak u mirovanju troši približno 20 % ukupne glukoze dostupne u krvotoku (Guyton i Hall, 2012). Budući da živčane stanice nemaju sposobnost skladištenja značajnih zaliha glikogena kao rezerve glukoze, kognitivne sposobnosti izravno ovise o stabilnoj razini šećera u krvi. Pod kognitivne sposobnosti podrazumijevaju se vještine uključene u obavljanje zadataka povezanih s opažanjem, učenjem, pamćenjem, razumijevanjem, sviješću, prosuđivanjem, prosudbom, intuicijom i jezikom (APA Rječnik psihologije, 2018). Razina glukoze u krvi regulira se djelovanjem dvaju hormona gušterače: inzulina i glukagona. Nakon obroka, kada glukoza u krvi poraste, luči se inzulin koji potiče ulazak glukoze u stanice te njezinu pohranu u jetri i mišićima u obliku glikogena. Između obroka, kada glukoza u krvi padne, luči se glukagon koji potiče otpuštanje glukoze iz jetre u krv, čime se razina glukoze vraća prema uobičajenim vrijednostima (Guyton i Hall, 2012; UCSF Diabetes Teaching Center, n.d.).

Autori zadržavaju autorska prava te časopisu daju pravo prvog objavljivanja rada u skladu s licencijom CC BY 4.0, koja dopušta drugima dijeljenje rada uz navođenje autorstva i izvornog mjesta objavljivanja rada u časopisu.

Metaboličke reakcije organizma nakon jela mijenjaju se ovisno o glikemijskom indeksu (*GI*) konzumirane hrane. GI je sustav rangiranja namirnica koji pokazuje koliko brzo i koliko snažno određena hrana podiže razinu glukoze u krvi nakon konzumacije u rasponu 0 – 100. Vrijednosti 0 – 55 smatraju se niskima, 56 – 69 srednjima, a više od 70 visokima (A good guide to good carbs: The glycemic index (HHP, 2025)). Namirnice visokog GI-a, poput industrijski prerađene hrane bogate jednostavnim šećerima i siromašne vlaknima (npr. bijeli kruh, peciva od lisnatog tijesta, grickalice, čokolada i zaslađeni sokovi), uzrokuju brži porast glukoze u krvi. Zbog toga što sadrže dodane šećere i/ili škrob iz rafiniranog brašna, te malo vlakana, razgradivi ugljikohidrati su probavnim enzimima lakše dostupni i brže se razgrađuju te potiču snažno lučenje inzulina (FAO/WHO, 1998). To može dovesti do bržeg pada glukoze nekoliko sati nakon obroka (slika 1), a kod osjetljivijih pojedinaca i do reaktivne hipoglikemije, odnosno naglog pada šećera u krvi uzrokovanim pretjeranim lučenjem inzulina (NHS, 2024). Takva brza kolebanja razine glukoze u krvi mogu biti povezana s privremenim padom koncentracije, smanjenom brzinom obrade informacija i povećanim mentalnim umorom (Benton, 2010; Hoyland i sur., 2009). Nasuprot tome, namirnice niskog GI-a, odnosno one bogate vlaknima, proteinima, složenim ugljikohidratima i mastima (npr. zobene pahuljice, mahunarke, orašasti plodovi, jogurt, većina svježeg voća), omogućuju postupno otpuštanje glukoze te umjereno lučenje inzulina, što doprinosi stabilnijoj razini glukoze u krvi te se često povezuje s produljenim osjećajem sitosti (Tolfrey i Zakrzewski, 2012). Vlakna mogu usporiti razgradnju i apsorpciju ugljikohidrata, a masti i bjelančevine u obroku dodatno usporavaju pražnjenje želuca, pa glukoza postupnije ulazi u krv i porast joj je umjereniji (FAO/WHO, 1998).



Slika 1 Ovisnost razine glukoze u krvi hrane visokog i niskog GI-a o vremenu probave
Izvor: Glikemijski index - da li je još aktualan? - Fitonutricionizam, pristupljeno 15.1.2026.

Budući da u stvarnom životu ne jedemo uvijek iste količine ugljikohidrata, uz GI se često koristi i glikemijsko opterećenje (*GL*), koje uzima u obzir i GI i količinu probavljivih ugljikohidrata u porciji (Brand-Miller i sur., 2002). Istraživanja provedena na djeci i adolescentima upućuju na to da obroci nižeg GI-a mogu produžiti sitost i smanjiti kasniji unos hrane u usporedbi s obrocima visokog GI-a. Ipak, autori naglašavaju da su potrebna dodatna istraživanja i dosljedno kontrolirani uvjeti kako bi se potvrdilo navedeno (Tolfrey i Zakrzewski, 2012).

Motivacija i odabir teme

Glavni poticaj za istraživanje proizašao je iz promatranja prehrambenih navika učenika tijekom velikog odmora. U sklopu naše škole ne postoji organizirana kantina, stoga su učenici usmjereni na najbrža i najjeftinija rješenja koja su postala svakodnevni standard, odnosno riječ je o proizvodima iz pekarnice, industrijski prerađenim grickalicama iz trgovine ili samoposlužnog automata. Pretpostavljamo da velik broj učenika i ostatak dana konzumira sličnu hranu.

Primarna istraživačka ideja bila je proučiti povezanost ljudske mikrobiote (bakterija u probavnom sustavu) i kognitivnih sposobnosti kroz os crijevo – mozak. Međutim, budući da takav pristup zahtijeva

rad s osjetljivim biološkim uzorcima i opremu koju školski laboratorij ne posjeduje, tema je prilagođena našim mogućnostima.

Istraživanjem je ispitano kako obroci visokoga GI-a, poput industrijski prerađene hrane, utječu na sitost, koncentraciju i kognitivne sposobnosti tijekom nastave. Ovime rad dobiva i praktičnu vrijednost jer analizira stvarni problem s kojim se učenici u školskom okruženju suočavaju.

Na temelju navedenog postavljeni su sljedeći ciljevi:
1. Ispitati i usporediti utjecaj obroka različitog GI na promjene vrijednosti glukoze u krvi u učenika mjerenjem natašte te u određenim vremenskim točkama nakon konzumacije obroka (30, 90, 150 minuta nakon konzumacije obroka).
2. Usporediti trajanje i intenzitet osjećaja sitosti nakon konzumacije obroka visokog te obroka niskog GI-a tijekom 180 minuta.
3. Ispitati i usporediti razinu koncentracije i kognitivne točnosti primjenom standardiziranog kognitivnog testa (Test traženja simbola) u određenim vremenskim intervalima nakon konzumacije.
4. Na temelju dobivenih rezultata istraživanja, educirati učenike škole o utjecaju GI-a obroka na osjećaj sitosti, razinu koncentracije i mentalni umor, s ciljem poticanja informiranog odabira prehrane tijekom školskog dana.

Hipoteze:

- Pretpostavlja se da će ispitanici koji konzumiraju obrok višega GI-a imati veći porast glukoze u krvi 30 minuta nakon konzumacije obroka te izraženiji pad glukoze u kasnijim mjerenjima (90 i 150 minuta nakon konzumacije obroka) u odnosu na učenike koji konzumiraju obrok nižega GI-a;
- Pretpostavlja se da će ispitanici koji konzumiraju obrok niskog GI-a pokazati značajno sporiji pad osjećaja sitosti u usporedbi s onima koji konzumiraju obrok visokog GI-a;
- Pretpostavlja se da će obrok visokog GI-a uzrokovati pad točnosti i brzine rješavanja testova približno 170 minuta nakon konzumacije hrane uslijed očekivane reaktivne hipoglikemije (koja će biti provjerena glukometrom) dok će konzumacija obroka niskoga GI-a pokazati stabilnost rezultata.

METODE RADA

Sudionici, raspodjela u skupine i uvjeti provedbe

Istraživanje je provedeno pod nadzorom profesora u prostorijama škole gotovo svakog nastavnog dana u jutarnjoj smjeni u trajanju od deset dana. U istraživanju je sudjelovalo 110 učenika (59 mladića i 51 djevojka) trećih i četvrtih razreda srednje škole u dobi između 16 i 19 godina. 60 učenika konzumiralo je obrok visokog, a njih 50 obrok niskog GI-a.

Radi postizanja što veće usporedivosti skupina, dva tjedna prije početka eksperimentalnog dijela istraživanja provedeni su predtest i anketa na većem uzorku učenika u neutralnim uvjetima. Anketom provedenom putem *Google Forms*-a prikupljeni su podatci o uobičajenoj prehrani, broju obroka, tjelesnoj aktivnosti, snu tijekom školskog tjedna, razini stresa, navici konzumacije kofeina (kava/energetska pića) te mogućim zdravstvenim poteškoćama (prilog 1). Istodobno je proveden inicijalni kognitivni predtest na papiru u trajanju od približno pet minuta (prilog 2).

Rezultati ankete i predtesta iskorišteni su za raspodjelu ispitanika u dvije skupine (Skupina A – obrok visokog GI-a i Skupina B – obrok niskog GI-a) tako da su skupine međusobno ujednačene prema dobi, spolu, životnim navikama i početnim rezultatima obrade informacija.

Bilo je nužno da učenici dobrovoljno pristanu na sudjelovanje u istraživanju te prilože suglasnost roditelja u slučaju da su maloljetni. Učenici s alergijama ili intolerancijama na namirnice poput glutena, laktoze ili orašastih plodova bili su smješteni u skupine u skladu s njihovim prehrambenim ograničenjima. Nisu mogli sudjelovati oni učenici s poremećajima u regulaciji glukoze ili lučenju inzulina.

Provedba istraživanja

Dan uoči svakog mjerenja ispitanicima je održana kratka edukacija o provođenju eksperimenta i važnosti pridržavanja danih uputa kako bi eksperiment bio ispravan. Preporučena im je konzumacija uravnotežene večere niskog GI-a te osiguravanje 7 – 8 sati sna. Na dan mjerenja ispitanici su došli natašte, uz uputu da toga jutra ne konzumiraju kofeinske niti zaslađene napitke, već samo vodu.

Rast i pad glukoze u krvi u svakoj provedbi eksperimenta pratili su se tijekom 180 minuta; od početka eksperimenta kada su ispitanici bili natašte (TP) do pretpostavljene stabilizacije glukoze (T150). Odabrane su točke TP, T30, T90 i T150. Točka T30 odabrana je kao rana točka u kojoj se uobičajeno bilježi najveći porast glukoze nakon obroka, T90 odabrana je kao srednja točka u kojoj se očekuje početak pada, a T150 kao kasnija točka važna za praćenje mogućega naglijeg pada (reaktivne hipoglikemije) nakon obroka visokog GI-a, prikazanog i u teorijskom uvodu (slika 1).

Tijekom mjerenja, tjelesna aktivnost bila je ograničena kako bi se smanjila potrošnja glukoze u mišićima i time smanjio utjecaj tjelesne aktivnosti na rezultate (Derouich i Boutayeb, 2002).

U tablici 1 prikazan je detaljan plan provođenja eksperimenta.

Tablica 1 Tijek svakodnevne provedbe eksperimenta

Točka mjerenja	Vrijeme (sat)	Aktivnost	Svrha
TP (početno, natašte)	08:00 – 08:15	Prezentacija rada i plana, edukacija i uvod u istraživanje (prilog 3). **Nulto mjerenje:** • glukometar • (probni) test sitosti i koncentracije.	Sudionici su upoznati s planom provedbe eksperimenta te su im objašnjeni ključni teorijski pojmovi (GI, regulacija glukoze u krvi…). Izmjerena je razina glukoze u krvi natašte te je proveden **probni** kognitivni test radi pripreme za daljnja testiranja.
T0 OBROK	08:15 – 08:30	**Konzumacija obroka** • Skupina A- visoki GI • Skupina B- niski GI	Obroci su konzumirani u jednakim vremenskim intervalima i ujednačenim tempom.
T30 (30 minuta nakon jela)	09:00 – 09:10	**Prvo mjerenje:** • glukometar • test sitosti i koncentracije.	Izmjerena je razina glukoze u krvi u razdoblju očekivanog porasta šećera. Sudionici rješavaju test sitosti i koncentracije pri najvišoj izmjerenoj razini glukoze.
T90 (90 minuta nakon jela)	10:00 – 10:10	**Drugo mjerenje:** • glukometar • test sitosti i koncentracije.	Izmjerena je razina glukoze u krvi ispitanika u fazi očekivanog slabog pada šećera. Sudionici rješavaju test sitosti i koncentracije drugi put.
T150 (150 minuta nakon jela)	11:00 – 11:10	**Treće mjerenje:** • glukometar • test sitosti i koncentracije.	Izmjerena je razina glukoze u krvi ispitanika u fazi očekivanog pada razine šećera. Sudionici rješavaju test sitosti i koncentracije treći put.

Mjerenja i postupci

Glukoza u krvi mjerena je školskim Bionime Righttest 550 glukometrom u unaprijed određenim vremenskim točkama (TP, T30, T90, T150). Treće mjerenje (T150) bilo je poželjno provesti kod što većeg broja ispitanika kako bi kasniji tijek promjena mogao biti preciznije praćen, no zbog ograničene količine školskog materijala (test-trakica glukometra) to nije bilo moguće učiniti kod svih ispitanika, već kod njih 44 (22 iz A te 22 iz B skupine). *Excel*-tablica sa svim rezultatima mjerenja glukoze u krvi nalazi se u prilogu (prilog 6).

Kao dodatna kontrola, eksperiment je ponovljen na uzorku od dvadeset ispitanika. Dio ispitanika konzumirao je isti obrok kao prethodnoga dana, dok je dio konzumirao drugačiji obrok. Ova je provjera provedena radi dodatne usporedbe rezultata i provjere njihove stabilnosti na manjem uzorku ispitanika. Zbog ograničenog broja ispitanika i dostupnih test-trakica, ova se kontrola smatra dopunom glavnim mjerenjima.

Tijekom cijelog postupka poštivani su higijenski i sigurnosni uvjeti (slika 2):

- korištene su zaštitne rukavice
- mjesto uboda bilo je dezinficirano medicinskim alkoholom
- za svakog učenika i za svako mjerenje korištena je nova, sterilna lanceta
- test-trakice za glukometar korištene su jednokratno i prema uputama proizvođača
- radna površina bila je uredna i pripremljena (stolovi sa papirnatim stolnjacima i ubrusima; pribor je bio organiziran na pladnju).

Postupak mjerenja glukoze (provedeno iz kapilarnog uzorka krvi):

1. Učenik dobiva upute promasirati jagodicu prsta kako bi se potaknuo protok krvi.
2. Jagodica prsta dezinficirana je vaticom natopljenom 70-postotnim medicinskim alkoholom.
3. Jagodica prsta probodena je lancetarom u kojem se nalazi sterilna lanceta (slika 3)
4. U glukometar je umetnuta test-trakica koja zatim upija kap krvi.
5. Vrijednost glukoze prikazuje se na zaslonu glukometra unutar približno pet sekundi.

U slučaju da se na zaslonu glukometra pojavila poruka o pogrešci (Er1, Er3 ili Er4), mjerenje je ponovljeno s novom test-trakicom, a po potrebi i s novim ubodom, pri čemu su ponovno poštovani svi higijenski uvjeti.



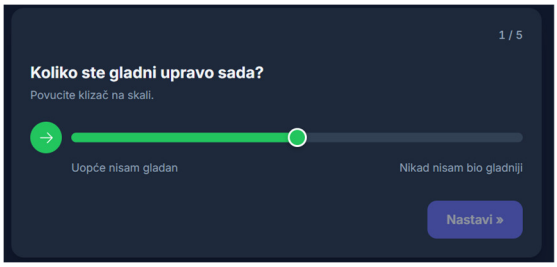
Slika 2 Materijali za mjerenje glukoze u krvi
Autor: Bračić L., 2026



Slika 3 Uzimanje uzorka krvi u svrhu mjerenja glukoze
Autor: Bračić L., 2026

Za procjenu sitosti korištena je vlastita VAS-skala (vizualna analogna skala; slika 4), kojom je subjektivni osjećaj gladi i sitosti pretvoren u brojčanu vrijednost (Crichton, 2001). Sudionici su na mrežnoj stranici napravljenoj isključivo za provođenje istraživanja označavali svoj doživljaj gladi/sitosti povlačenjem

klizača na ljestvici duljine 0 – 100 (slika 4). Upitnik je radi što veće preciznosti i usporedivosti podataka u statističkoj obradi sadržavao pet pitanja o gladi/sitosti ispitanika (prilog 4).



Slika 4 Primjer pitanja VAS-skale sitosti
Izvor: https://core-symbol-search.vercel.app/

Test koncentracije u trajanju od dvije minute proveden je putem iste mrežne stranice kao i VAS-skala sitosti (prilog 5). Proveden je u istim uvjetima za sve ispitanike. U svakom zadatku u gornjem dijelu zaslona bila su prikazana dva ciljna simbola, a u donjem dijelu pet ponuđenih simbola i oznaka „NEMA“, kao što je prikazano na slici 5. Zadatak ispitanika bio je što brže označiti simbol među ponuđenima koji se podudara s bilo kojim ciljnim simbolom. Ako se nijedan ciljni simbol nije pojavio među ponuđenima, označila se opcija „NEMA”.



Slika 5 Primjer zadatka testa koncentracije
Izvor: https://core-symbol-search.vercel.app/

Mrežna stranica koja je sadržavala VAS-skalu sitosti i test koncentracije bila je prikazana na projektoru pred svim ispitanicima u obliku QR-koda, a ispunjavanje je, uz probno mjerenje, provedeno ukupno tri puta u unaprijed određenim vremenskim točkama. Rezultati su nakon svakog ispunjavanja zabilježeni u obrascu za obradu podataka. Mrežna stranica s testom i uputama nalazi se u prilogu (prilog 4, 5).

Priprema obroka i izračuni (GI i GL)

Za pripremu obroka korišteni su komercijalno dostupni proizvodi radi preciznosti u izračunu nutritivnih vrijednosti (energetska vrijednost i udio šećera) određene hrane kupljene u trgovini. Obroci su bili približno izokalorični (400 kcal). Time je omogućena usporedivost obroka, uz kontrolu energetskog unosa kao mogućeg čimbenika koji utječe na sitost.

GI nije dovoljan pokazatelj učinka obroka jer prikazuje brzinu porasta glukoze u krvi nakon unosa namirnice, ali ne uzima u obzir količinu ugljikohidrata u uobičajenoj porciji. Zbog toga namirnice s jednakim ili sličnim GI-om mogu izazvati različit glikemijski odgovor, odnosno različitu promjenu (porast i kasniji pad) razine glukoze u krvi nakon jela, ako se u porciji razlikuju po količini ugljikohidrata (UIUC, 2025). Stoga je izračunato glikemijsko opterećenje (*GL*), jer objedinjuje GI i količinu probavljivih ugljikohidrata u porciji (ne-uključujući vlakna), pa preciznije opisuje očekivani učinak porcije. GL je izračunat prema formuli:

$$GL = \frac{GI \times gramaža\ probavljivih\ ugljikohidrata}{100}$$

Za miješani obrok ukupni *GL* dobiven je zbrajanjem *GL* vrijednosti svih sastavnica. Dobivene vrijednosti razvrstane su kao: nizak GL ≤ 10, umjeren GL 11–19, visok GL ≥ 20 (po porciji) (UIUC, 2025).

U većini hrvatskih komercijalnih proizvoda GI nije naveden na deklaraciji jer njegovo navođenje nije obvezno prema pravilima o informiranju potrošača o hrani Europske Unije (EU, 2011). Zbog toga za dio korištenih proizvoda nije bio dostupan izravno izmjeren GI, pa su pri izračunu upotrijebljene GI-vrijednosti najsličnijih namirnica iz standardnih tablica (Atkinson i sur., 2008), kao što je prikazano u tablicama 2 i 3.

Skupina A (Visoki GI):

Tablica 2 Namirnice visokog GI-a za obrok A skupine

Namirnica	Količina (masa)	Obilježje	Količina slobodnih šećera	Približna energetska vrijednost	Proizvođač	GI	GL
Bijeli tost kruh	50 g (dvije kriške)	proizvod pšeničnog podrijetla, rafinirano brašno	2,8 g	140 kcal	Zagrebačke pekarne KLARA d.d.	77	20,02
Lino Lada	30 g	čokoladni namaz	17,1 g	160 kcal	Podravka d.d.	33	5,35
Sok od naranče	200 ml	tetrapak, zaslađen	22,4 g	95 kcal	VINDIJA d.d.	54	12,09

- Ukupan udio šećera: približno 42,3 g
- Ukupan broj kilokalorija: približno 400 kcal



Slika 6 Korištene namirnice visokog GI-a: a) Toast 500 g (izvor: https://www.konzum.hr/web/products/toast-500-g-klara, pristupljeno 13. 1. 2026.), b) Lino Lada 700 g (izvor: https://www.konzum.hr/web/products/lino-lada-namaz-duo-700g-podravka, pristupljeno 13. 1. 2026.), c) Vindi premium naranča 1 l (izvor: https://www.konzum.hr/web/products/vindi-sok-100-naranca-1-l, pristupljeno 13. 1. 2026.)

Večer uoči eksperimenta (12 — 14 sati ranije) sendviči od tost-kruha (slika 6a) i čokoladnoga namaza (slika 6b) pripremljeni su i zapakirani u aluminijsku foliju (slika 7a) te odloženi u školski hladnjak do provedbe mjerenja (slika 7b). Sok (slika 6c) je poslužen uz obrok.



Slika 7 Priprema obroka visokog GI-a: a) Mazanje tost kruha čokoladnim namazom i pakiranje u aluminijsku foliju (Autor: Bračić L., 2026), b) Pohrana obroka visokog GI-a u hladnjaku do konzumacije (Autor: Ćurapov E., 2026)

Skupina B (Niski GI):

Budući da istraživanja o regulaciji apetita pokazuju da okusnost (palatabilnost) hrane može značajno utjecati na subjektivni doživljaj gladi i sitosti te potaknuti veći unos (Yeomans, 1998), u obrok Skupine

B dodano je 5 g eritritola radi poboljšanja okusnosti. Pritom eritritol ima *GI = 0* te zanemariv učinak na lučenje inzulina, pa mu je *GL = 0*, zbog čega ne mijenja ukupno glikemijsko opterećenje obroka (Livesey, 2003; Wölnerhanssen i sur., 2016).

Tablica 3 Namirnice niskog GI-a za obrok B skupine.

Namirnica	Količina (masa)	Obilježje	Količina slobodnih šećera	Približna energetska vrijednost	Proizvođač	GI	GL
Sitne zobene pahuljice	30 g	integralna žitarica	< 1 g	110 kcal	H. & J. Brüggen KG	14,61	8,47
Tekući jogurt	150 g	2,8 % m.m., prirodni izvor bjelančevina	7,5 g	95 kcal	Prehrambena industrija Vindija d.d.	7,65	1,3
Bademi	20 g	izvor polinezasićenih masnih kiselina	< 0,5 g	120 kcal	Garden Good	0	~ 0
Svježa jabuka	50 g	izvor pektina i dijetalnih vlakana	9 g	45 kcal	ARIVERA FRUIT d.o.o.	44	3,96
Chia sjemenke	7 g	izvor vlakna	0 g	35 kcal	Garden Good	0	~ 0
Eritrol	5 g	dobiven iz kukuruza	0 g	0	Biovega d.o.o.	0	0

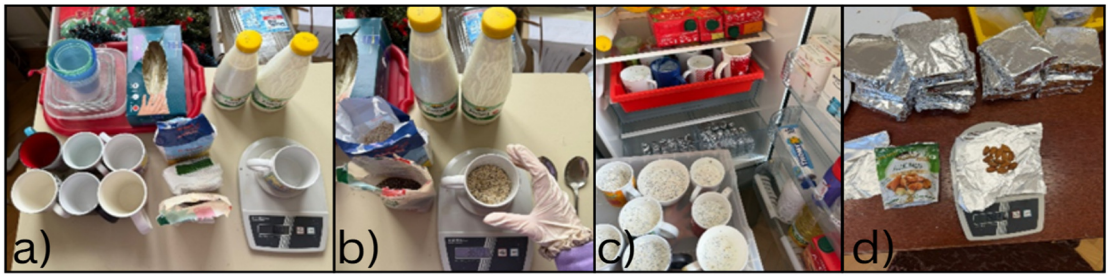
- Ukupan udio šećera: otprilike 17 g (isključivo prirodnog podrijetla uz visok udio vlakana)
- Ukupan broj kilokalorija: približno 400 kcal



Slika 8 Korištene namirnice niskog GI-a: a) Jabuka Gala (izvor: https://www.konzum.hr/web/products/gala-jabuka, pristupljeno 15. 1. 2026.)**, b) Sitne zobene pahuljice od cijelog zrna** (izvor: https://www.konzum.hr/web/products/bruggen-zobene-pahuljice-extra-500-g, pristupljeno 15. 1. 2026.)**, c) Tekući jogurt 2,8 % m.m.** (izvor: https://www.konzum.hr/web/products/z-bregov-jogurt-2-8-m-m-1kg, pristupljeno 15. 1. 2026.)**, d) Chia sjemenke** (izvor: https://www.konzum.hr/web/products/chia-sjemenke-garden-good-200g, pristupljeno 15. 1. 2026.)**, e) Jezgra badema** (izvor: https://www.konzum.hr/web/products/garden-good-bademi-180-g, pristupljeno 15. 1. 2026.)

Priprema obroka provedena je večer uoči mjerenja (12 – 14 sati ranije). Chia-sjemenke (slika 8d), sitne zobene pahuljice (slika 8b) i tekući jogurt (slika 8c) bili su izmjereni školskom digitalnom vagom (slika 9a,b), zatim međusobno pomiješani te pohranjeni u školski hladnjak na temperaturi ≤ 4 °C (slika 9c). Iste večeri izmjerena je i porcija badema (slika 8e) nakon čega je bila zamotana u aluminijsku foliju do posluživanja (slika 9d).

Na dan mjerenja, sat vremena prije konzumacije, jabuke (slika 8a) su bile oprane te izrezane na kriške od približno 50 g (otprilike polovina jabuke). Uz obrok je poslužena čaša vode.



Slika 9 Priprema obroka niskog GI-a: a) Materijali za pravljenje obroka niskog GI-a; b) Vaganje i miješanje namirnica niskog GI-a; c) Pohrana obroka niskog GI-a u hladnjak do konzumacije; d) Vaganje i pakiranje badema

Autor: Ćurapov E., 2026

Obroci su sudionicima posluženi u jednakim higijenskim uvjetima, na unaprijed pripremljenim i dezinficiranim podlogama, uz korištenje čistog pribora i jednokratnih salveta, pri čemu je svaka osoba dobila vlastiti obrok i čašu, kako bi se osigurala urednost tijekom posluživanja (slika 10).



Slika 10 Svi potrebni materijali i pribor pripremljeni za dnevno provođenje istraživanja
Autor: Ćurapov E., 2026

Kontrola varijabli i statistička analiza

Rezultati mjerenja razine glukoze u krvi zabilježeni su u tablice i razvrstani prema skupini (A – viši GI; B – niži GI). Tablica sa svim izmjerenim vrijednostima glukoze nalazi se u prilogu (prilog 6). Rezultati su uspoređeni unutar iste skupine te između skupina A i B u svim vremenskim točkama kako bi se utvrdilo razlikuje li se tijek rasta i pada razine glukoze u krvi ovisno o GI-u obroka.

Podaci o glukozi u krvi po skupinama obrađeni su deskriptivnom statistikom i prikazani kao srednja vrijednost ± standardna devijacija uzorka te raspon (min – max). Razlike između skupina A i B u svim vremenskim točkama provjerene su inferencijalnom statistikom: pri približno normalnoj raspodjeli korišten je t-test za nezavisne uzorke, a pri odstupanju od normalnosti Mann-Whitneyjev U-test (MWU). U analizi je korištena razina značajnosti $p = 0{,}05$.

Formula standardne devijacije uzorka koja prikazuje raspršenost podataka oko aritmetičke sredine, pri čemu je s standardna devijacija uzorka, x pojedinačna vrijednost u uzorku, $\bar{x}$ aritmetička sredina uzorka, a n broj opažanja u uzorku, odnosno ukupan broj podataka koji su uključeni u izračun:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Graf kretanja glukoze izrađen je u Pythonu putem biblioteka Pandas, matplotlib, numpy i scipynumpy. Budući da su mjerenja provedena u četiri vremenske točke, za prikaz glatkog tijeka kroz vrijeme međutočke procijenjene su PCHIP interpolacijom (kubni Hermiteov interpolacijski polinom po dijelovima) odabranom radi dobrog očuvanja oblika krivulje bez nerealnih oscilacija pri obradi glikemijskih podataka. Korištena je Scipy implementacija PCHIP polinoma (SciPy Developers, 2025; MathWorks, 2026).

Rezultati osjećaja gladi i sitosti dobiveni VAS-upitnikom (prilog 4) pretvoreni su u brojčane vrijednosti 0 – 100, a zatim je izračunan složeni pokazatelj apetita (CAS, engl. composite appetite score) kao zbroj pet odgovora: tri odgovora koji izravno mjere glad/apetit zbrojeni su izravno, dok su se odgovori na pitanja o punini i sitosti prethodno preračunali oduzimanjem od 100 (tj. 100 minus dobivena vrijednost), kako bi veće vrijednosti u svim pitanjima dosljedno označavale izraženiji apetit.

Rezultati kognitivnih sposobnosti dobiveni testom koncentracije (prilog 5) obrađeni su tako da je u svakoj vremenskoj točki za svakog sudionika zabilježen broj točnih odgovora, nakon čega je za skupinu A i za skupinu B izračunata srednja vrijednost (prosjek) broja točnih odgovora. Tako dobivene srednje vrijednosti zatim su u svakoj vremenskoj točki statistički uspoređene između skupina A i B.

REZULTATI

Glukoza u krvi deskriptivnom statistikom

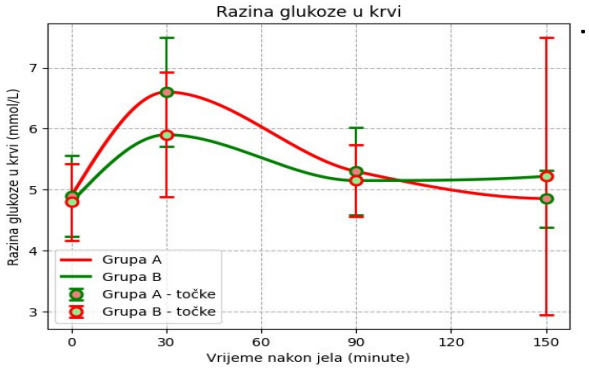
U početnom mjerenju (TP) pri kojemu su sudionici bili natašte prosječne vrijednosti glukoze bile su vrlo slične u obje skupine. Skupina A imala je srednju vrijednost glukoze u krvi u iznosu od 4,96 ± 0,66 mmol/L , a Skupina B 4,92 ± 0,63 mmol/L . Raspon vrijednosti glukoze u krvi natašte iznosio je 3,0 – 6,6 mmol/L u skupini A te 2,8 – 6,8 mmol/L u skupini B.

U prvom mjerenju nakon obroka (T30) u objema je skupinama zabilježen porast glukoze. Srednja vrijednost u skupini A iznosila je 6,80 ± 0,89 mmol/L, dok je u skupini B iznosila 6,23 ± 1,03 mmol/L. Raspon vrijednosti nakon obroka iznosio je 5,6 – 9,7 mmol/L u skupini A te 4,1 – 9,2 mmol/L u skupini B.

U mjerenju 90 minuta nakon obroka (T90) skupina A imala je srednju vrijednost 5,30 ± 0,57 mmol/L, uz raspon 3,9 – 6,7 mmol/L, dok je skupina B imala srednju vrijednost 5,19 ± 0,60 mmol/L, uz raspon 3,4 – 6,3 mmol/L.

Zbog ograničene količine školskog potrošnog materijala, mjerenje u točki T150, 150 minuta nakon obroka, provedeno je na manjem broju sudionika (ukupno n = 44; skupina A: n = 22; skupina B: n = 22). U skupini A srednja vrijednost iznosila je 4,86 ± 0,47 mmol/L (raspon 3,96 – 5,73 mmol/L), a u skupini B 5,05 ± 0,59 mmol/L (raspon 3,48 – 6,11 mmol/L).

Na slici 11 prikazano je kretanje srednjih vrijednosti glukoze u krvi u skupinama A i B kroz sve mjerne točke.



Slika 11 Kretanje prosječne razine glukoze u krvi u skupinama A i B prije obroka te 30, 90 i 150 minuta nakon obroka. Okomite crte prikazuju standardnu devijaciju, a točke označuju srednje vrijednosti skupina.

U podacima su zabilježene pojedinačne vrijednosti izvan uobičajenog raspona. Nakon obroka zabilježene su pojedinačno povišene vrijednosti glukoze do 9,7 mmol/L u skupini A i do 9,2 mmol/L u skupini B. U početnom mjerenju TP zabilježena je i pojedinačno niska vrijednost glukoze 2,8 mmol/L u skupini B.

Glukoza u krvi inferencijalnom statistikom

Usporedba vrijednosti glukoze u krvi između skupina A i B pokazala je da se skupine ne razlikuju statistički značajno u početnom mjerenju (0 minuta), dok je statistički značajna razlika utvrđena 30 minuta nakon obroka (tablica 4). U mjerenjima 90 i 150 minuta nakon obroka nije utvrđena statistički značajna razlika između skupina. Statistički značajni rezultati u tablicama označeni su zelenom bojom (tablice 4 i 5). Primijenjeni statistički testovi (t-test i MWU - Mann-Whitneyjev U-test) i pripadne p-vrijednosti po vremenskim točkama prikazani su u tablici 4.

Tablica 4 Statistička usporedba glukoze u krvi između skupina A i B po vremenskim točkama

Vrijeme nakon obroka	0 minuta	30 minuta	90 minuta	150 minuta
p-vrijednost	0,7292 (t-test)	0,000092 (MWU)	0,2447 (MWU)	0,0864 (MWU)

Sitost / apetit (CAS)

Usporedba složenog pokazatelja apetita (CAS) između skupina pokazala je da se skupine nisu statistički značajno razlikovale prije obroka (0 minuta), dok je statistički značajna razlika utvrđena 30 i 90 minuta nakon obroka. U tim vremenskim točkama skupina A imala je viši CAS od skupine B. U točki 150 minuta (T150) razlika između skupina nije bila statistički značajna. Primijenjeni statistički testovi (t-test i MWU-Mann-Whitneyjev U-test), aritmetičke sredine CAS-a skupina, i pripadne p-vrijednosti po vremenskim točkama prikazani su u tablici 5, pri čemu su statistički značajni rezultati označeni zelenom bojom.

Tablica 5 Statistička usporedba složenog pokazatelja apetita (CAS) između skupina A i B po vremenskim točkama

Vrijeme nakon obroka	0 minuta	30 minuta	90 minuta	150 minuta
Aritmetička sredina skupine A (CAS)	294	192	229	284
Aritmetička sredina skupine B (CAS)	289	143	189	236
p-vrijednost	0,7982 (t-test)	0,0061 (MWU)	0,0483 (t-test)	0,1202 (t-test)

Kognitivne sposobnosti

Analizom rezultata kognitivnog testiranja te statističkim testiranjem t-testom za nezavisne vrijednosti utvrđeno je da ni u jednoj točki mjerenja nije bilo statistički značajne razlike ($p < 0,05$) između skupina A i B. Rezultati statističkih usporedbi po vremenskim točkama prikazani su u tablici 6.

Tablica 6 Statistička usporedba rezultata testa koncentracije između skupina A i B po vremenskim točkama

Vrijeme nakon obroka	0 minuta	30 minuta	90 minuta	150 minuta
Skupina A; srednja vrijednost	43,07	51,59	53,97	59,49
Skupina B; srednja vrijednost	40,60	50,23	53,24	58,33
p-vrijednost	0,161 (t-test)	0,411 (t-test)	0,705 (t-test)	0,600 (t-test)

Usporedba rezultata prema spolu

Usporedba rezultata između djevojaka i mladića provedena je t-testom za nezavisne uzorke te nije pokazala statistički značajne razlike u razini glukoze u krvi, sitosti (CAS) ni pokazateljima kognitivnih sposobnosti ($p > 0,05$), stoga rezultati prema spolu nisu zasebno prikazani.

RASPRAVA

Glikemijski indeks predstavlja mjeru brzine porasta koncentracije glukoze u krvi nakon konzumacije hrane koja sadrži ugljikohidrate te je važan pokazatelj metaboličkog odgovora organizma (FAO/WHO, 1998), a regulacija glukoze u krvi ključna je za energetsku ravnotežu, održavanje homeostaze i normalno funkcioniranje mozga (Guyton i Hall, 2012). Rezultati provedenog istraživanja djelomično su

potvrdili postavljene hipoteze te ukazali na važnost sastava obroka u regulaciji sitosti i dinamike glikemije kod adolescenata.

Rezultati glukoze u krvi sudionika pokazali su da se skupine A i B nisu statistički značajno razlikovale u početnom mjerenju natašte, što potvrđuje njihovu početnu usporedivost. Statistički značajna razlika utvrđena je 30 minuta nakon obroka, pri čemu je skupina A, koja je konzumirala obrok višega GI-a, imala višu srednju vrijednost glukoze u krvi od skupine B. Takav je nalaz u skladu s dosadašnjim spoznajama prema kojima namirnice višega GI-a uzrokuju brži i izraženiji porast glukoze u krvi nakon obroka, dok namirnice nižega GI-a pridonose postupnijem porastu i stabilnijoj razini glukoze u krvi (FAO/WHO, 1998; Tolfrey i Zakrzewski, 2012). U mjerenjima 90 i 150 minuta nakon obroka između skupina nije utvrđena statistički značajna razlika, što upućuje na to da se razlika, izražena neposredno nakon obroka, kasnije smanjivala. Rezultat dobiven 150 minuta nakon obroka treba tumačiti s oprezom jer je to mjerenje provedeno na manjem broju sudionika.

Statističkom analizom utvrđena je značajna razlika u osjećaju sitosti između skupine koja je konzumirala obrok visokog i skupine s obrokom niskog GI-a 30 i 90 minuta nakon obroka. Skupina obroka visokog GI-a pokazivala je raniji porast složenog pokazatelja apetita (CAS), odnosno raniji povrat gladi od one niskog GI-a. Ovakav rezultat u skladu je s fiziološkim mehanizmima regulacije glukoze. Nagli porast glukoze potiče pojačano lučenje inzulina, što može dovesti do bržeg pada koncentracije glukoze i posljedičnog osjećaja gladi (Ludwig, 2002). S druge strane, obroci niskog GI-a uzrokuju sporiji i stabilniji porast glukoze, čime se produljuje osjećaj sitosti, što potvrđuju Brand-Miller i sur. (2002) te HHP (2025). Nadalje, dobiveni rezultati podudaraju se s istraživanjima koja naglašavaju važnost doručka niskog GI-a u adolescentskoj dobi (Tolfrey i Zakrzewski, 2012). Autori tvrde da namirnice niskog GI-a pridonose boljoj regulaciji apetita i unosu energije tijekom dana. Rezultati našega istraživanja time potvrđuju da GI ima mjerljiv utjecaj na subjektivni osjećaj sitosti kod adolescenata.

Kako bi se postigli ovi rezultati, mjerenje sitosti provedeno je pomoću vizualne analogne skale (VAS), koja se smatra pouzdanom metodom za procjenu subjektivnih osjećaja poput boli, gladi, umora i sličnog (Crichton, 2001). Međutim, zbog subjektivnosti procesa, ova metoda može biti neučinkovita zbog individualnog osjećaja gladi, jer je glad različita i subjektivna na psihološkoj i hormonalnoj osnovi ovisno o pojedincu.

Za razliku od rezultata vezanih uz sitost, nije potvrđena hipoteza o statistički značajnoj razlici u kognitivnim sposobnostima između skupina. Prema definiciji Američkog psihološkog udruženja, kognitivne sposobnosti obuhvaćaju procese poput koncentracije, pamćenja, brzine obrade informacija i rješavanja problema (APA, n.d.). Za razliku od Palmera i sur. (2006) koji su provodili seriju testova u trajanju od 30 – 100 minuta, u našem istraživanju korišten je kratak test koncentracije u obliku tražilice simbola u trajanju od dvije minute, zbog čega je vjerojatno smanjena osjetljivost mjerenja. Benton (2010) te Hoyland i sur. (2009) ističu da prehrambeni status može utjecati na mentalnu aktivnost, misaone procese, misaone produkte te kognitivne sposobnosti djece i adolescenata, ali su ti učinci često suptilni i ovise o vrsti zadatka, njegovom trajanju i vremenu testiranja. Moguće je da bi dulji i standardizirani testovi koji obuhvaćaju više domena kognitivnog funkcioniranja pokazali izraženije razlike. Također, ponavljanje istog tipa zadataka moglo je dovesti do učinka učenja simbola i uvježbavanja, čime se smanjila mogućnost detektiranja stvarnih razlika između skupina. Osim toga, jedan od važnih čimbenika jest i precizno određivanje vremena najvećeg pada glukoze u krvi. Guyton i

Hall (2012) navode da dinamika lučenja inzulina i promjene glikemije variraju među pojedincima. Ako testiranje nije provedeno u trenutku najizraženijeg pada glukoze, razlike u kognitivnim sposobnostima mogle su ostati neopažene.

Uočene su i individualne razlike u vrijednostima glukoze u krvi i sitosti. Uzrok razlikama mogu biti različite prehrambene navike, trajanje sna, količina stresa, razina i učestalosti tjelesne aktivnosti i hormonalni status pojedinca. Tjelesna aktivnost povećava osjetljivost stanica na inzulin, što utječe na dinamiku glukoze (Derouich i Boutayeb, 2002), dok nedostatak sna povećava razine hormona gladi i potiče osjećaj gladi. Štoviše, hormonalne promjene tijekom puberteta mogu potaknuti regulaciju apetita i metabolizam. Razlike između spolova nisu statistički detaljno razmatrane, međutim, prepoznata su neka odstupanja u početnim vrijednostima. S obzirom na razlike u tjelesnom sastavu i hormonalnom statusu adolescenata, spol bi mogao igrati važnu ulogu moderatora, stoga bi trebao biti detaljnije proučen u daljnjim istraživanjima.

Pojedinačna odstupanja u vrijednostima glukoze mogu ukazivati na varijacije u inzulinskoj osjetljivosti. Iako se na temelju školskog istraživanja ne može postaviti dijagnoza, poznato je da učestale nagle oscilacije glukoze kasnije u životu mogu povećati rizik razvoja inzulinske rezistencije ili dijabetesa tipa 2 (Ludwig, 2002). Učenicima s neuobičajenim oscilacijama glukoze u krvi preporučen je liječnički pregled u zdravstvenom sustavu, stoga edukacija o GI-u ima i preventivnu vrijednost.

Metodološka ograničenja istraživanja uključuju nemogućnost potpune kontrole uvjeta – nije bilo moguće u potpunosti standardizirati večernji obrok, osigurati da svi ispitanici zaista dođu natašte i osiguraju 7—8 sati sna. Kapilarno mjerenje glukoze glukometrom također je manje precizno od laboratorijske analize venske krvi. Smatra se da bi stroža kontrola uvjeta (standardizirani večernji obrok, kontrola količine sna, testiranje u preciznijim vremenskim točkama, dulji i provjereni kognitivni testovi, veći uzorak ispitanika) povećala vjerojatnost potvrđivanja hipoteza i smanjila varijabilnost rezultata. No, unatoč ograničenjima, rezultati istraživanja potvrđuju da GI obroka ima značajan utjecaj na odnos regulacije glukoze u krvi i sitosti kod adolescenata. Iako kognitivni učinak nije statistički potvrđen, istraživanje je pridonijelo boljem razumijevanju povezanosti metaboličkih procesa kod mladih i koncentracije te naglasilo važnost pravilnog izbora ugljikohidrata u njihovoj svakodnevnoj prehrani.

Regulacija glukoze u krvi iznimno je bitna za dugoročno zdravlje metabolizma. FAO/WHO (1998) objašnjava važnost kvalitete ugljikohidrata u prehrani, dok proučena suvremena literatura ističe povezanost visokog glikemijskog opterećenja s povećanim rizikom pretilosti i poremećaja u regulaciji glukoze poput inzulinske rezistencije i dijabetesa tipa 2 (Brand-Miller i sur., 2002). Time istraživanje uzima u obzir pitanja izvan okvira školskog projekta i dobiva širi zdravstveni značaj; educira mlade o čimbenicima koji utječu na razinu glukoze u njihovoj krvi i doprinosi razvoju zdravih prehrambenih navika u njihovu okruženju.

ZAKLJUČCI

- Obrok visokog GI-a uzrokovao je brži i veći porast glukoze u krvi, ali i njezin nagliji pad u usporedbi s obrokom niskog GI-a. Obrok niskog GI-a doveo je do stabilnije i ravnomjernije regulacije glukoze.
- U razdoblju od 30 do 90 minuta nakon obroka visokog GI-a zabilježen je raniji povrat gladi, dok je obrok niskog GI-a osigurao dulji osjećaj sitosti.

- Razlike u sitosti između skupine A i skupine B bile su statistički značajne u vremenskim točkama 30 i 90 minuta nakon obroka, što potvrđuje da sastav obroka utječe na regulaciju apetita i trajanje sitosti.
- U području kognitivnih sposobnosti nisu utvrđene statistički značajne razlike između skupina. Razlog tomu vjerojatno su metodološka ograničenja, poput kratkog trajanja testa i nemogućnosti potpune kontrole uvjeta istraživanja.

LITERATURA

APA. 2018. Cognitive ability. APA Dictionary of Psychology, https://dictionary.apa.org/cognitive-ability, pristupljeno 15.1.2026.

Atkinson F. S., Foster-Powell K., Brand-Miller J. C. 2008. International tables of glycemic index and glycemic load values: 2008. Diabetes Care 31: 2281–2283.

Benton D. 2010. The influence of dietary status on the cognitive performance of children. Molecular Nutrition & Food Research 54: 457–470.

Brand-Miller J. C., Holt S. H. A., Pawlak D. B., McMillan J. 2002. Glycemic index and obesity. The American Journal of Clinical Nutrition 76: 281S–285S.

Crichton N. 2001. Visual analogue scale (VAS). Journal of Clinical Nursing 10: 706–706.

Derouich M., Boutayeb A. 2002. The effect of physical exercise on the dynamics of glucose and insulin. Journal of biomechanics 35: 911–917.

EU. 2011. Regulation (EU) No 1169/2011 on the provision of food information to consumers. EUR-Lex, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32011R1169, pristupljeno 27.2.2026.

FAO/WHO. 1998. Carbohydrates in human nutrition: report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Fitonutricionizam. 2026. Glikemijski index – da li je još aktualan? Fitonutricionizam, https://www.fitonutricionizam.com/glikemijski-index---da-li-je-joscaron-aktualan.html, pristupljeno 15.1.2026.

Guyton A. C., Hall J. E. 2012. Medicinska fiziologija. Medicinska naklada, Zagreb.

HHP. 2025. A good guide to good carbs: The glycemic index. Harvard Health Publishing, https://www.health.harvard.edu/healthbeat/a-good-guide-to-good-carbs-the-glycemic-index, pristupljeno 14.2.2026.

Hoyland A., Dye L., Lawton C. L. 2009. A systematic review of the effect of breakfast on the cognitive performance of children and adolescents. Nutrition Research Reviews 22: 220–243.

Livesey G. 2003. Health potential of polyols as sugar replacers, with emphasis on low glycaemic properties. Proceedings of the Nutrition Society 62: 161–171.

Ludwig D. S. 2002. The glycemic index: physiological mechanisms relating to obesity. International Journal of Obesity 26: S33–S38.

MathWorks. 2026. Interpolation methods. MathWorks, https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/pchip.html, pristupljeno 17.2.2026.

NHS. 2024. Diet advice for adults with reactive hypoglycaemia. Leicester's Hospitals, https://yourhealth.leicestershospitals.nhs.uk/library/csi/dietetics/3056-diet-advice-for-adults-with-reactive-hypoglycaemia/file, pristupljeno 10.2.2026.

Papanikolaou Y., Palmer H., Binns M. A., Jenkins D. J. A., Greenwood C. E. 2006. Better cognitive performance following a low-glycaemic-index compared with a high-glycaemic-index carbohydrate meal in adults with type 2 diabetes. Diabetologia 49: 855–862.

SciPy. 2025. PchipInterpolator — SciPy v1.17.0 Manual. SciPy, https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.interpolate.PchipInterpolator.html, pristupljeno 27.2.2026.

Tolfrey K., Zakrzewski J. K. 2012. Breakfast, glycaemic index and health in young people. Journal of Sport and Health Science 1: 149–159.

UCSF. 1977. Blood Glucose Regulation in the Body. Diabetes Teaching Center, University of California San Francisco, https://diabetesteachingcenter.ucsf.edu/content/blood-glucose-regulation-in-the-body, pristupljeno 14.2.2026.

UIUC. 2025. Glycemic Load and Glycemic Index. University of Illinois Extension, https://extension.illinois.edu/diabetes/glycemic-load-and-glycemic-index, pristupljeno 27.2.2026.

Wölnerhanssen B. K., Cajacob L., Keller N., Doody A., Rehfeld J. F., Drewe J., Peterli R., Beglinger C., Meyer-Gerspach A. C. 2016. Gut hormone secretion, gastric emptying, and glycemic responses to erythritol and xylitol in lean and obese subjects. American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism 310: E1053–E1061.

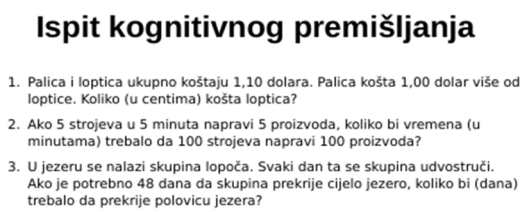
Yeomans M. R. 1998. Taste, palatability and the control of appetite. Proceedings of the Nutrition Society 57: 609–615.

PRILOG

Prilog 1 - Anketa o svakodnevnim životnim navikama
https://forms.gle/wvDVyNuzvMbNfMbG9

Slika 14 QR kod za anketu o svakodnevnim životnim navikama učenika
Izvor: https://forms.gle/wvDVyNuzvMbNfMbG9

Prilog 2 - Ispit kognitivnog premišljanja – predtest (na papiru)



Ispit kognitivnog premišljanja

1. Palica i loptica ukupno koštaju 1,10 dolara. Palica košta 1,00 dolar više od loptice. Koliko (u centima) košta loptica?
2. Ako 5 strojeva u 5 minuta napravi 5 proizvoda, koliko bi vremena (u minutama) trebalo da 100 strojeva napravi 100 proizvoda?
3. U jezeru se nalazi skupina lopoča. Svaki dan ta se skupina udvostruči. Ako je potrebno 48 dana da skupina prekrije cijelo jezero, koliko bi (dana) trebalo da prekrije polovicu jezera?

Slika 15 Ispit kognitivnog premišljanja (vlastiti izvor)

Prilog 3 - Početna prezentacija
ISTRAŽIVANJE GI INDEX PREZENTACIJA.pptx

Prilog 4 - Vizualno analogna skala sitosti (VAS)
https://core-symbol-search.vercel.app/

- po uzoru na *Vizualno Analognu Skalu (VAS)* (Crichton, 2001) - https://com-jax-emergency-pami.sites.medinfo.ufl.edu/files/2015/03/Visual-Analog-Scale-VAS-in-depth.pdf
  1. Koliko ste gladni upravo sada?
  2. Koliko se osjećate sitima/punima?
  3. Koliko se osjećate zadovoljeno?
  4. Kolika je Vaša želja za jelom?
  5. Što mislite, koliko biste hrane mogli pojesti upravo sada?

Prilog 5 - Test traženja simbola
https://core-symbol-search.vercel.app/

- po uzoru na *Sveobuhvatni Digitalni Ispit Logičkog Zaključivanja* (*Comprehensive Online Reasoning Exam)* - https://cognitivemetrics.com/test/CORE#test
  → Traženje Simbola https://cognitivemetrics.com/test/CORE/SS

Prilog 6 – *Excel*-tablica sa svim vrijednostima glukoze u krvi
vrijednosti glukoze u krvi.xlsx