

# Veza prehrambenih navika i 8-hidroksideoksigvanozina u urinu

---

**Stanković, Dominik**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

*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:109:893354>

*Rights / Prava:* [Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#) / [Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-02**

REPOZITORIJ

PTF OS

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

dabar  
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

*Repository / Repozitorij:*

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



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

**Dominik Stanković**

**VEZA PREHRAMBENIH NAVIKA I 8-HIDROKSIDEOKSIGVANOZINA U  
URINU**

DIPLOMSKI RAD

Osijek, rujan, 2023.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek

Zavod za primijenjenu kemiju i ekologiju

Katedra za ekologiju i toksikologiju

Franje Kuhača 18, 31000 Osijek, Hrvatska

Diplomski sveučilišni studij Znanost o hrani i nutricionizam

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Nutricionizam

Nastavni predmet: Prehrambena biokemija

Tema rada je prihvaćena na XI. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2021./2022. održanoj 23. rujna 2022.

Mentor: prof. dr. sc. *Tomislav Klačec*

### Veza prehrambenih navika i 8-hidroksideoksigvanozina u urinu

*Dominik Stanković, 0113140364*

#### Sažetak:

Zadatak diplomskog rada bio je odrediti koncentraciju biomarkera oksidativnog oštećenja DNA (8-hidroksideoksigvanozina, 8-OHdG) u urinu osoba omnivorskog, laktoovovegetarijanskog i veganskog tipa prehrane. Uzorci prvog jutarnjeg urina analizirani su uz enzimski imunotest na čvrstoj fazi (ELISA) te dobivene vrijednosti biomarkera korigirane prema analiziranim razinama urinarnog kreatinina. Ispitanice su ispunile anketu s osnovnim demografskim i antropometrijskim podacima i trodnevni dnevnik prehrane (dva radna dana i jedan dan vikenda). Programom za izračun nutrijenata na temelju unosa hrane određen je unos energije i nutrijenata te ispitana povezanost karakteristika ispitanica i prehrambenih navika s razinama 8-OHdG-a. Ispitanice omnivorskog tipa imale su najviši unos energije ( $1998 \pm 293$  kcal/dan), dok su veganke imale najniži ( $1411 \pm 280$  kcal/dan). Veganke su, unatoč niskom energetske unosu, konzumirale najviše prehrambenih vlakana ( $27,6 \pm 11,1$  g/dan). Ipak, iako su bile tjelesno najaktivnije i uključivale najmanje pušača, veganke su imale najviše prosječne razine 8-OHdG-a ( $334,21 \pm 175,5$  ng/mg kreatinina). Statistički značajna razlika u razinama 8-OHdG-a postojala je između veganske i omnivorske populacije ( $p = 0,013$ ). Najjača negativna korelacija s 8-OHdG-om utvrđena je za unos vitamina B12 ( $r = -0,553$ ;  $p = 0,002$ ). Rezultati ukazuju da cjelokupna kvaliteta prehrane može imati utjecaj na oksidativni stres, prije nego pojedini nutrijenti ili skupine namirnica.

**Ključne riječi:** prehrambene navike, 8-hidroksideoksigvanozin, oksidativni stres, biomarkeri, urin

**Rad sadrži:** 82 stranice  
4 slike  
15 tablica  
4 priloga  
127 literaturnih referenci

**Jezik izvornika:** hrvatski

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

- |  |               |
|--|---------------|
| 1. doc. dr. sc. <i>Tihomir Kovač</i>       | predsjednik   |
| 2. prof. dr. sc. <i>Tomislav Klačec</i>    | član-mentor   |
| 3. izv. prof. dr. sc. <i>Bojan Šarkanj</i> | član          |
| 4. izv. prof. dr. sc. <i>Ivana Flanjak</i> | zamjena člana |

**Datum obrane:** 29. rujna 2023.

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u** Knjižnici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, Franje Kuhača 18, Osijek.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

University Josip Juraj Strossmayer in Osijek  
Faculty of Food Technology Osijek  
Department of Applied Chemistry and Ecology  
Subdepartment of Ecology and Toxicology  
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia

### Graduate program Food Science and Nutrition

**Scientific area:** Biotechnical Sciences

**Scientific field:** Nutrition Science

**Course title:** Nutritional Biochemistry

**Thesis subject** was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no. XI. held on September 23, 2022.

**Mentor:** *Tomislav Klapac*, PhD, prof.

### Association Between Dietary Habits and Urinary 8-Hydroxydeoxyguanosine

*Dominik Stanković, 0113140364*

#### Summary:

The objective of this thesis was to determine urinary levels of a biomarker of oxidative DNA damage (8-hydroxydeoxyguanosine, 8-OHdG) in subjects following omnivorous, lacto-ovo vegetarian, and vegan diets. Morning urine samples were analyzed using a solid-phase enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA), and the obtained biomarker values were adjusted based on the analyzed urinary creatinine levels. Participants completed a questionnaire with basic demographic and anthropometric data and a three-day food diary (two weekdays and one weekend day). Using a nutrient calculation program on the basis of food intake, energy and nutrient intakes were determined, and the correlation between participants' characteristics and dietary habits with 8-OHdG levels was examined. Female participants on an omnivorous diet had the highest energy intake ( $1998 \pm 293$  kcal/day), while vegans had the lowest ( $1411 \pm 280$  kcal/day). Despite their low energy intake, vegans the greatest intake of dietary fiber ( $27.6 \pm 11.1$  g/day). However, even though they were the most physically active and had the fewest smokers, vegans had the highest average 8-OHdG levels ( $334.21 \pm 175.5$  ng/mg creatinine). A statistically significant difference in 8-OHdG levels was found between the vegan and omnivorous groups ( $p = 0.013$ ). The strongest negative correlation with 8-OHdG was determined for vitamin B12 intake ( $r = -0.553$ ;  $p = 0.002$ ). The results suggest that the overall quality of diet may influence oxidative stress, rather than individual nutrients or food groups.

**Key words:** dietary habits, 8-hydroxydeoxyguanosine, oxidative stress, biomarkers, urine

**Thesis contains:** 82 pages  
4 figures  
15 tables  
4 supplements  
127 references

**Original in:** Croatian

#### Defense committee:

- |  |              |
|--|--------------|
| 1. <i>Tihomir Kovač</i> , PhD, assistant prof. | chair person |
| 2. <i>Tomislav Klapac</i> , PhD, prof.         | supervisor   |
| 3. <i>Bojan Šarkanj</i> , PhD, associate prof. | member       |
| 4. <i>Ivana Flanjak</i> , PhD, associate prof. | stand-in     |

**Defense date:** September 29, 2023

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

*Zahvaljujem mentoru prof. dr. sc. Tomislavu Klapecu na pomoći, raspoloživosti, utrošenom trudu i vremenu tijekom obrazovanja i izrade diplomskog rada, a posebno za ideje, zanimljive i korisne primjere, rad nedjeljom i kasne mailove.*

*Hvala svim bližnjima što me nisu požurivali i ispitivali kada će diplomski rad biti gotov, već su me, bez sumnje i s puno strpljenja, pustili da samostalno uživam u putovanju i otkrijem sve čari formalnog i neformalnog obrazovanja.*

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. TEORIJSKI DIO .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. OKSIDATIVNI STRES.....</b>	<b>4</b>
2.1.1. Oksidansi .....	5
2.1.2. Antioksidansi .....	6
2.1.3. Markeri oksidativnog stresa .....	6
2.1.4. Utjecaj oksidativnog stresa na organizam.....	8
2.1.5. Molekularni mehanizmi oštećenja .....	8
<b>2.2. OSOBITOSTI PREHRANE I PREHRAMBENE NAVIKE .....</b>	<b>9</b>
2.2.1. Veganski način prehrane .....	9
2.2.2. Laktoovovegetarijanski način prehrane .....	10
2.2.3. Omnivorski način prehrane .....	11
2.2.4. Prehrambeni antioksidansi i njihova uloga .....	12
<b>2.3. 8-HIDROKSIDEOKSIGVANOZIN: BIOLOŠKA ULOGA I ZNAČAJ .....</b>	<b>13</b>
2.3.1. Formiranje i metabolizam 8-hidroksideoksigenozina.....	14
2.3.2. Detekcija oksidativnog oštećenja DNA.....	14
2.3.3. Faktori koji utječu na koncentraciju 8-OHdG-a .....	15
<b>2.4. UTJECAJ PREHRANE NA OKSIDATIVNO OŠTEĆENJE DNA .....</b>	<b>16</b>
2.4.1. Prehrambeni faktori koji promoviraju oštećenje .....	16
2.4.2. Prehrambeni faktori s protektivnim učinkom .....	17
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1. ZADATAK .....</b>	<b>20</b>
<b>3.2. ISPITANICI I METODE.....</b>	<b>20</b>
3.2.1. Ispitanici.....	20
3.2.2. Metode .....	21
3.2.3. Statistička obrada podataka .....	23

<b>4. REZULTATI I RASPRAVA.....</b>	<b>25</b>
<b>4.1. REZULTATI .....</b>	<b>26</b>
<b>4.2. RASPRAVA I STATISTIČKA OBRADA .....</b>	<b>29</b>
<b>5. ZAKLJUČCI .....</b>	<b>55</b>
<b>6. LITERATURA.....</b>	<b>59</b>
<b>7. PRILOZI.....</b>	<b>75</b>

## **1. UVOD**



Ljudski je organizam u konstantnoj redoks homeostazi, što znači da teži održavanju dinamičke ravnoteže između nastanka reaktivnih vrsta kisika (ROS) i njihova uklanjanja djelovanjem endogenih i egzogenih antioksidanasa (Le Gal i sur., 2021). Glavno svojstvo reaktivnih vrsta kisika je oksidacija staničnih komponenti kojom dolazi do oksidativnih oštećenja staničnih molekula poput lipida staničnih membrana, proteina i DNA. Reaktivne vrste kisika mogu biti slobodni radikali ili molekule.

Održavanje homeostaze blago je naklonjeno stvaranju reaktivnih vrsta kisika zbog njihove povoljne uloge u organizmu, što uključuje sudjelovanje u staničnoj signalizaciji, poticanje biosinteze antioksidativnih enzima, sudjelovanje u fiziološkim procesima i imunom odgovoru organizma. Dakle, može se reći da ROS-ovi imaju hormetički učinak, odnosno da su poželjni i imaju povoljan učinak na organizam u manjim količinama, dok kod viših doza izazivaju stanična oštećenja pa čak i smrt stanice (Nitti i sur., 2022). Stanje kod kojeg u organizmu dolazi do nakupljanja reaktivnih vrsta kisika te destruktivnih ishoda, naziva se oksidativni stres.

Jedan od biomarkera oksidativnog stresa i karcinogeneze je 8-hidroksideoksigvanozin, čija koncentracija u urinu može biti indikator za procjenu rizika od degenerativnih bolesti i raznih oblika karcinoma (Valavanidis i sur., 2009). Također, koristi se za procjenu štete DNA molekula kod ljudi nakon izlaganja kancerogenim tvarima poput duhanskog dima, azbesta, teških metala i policikličkih aromatskih ugljikovodika, koje uglavnom uzrokuju oštećenja staničnih molekula. S druge strane, kod povećane konzumacije voća i povrća uočava se manja stanična šteta (Valanavidis i sur., 2009; Thompson i sur., 1999). Poveznica manjeg rizika oboljenja od raznih bolesti i konzumacije voća, povrća i općenito biljne prehrane, postavlja pitanje može li se uočiti razlika u koncentracijama markera oksidativnog oštećenja stanica kod različitih tipova prehrane. Cilj je diplomskog rada usporediti koncentraciju markera oksidativnog oštećenja stanica (8-hidroksideoksigvanozina) u urinu osoba veganskog, laktoovovegetarijanskog i omnivorskog načina prehrane.

## **2. TEORIJSKI DIO**

### 2.1. OKSIDATIVNI STRES

Kisik je jedna od glavnih molekula potrebna za život gotovo svih organizama, no istovremeno, u određenim uvjetima, postaje štetan za organizme ako procesi oksidacije postanu nekontrolirani. Prevencija nastanka te neutralizacija uzročnika oksidacije, reaktivnih kisikovih spojeva, nužna je kako bi se organizam održao u redoks homeostazi, tj. kako ne bi došlo do poremećaja ravnoteže prooksidanasa i antioksidanasa (Le Gal i sur, 2021). Do takvog stanja može doći zbog pretjeranog porasta ROS-ova u organizmu, rezultat čega može biti oštećenje lipida stanične membrane, proteina i DNA, te posljedično mutacija DNA, gubitka funkcionalnosti proteina i drugih nepoželjnih ishoda. Karakteristike reaktivnih kisikovih spojeva su vrlo kratak poluživot, niska specifičnost za reaktante i izrazita reaktivnost. Velika kemijska reaktivnost potječe iz potrebe da postignu stabilnu elektronsku konfiguraciju i zato reagiraju s prvom susjednom stabilnom molekulom, uzimajući njezin elektron, pri čemu stvaraju novi slobodni radikal. Time stabilne molekule čine nestabilnima, što dovodi do daljnjih reakcija i potencijalnih oštećenja staničnih molekula (Parčetić – Kostelac i sur., 2016).

Kod zdravih ljudi, tijekom normalnog odgovora na stres, organizam stvara povećanu količinu antioksidanasa te se na taj način održava ravnoteža u organizmu (Parčetić – Kostelac i sur., 2016). Antioksidansi su tvari koje su sposobne inhibirati i neutralizirati oksidaciju, odnosno djelovanje slobodnih radikala i drugih oksidanasa te spriječiti oksidativni stres i oštećenja u stanicama.

Smatra se da moderan način života povezan s prehranom bogatom jednostavnim šećerima, prekomjernom konzumacijom mesa, prerađenom hranom, visokim udjelima masti i slabom konzumacijom voća i povrća, izloženošću širokom spektru kemikalija i nedostatkom tjelovježbe, igra ulogu u povećanju oksidativnog stresa, što posljedično dovodi do razvoja mnogih kroničnih oboljenja (Sharifi-Rad i sur., 2020.)

### 2.1.1. Oksidansi

Reaktivni kisikovi spojevi nastaju iz molekularnog kisika kao rezultat normalnog staničnog metabolizma te su to molekule koje sadrže jedan ili više nesparenih elektrona. Stoga, jedno od glavnih obilježja takvih spojeva je reaktivnost, koja proizlazi iz afiniteta za postizanje stabilne elektronske konfiguracije. Glavni reaktivni kisikovi spojevi su superoksidni anion ( $O_2^{\cdot-}$ ), vodikov peroksid ( $H_2O_2$ ) i hidroksilni radikal ( $\cdot OH$ ), a nastaju stupnjevitoj jednovalentnom redukcijom molekularnog kisika ( $O_2$ ), dok reaktivni oblik molekularnog kisika tzv. singlet kisik ( $^1O_2$ ), nastaje djelovanjem zračenja (Ray i sur., 2012).

Superoksidni anion je primarni kisikov radikal koji nastaje iz različitih izvora dodavanjem jednog elektrona molekularnom kisiku. Ovaj proces je posredovan nikotin adenin dinukleotid fosfat (NADPH) oksidazom, ksantin oksidazom ili mitohondrijskim sustavom za prijenos elektrona (Cathcart, 2012). Proizvodnja superoksidnog aniona dominantno se odvija u mitohondriju, tj. lancu prijenosa elektrona. Vodikov peroksid nastaje djelovanjem superoksid dismutaza, ksantin oksidaze, aminokiselinske oksidaze i NADPH oksidaze, a u prisustvu metalnih iona oslobađa hidroksilne radikale koji su najreaktivniji i za organizam najštetniji. Hidroksilni radikal može započeti peroksidaciju lipida oduzimanjem elektrona iz polinezasićenih masnih kiselina. U peroksidaciji masnih kiselina, važnu ulogu imaju i peroksilni radikali, od kojih je najjednostavniji hidroperoksilni radikal. Peroksidacija lipida nastaje apstrahiranjem atoma vodika iz metilenskog ugljika u bočnom lancu, nakon čega lipidni radikal reagira s kisikom kako bi nastao peroksilni radikal. Peroksilni radikal inicira lančanu reakciju i transformira polinezasićene masne kiseline u lipidne hidroperoksidi. Lipidni hidroperoksidi su vrlo nestabilni i lako se razgrađuju na sekundarne produkte, kao što su aldehidi i malondialdehidi (MDA). Ovaj je proces štetan jer remeti integritet staničnih membrana i utječe na njihovu funkciju (Pizzino i sur., 2017; Birben i sur., 2012).

Vanjski izvori stvaranja reaktivnih kisikovitih spojeva uključuju izlaganje ozonu, ionizirajućem zračenju, dimu cigarete, te izlaganje razinama kisika znatno višim od normalnih vrijednosti parcijalnog tlaka kisika (Pizzino i sur., 2017).

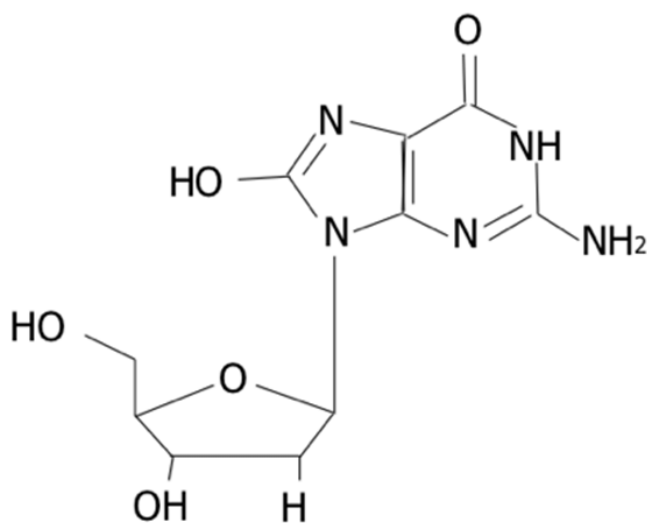
### 2.1.2. Antioksidansi

Antioksidansi su tvari koje mogu spriječiti ili usporiti oštećenje stanica uzrokovano slobodnim radikalima, nestabilnim molekulama koje tijelo proizvodi kao reakciju na okolišne i druge oblike stresa (Birben i sur., 2012). Stoga se antioksidansi ponekad nazivaju i hvatačima slobodnih radikala.

Podrijetlo može biti prirodno ili sintetsko, a dalje se mogu razvrstati i kao endogeni, oni koje tijelo samo sintetizira, te egzogeni, oni koji se unosi uglavnom prehranom. Primjeri endogenih spojeva uključuju antioksidacijske molekule poput glutationa, mokraćne kiseline, lipoične kiseline ili ubikinona (koenzima Q), dok su primjeri egzogenih molekula askorbinska kiselina, tokoferoli i tokotrienoli, karotenoidi i flavonoidi. Glutation (GSH) je najvažnija antioksidativna molekula stanice, a ima vrlo širok spektar učinaka, kao što su izravne reakcije s radikalima u neenzimatskim reakcijama, djelovanje kao kofaktor u redukcijskim enzimima, te također štiti stanicu od apoptoze. Odnos aktivnog i oksidiranog glutationa (GSH/GSSG) dobar je indikator oksidativnog stresa (Bjelakovic i sur., 2013; Pizzino i sur., 2017).

### 2.1.3. Markeri oksidativnog stresa

Jedan od poznatijih biomarkera, te biomarker koji je korišten u eksperimentalnom dijelu rada, je 8-hidroksi-2-deoksigvanozin (često označen kao 8-OHdG) (**Slika 1**), a koristi se za procjenu oksidativnog oštećenja DNA (Valanavidis i sur., 2009). Reaktivne kisikove vrste (ROS) lako napadaju gvaninske baze u DNA i stvaraju 8-OHdG, koji se može vezati na timidin, na temelju čega se razina 8-OHdG općenito smatra biomarkerom mutageneze kao posljedice oksidativnog stresa. Na primjer, više razine 8-OHdG zabilježene su kod kroničnog atrofičnog gastritisa povezanog s *Helicobacter pylori*, kao i kod raka želuca (Borrego i sur., 2013). 8-OHdG je posebno koristan biomarker jer je relativno stabilan i može se lako detektirati u biološkim uzorcima poput urina i krvi. Međutim, važno je napomenuti da razine 8-OHdG mogu varirati zbog mnogih faktora, uključujući prehranu, izloženost toksinima i druge oblike stresa, pa se često preporučuje kombinacija s drugim biomarkerima za točniju dijagnostiku (Ock CY, 2012).



**Slika 1** Struktura 8-OHdG

U literaturi se mogu pronaći još brojni drugi markeri oksidativnog stresa te su uglavnom indikatori oštećenja bioloških molekula poput lipida, proteina i DNA. Npr. malondialdehid (MDA) služi kao biomarker za mjerenje oksidativnog stresa nastalog lipidnom peroksidacijom u tijelu. Povišene razine MDA povezane su s raznim zdravstvenim stanjima (Nielsen i sur., 1997). MDA može reagirati s lipoproteinima male gustoće (LDL), stvarajući komplekse koji su proaterogeni i proupalni, što ima važnu ulogu u kardiovaskularnim bolestima kao što su ateroskleroza i koronarna arterijska bolest, dok u metaboličkim poremećajima poput dijabetesa, povišene razine MDA mogu ukazivati na oksidativni stres koji doprinosi komplikacijama kao što su neuropatija i retinopatija. Osim MDA, postoji veliki broj biomarkera poput akroleina, 4-hidroksinonenala (4-HNE), izoprostana (IsoPs) te mnogih drugih. Biomarkeri uglavnom nisu specifični za jednu bolest pa se često koriste u kombinaciji s drugim biomarkerima, testovima i dijagnostičkim alatima (Montuschi i sur., 2004; Petlevski i sur., 2006; Dalle-Donne i sur., 2006).

### 2.1.4. Utjecaj oksidativnog stresa na organizam

Oksidativni stres igra veliku ulogu u patogenezi mnogih bolesti i stanja, poput raka, kardiovaskularnih bolesti, dijabetesa, neurodegenerativnih bolesti i upalnih bolesti crijeva (Rezaie i sur., 2007).

Međutim, oksidativni stres nema nužno negativan učinak na zdravlje organizma. Smatra se da blagi oksidativni stres može imati hormetički učinak, odnosno da može potaknuti i trenirati obrambene mehanizme organizma te ih učiniti efikasnijim, a organizam dugoročno otpornijim na vanjske izvore stresa (Nitti, 2022). Takav učinak vidljiv je kod fizičke aktivnosti tijekom koje je tijelo izloženo različitim oblicima stresa, uključujući termalni, metabolički, hipoksični, oksidativni i mehanički stres. Kao odgovor na stres, organizam povećava formiranje slobodnih radikala, što rezultira privremenim povišenim oksidativnim stresom u mišićima. Posljedično ti slobodni radikali mogu regulirati rast tkiva i potaknuti proizvodnju antioksidanasa (Peake i sur., 2015). Osim vježbanja, hormetički učinci također su povezani s prehranbenim izvorima oksidativnog stresa poput unosa malih doza tvari koje se inače smatraju štetnima, poput alkohola, aflatoksina i teških metala (Calabrese i Blain, 2004; Hayes, 2007).

### 2.1.5. Molekularni mehanizmi oštećenja

Na molekularnoj razini, reaktivni kisikovi ili dušikovi spojevi, koji se prirodno formiraju kao nusprodukti staničnog metabolizma, mogu napadati i oštetiti vitalne biološke molekule (Frijhoff i sur., 2015).

ROS-ovi ili RNS-ovi mogu reagirati s bazama u DNA, uzrokujući promjene u njihovoj strukturi. To može dovesti do pogrešnog sparivanja baza tijekom replikacije DNA i stvaranja mutacija koje su potencijalni prekursori razvoja raka (Klaunig i sur., 2011). Osim oštećenja DNA, ROS-ovi mogu uzrokovati oksidaciju lipida u već spomenutom procesu poznatom kao lipidna peroksidacija. Tijekom lipidne peroksidacije, ROS-ovi oksidiraju polinezasićene masne kiseline u staničnim membranama, što može narušiti integritet membrane i funkciju stanice (Yin i sur., 2011).

Osim lipida, ROS-ovi mogu direktno oksidirati aminokiseline u proteinima, mijenjajući njihovu strukturu i funkciju. Oksidacija proteina može dovesti do njihove denaturacije i formiranja agregata koji su povezani s raznim bolestima, uključujući neurodegenerativne bolesti (Dalle-Donne i sur., 2013).

Unatoč njihovim potencijalno štetnim učincima, ROS-ovi i RNS-ovi također igraju ključne uloge u brojnim fiziološkim funkcijama. Na primjer, ROS-ovi mogu djelovati kao sekundarni glasnici u intracelularnim signalnim kaskadama. Ove molekule su uključene u regulaciju raznih staničnih funkcija, od obrane protiv patogena do regulacije staničnog rasta i diferencijacije stanica (Valko i sur., 2007).

### **2.2. OSOBITOSTI PREHRANE I PREHRAMBENE NAVIKE**

Hrana i način prehrane igraju veliku ulogu u modulaciji oksidativnog stresa. Primjerice, namirnice bogate antioksidansima, poput vitamina C, E i polifenola, mogu neutralizirati ROS-ove i štititi tijelo od oksidativnog stresa (Pandey i Rizvi, 2009). S druge strane, visoko prerađena hrana, koja sadrži visoki udio zasićenih masnih kiselina ili jednostavnih šećera, može potaknuti proizvodnju ROS-ova, što pridonosi oksidativnom stresu (Tappy i Lê, 2010).

#### **2.2.1. Veganski način prehrane**

Veganska prehrana temelji se na konzumaciji biljaka, uključujući povrće, voće, žitarice, mahunarke, orašaste plodove, sjemenke, zamjene za meso i mliječne proizvode na bazi biljaka (Melina i sur., 2016). Stoga, isključuje konzumaciju svih životinjskih proizvoda, uključujući meso, mliječne proizvode, med i jaja. Istraživanja pokazuju da vegani često imaju nižu tjelesnu masu, razine ukupnog kolesterola, LDL-kolesterola i glukoze, u usporedbi s onima koji konzumiraju meso. Ove povoljne zdravstvene karakteristike mogu biti povezane sa smanjenim rizikom od raznih kroničnih bolesti. Na primjer, pokazano je da veganska prehrana može pružiti značajnu zaštitu od kardiovaskularnih oboljenja i određenih vrsta raka (Dinu i sur., 2017). Također, smanjenje rizičnih faktora i zaštitni učinci veganske prehrane sugeriraju



potencijalno smanjenje oksidativnog stresa u tijelu (Dinu i sur., 2017; Turner-McGrievy i sur., 2017).

Istraživanje koje su proveli Dietrich i sur. (2022) uključuje 5 biomarkera oksidativnog oštećenja - malondialdehid (MDA), proteinske karbonile, 8-hidroksi-2'-deoksigvanozin (8-OHdG), ukupni antioksidativni kapacitet (TAC) i produkte uznapredovale oksidacije proteina. U istraživanju su uspoređene razine biomarkera kod sudionika koji slijede vegansku prehranu i osoba koje su svejedi te je primijećeno da su razine tri od pet biomarkera oksidativnog stresa bile niže kod vegana nego kod svejeda.

Ipak, treba uzeti u obzir da osobe koje prakticiraju vegansku prehranu često više pažnje pridaju svojem zdravlju. Dakle, osim same prehrane, faktori koji bi mogli imati utjecaj na zdravstvene prednosti veganstva u usporedbi sa svejedima su fizička aktivnost, manja upotreba duhanskih proizvoda i alkohola (Le i sur., 2018).

### 2.2.2. Laktoovovegetarijanski način prehrane

Laktoovovegetarijanska prehrana, za razliku od veganske prehrane, uključuje mliječne proizvode i jaja, a ne uključuje meso i ribu. U istraživanju koje su proveli Orlich i sur. (2013) opisan je utjecaj laktoovovegetarijanske prehrane na mortalitet. Iako je studija uzimala u obzir razne vegetarijanske prehrambene obrasce, zapaženo je da laktoovovegetarijanci često imaju povoljnije zdravstvene ishode u usporedbi s onima koji konzumiraju meso.

Povoljni zdravstveni ishodi uključuju smanjen oksidativni stres te manji rizik od kardiovaskularnih oboljenja, neurodegenerativnih bolesti poput Alzheimerove i Parkinsonove bolesti te smanjene upalne biomarkere (Medawar i sur., 2019; Craddock i sur., 2019). Također, Wang i sur. (2014) ustanovili su da laktoovovegetarijanska prehrana može pozitivno utjecati na profil krvnih lipida, što je izuzetno važno jer krvni lipidi mogu utjecati na oksidativni stres i upalu. Održavanje optimalnih razina krvnih lipida može smanjiti rizik od kardiovaskularnih bolesti, a s obzirom na to da je oksidativni stres često povezan s kardiovaskularnim bolestima, prehrana koja optimizira krvne lipide može imati dodatne prednosti u smanjenju oksidativnog stresa.

I dok su mnogi čimbenici u igri kada je riječ o oksidativnom stresu, prehrana bogata biljkama igra ulogu u zaštiti tijela od potencijalno štetnih učinaka slobodnih radikala (Medawar i sur., 2019; Craddock i sur., 2019).

### 2.2.3. Omnivorski način prehrane

Omnivorska prehrana ili prehrana svejeda uključuje konzumaciju svih namirnica biljnog i životinjskog podrijetla te pruža čitav spektar hranjivih tvari koje su potrebne za funkcioniranje organizma. U usporedbi s veganskim i vegetarijanskim načinom prehrane, omnivorski način prehrane ujedno je i najrašireniji (Smith i sur., 2019).

Međutim, unatoč prednostima, postoji i potencijalna veća opasnost od unosa štetnih tvari, poput nitrata i nitrita, antibiotika ili teških metala, koji se mogu akumulirati u tijelu i pridonijeti oksidativnom stresu. Shodno tome, konzumacija prerađene hrane, koja je češće zastupljena u omnivorskoj prehrani, sadrži visoke razine šećera, soli, zasićenih masti i aditiva, povezana je s povećanim rizikom od oksidativnog stresa. Uz viši unos prerađene hrane, uočen je i viši unos zasićenih masnih kiselina, koje su općenito povezane s višim razinama oksidativnog stresa i kardiovaskularnim bolestima (Jones i sur., 2016; Martinez i sur., 2017).

Načini pripreme hrane, koji su učestaliji kod svejeda, kao što su roštiljanje ili prženje na visokim temperaturama, također mogu proizvesti štetne spojeve koji doprinose oksidativnom stresu (Sies i sur., 2005).

Istraživanje koje su proveli Jedut i sur. (2023) procjenjuje da vegetarijanci imaju općenito bolji zdravstveni status od omnivora. Međutim, važno je napomenuti da su vegetarijanci generalno svjesniji svojih principa te imaju viši unos voća, povrća, mahunarki i žitarica. Osim toga, fizički su aktivniji, jedu manje prerađene i brze hrane te zašećerenih napitaka te je potrebno provesti još istraživanja koja će u obzir uzeti prehranu kao izolirani faktor te ispitanike jednakih navika glede drugih faktora životnog stila.

### 2.2.4. Prehrambeni antioksidansi i njihova uloga

Antioksidansi usporavaju ili sprečavaju oksidaciju tvari i mogu biti proizvedeni u tijelu ili dobiveni iz prehrane, posebno iz biljaka. Biljke u procesu fotosinteze koriste sunčevu svjetlost za proizvodnju energije i pri tom stvaraju slobodne radikale koji mogu biti štetni. Kako bi se zaštitile, biljke proizvode antioksidanse (Hasanuzzaman i sur., 2020). Ti antioksidansi, poput vitamina i polifenola, također su korisni za ljudski organizam nakon unosa prehranom, jer štite od slobodnih radikala nastalih metabolizmom ili smanjuju oksidativni stres nastao djelovanjem faktora iz okoline.

Začini i dodaci prehrani uključuju proizvode s najvišim sadržajem antioksidanasa. Bobice, voće, orašasti plodovi, čokolada, povrće i proizvodi od njih čine uobičajene namirnice i pića s visokim vrijednostima antioksidanasa (Carlsen i sur., 2010). Općenito, vjeruje se da dvije trećine biljaka na svijetu imaju važnost za korištenje u medicinske svrhe (Krishnaiah i sur., 2009).

**Tablica 1** prikazuje usporedbu antioksidativnog potencijala nekih uobičajenih namirnica.

**Tablica 1** Usporedba količine antioksidanasa u namirnicama (preuzeto i prilagođeno iz Carlsen i sur., 2010)

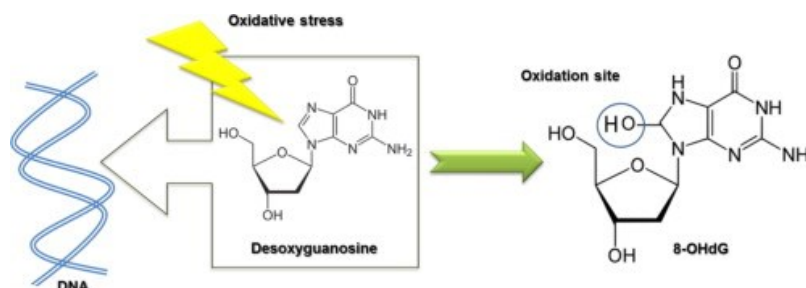
Piće	Sadržaj antioksidanasa [mmol/100 g]	min	max
Sok od jabuke	0,27	0,12	0,6
Crni čaj, napitak	1,0	0,75	1,21
Kakao s mlijekom	0,37	0,26	0,45
Kava, napitak, filtrirana i skuhan	2,5	1,24	4,2
Sok od brusnice	0,92	0,75	1,01
Espresso, napitak	14,2	12,64	15,83
Sok od grožđa	1,2	0,69	1,74
Zeleni čaj, napitak	1,5	0,57	2,62
Sok od naranče	0,64	0,47	0,81
Sok od nara	2,1	1,59	2,57
Sok od suhih šljiva	1,0	0,83	1,13
Crno vino	2,5	1,78	3,66
Sok od rajčice	0,48	0,19	1,06

### 2.3. 8-HIDROKSIDEOKSIGVANOZIN: BIOLOŠKA ULOGA I ZNAČAJ

Iako su mnoga istraživanja pokazala povećane razine 8-OHdG-a u bolestima povezanim s oksidativnim stresom, precizna biološka uloga 8-OHdG-a još nije utvrđena (Ock i sur., 2012). Oksidirani deoksigvanozin je poznat po tome što izaziva mutagenezu, stoga je većina istraživača pretpostavila da bi 8-OHdG mogao imati mutagene ili barem štetne učinke na stanice. Zbog toga fiziologija sisavaca ulaže napore da izluči ovaj produkt. No, prema nekim istraživanjima, postoje hipoteze koje predlažu da stvaranje ove molekule može biti jedan od obrambenih mehanizama stanica protiv upale izazvane oksidativnim stresom. Istraživanja također sugeriraju da egzogeni 8-OHdG ima potencijal u suzbijanju upala i karcinogeneze u gastrointestinalnom traktu i dišnim putevima (Ock i sur, 2012).

### 2.3.1. Formiranje i metabolizam 8-hidroksideoksigvanozina

ROS molekule, koje su često proizvedene kao biološki nusproizvodi ili su inducirane vanjskim faktorima poput zračenja, niske kvalitete prehrane i zagađivača, imaju visok afinitet za elektrofilnu interakciju s gvanozinom, jednom od četiri nukleotidne baze u DNA. Oksidacija gvanozina se specifično odvija na osmom ugljikovom atomu, rezultirajući formiranjem 8-OHdG-a (Slika 2). Ova oksidativna modifikacija može se ili ugraditi natrag u dvolančanu strukturu DNA, što može izazvati pogreške pri replikaciji i potencijalno mutagene procese, ili se može izbaciti iz stanice i detektirati u biološkim tekućinama kao što su krv i urin. Mehanizmi popravka DNA, kao što je popravak izrezivanjem baze (BER – eng. base excision repair), obično identificiraju i popravljaju ove oksidativne lezije, ali neuspjeh u tom procesu može dovesti do kumulativnog oštećenja i dugoročno do karcinogeneze ili drugih bolesti (Valavanidis i sur., 2009).



Slika 2 Formiranje 8-OHdG-a

### 2.3.2. Detekcija oksidativnog oštećenja DNA

Problem s kojim se obično povezuje kvantitativno mjerenje bilo kojeg spoja od kliničkog interesa u urinu su korekcije koje se moraju napraviti za dnevne varijacije u izlučivanju i volumenu urina (Commodore i sur, 2013). Jedan od načina rješenja ovog problema je prikupljanje uzoraka tijekom dužih vremenskih razdoblja, najčešće 24 sata. Za kratkoročno prikupljanje uzoraka, alternativni pristup je podjela izmjerenih koncentracija analita prema

koncentraciji nekog referentnog spoja prisutnog u istom uzorku urina. Općenito, u kliničkim laboratorijima za tu svrhu se koristi kreatinin. Njegova koncentracija se također koristi kao korekcijski faktor za fluktuacije u volumenu urina (Campins Falcó i sur., 2001).

Različite analitičke tehnike koriste se za detekciju 8-OHdG-a. Enzimski imunotest često se koristi za detekciju u urinu zbog svoje brzine i manjih troškova. Kromatografske tehnike kao što su GC-MS i HPLC također se koriste, ali imaju vlastite nedostatke kao što su visoki troškovi i složenost (Zhang i sur., 2013). Kapilarna elektroforeza je tehnika s laserski induciranom fluorescencijom (CE-LIF) koja omogućuje visoku specifičnost i osjetljivost bez potrebe za prethodnim tretmanima i koncentracijom urina. Tehnika pokazuje obećavajuće rezultate u brzom i točnoj detekciji 8-OHdG-a, što je ključno za praćenje oksidativnog stresa (Zhang i sur., 2013).

Metodologija mjerenja može utjecati na izmjereni nivo 8-OHdG-a. Kao što je spomenuto, metode poput ELISA testova su jeftinije i jednostavnije, ali mogu biti osjetljive na smetnje, dok su kromatografske tehnike poput HPLC-a i GC-MS-a tehnički složenije, ali preciznije (Valavanidis i sur., 2009).

### 2.3.3. Faktori koji utječu na koncentraciju 8-OHdG-a

Životne navike poput pušenja, pretjerane konzumacije alkohola te prehrane koja je bogata prerađenom i nutritivno siromašnom hranom, povezane su s povećanim razinama 8-OHdG-a. Studije pokazuju da pušači obično imaju više razine 8-OHdG-a nego nepušači (Peluso i sur., 2000). S druge strane, zdrava prehrana bogata antioksidansima može smanjiti oksidativni stres pa time i razine 8-OHdG-a (Poljsak i sur., 2011).

Medicinska stanja, koja su često posljedica loših prehrambenih obrazaca te općenito karakteristika životnog stila, uzrokuju povećani oksidativni stres. U literaturi se najčešće navode kronične bolesti poput dijabetesa, kardiovaskularnih bolesti i nekih vrsta raka (Fujiwara i sur., 2008).

Tjelesna aktivnost, pogotovo intenzivni treninzi, mogu privremeno povećati oksidativni stres, dok redovita umjerenja tjelesna aktivnost može imati antioksidativne učinke te povoljno

utjecati na razine oksidativnog stresa (Radak i sur., 2008). Dob i spol mogu također utjecati na razine 8-OHdG, iako su podaci o tome nekonzistentni (Pamplona i Barja, 2006).

### 2.4. UTJECAJ PREHRANE NA OKSIDATIVNO OŠTEĆENJE DNA

#### 2.4.1. Prehrambeni faktori koji promoviraju oštećenje

Kao što je dosad spomenuto, prehrana može igrati ključnu ulogu u modulaciji oksidativnog stresa, a određeni prehrambeni faktori posebno su povezani s promocijom oksidativnog oštećenja.

Neki od faktori koji promoviraju oksidativno oštećenje:

1. Visok unos šećera: Jednostavni šećeri, poput saharoze i fruktoze, mogu poticati stvaranje krajnjih proizvoda uznapredovale glikacije (AGE, eng. *advanced glycation endproducts*), koji su poznati promotori oksidativnog stresa. Također, istraživanje na štakorima pokazalo je inhibiciju Nrf2 (eng. *Nuclear factor erythroid 2-related factor 2*) kod visokih koncentracija glukoze, što se potencijalno može odraziti i na organizam čovjeka (Poulsen i sur., 2013; Albert-Garay i sur., 2022). Nrf2 je također povezan s brojnim drugim bolestima, kao što su rak i kronične degenerativne bolesti, te toksičnostima poput toksičnosti metala i raka uzrokovanog poliaromatskim ugljikovodicima (He i Ma, 2012). Zajedničko za sve te bolesti je oksidativni stres kao sastavni dio njihove patogeneze, a Nrf2 bi mogao smanjivati proizvodnju ROS-ova i oksidativne lezije. Neka istraživanja pokazuju da gubitak Nrf2 uzrokuje značajno oksidativno oštećenje DNA, peroksidaciju lipida i nitrozaciju proteina u srcu dijabetičkih miševa (He i Ma, 2012).
2. Trans-masne kiseline: Iako se uglavnom nalaze u industrijski prerađenoj hrani, trans-masne kiseline pokazale su se snažnim pokretačima oksidativnog stresa i upale (Mozaffarian i Clarke, 2009; Oteng i Kersten, 2020).
3. Visoka konzumacija crvenog mesa: Posebno meso koje je prerađeno i sadrži nitrite i nitrate. Uz to, crveno meso sadrži zasićene masne kiseline, koje se često vežu s

- povećanim rizikom od oksidativnog oštećenja. Često se upravo zbog toga vegetarijanski obrasci prehrane vežu s manjim rizikom od razvoja kroničnih bolesti (Zhao i sur., 2011).
4. Prekomjerna konzumacija alkohola: Etanol je poznat po induciranju oksidativnog stresa i stvaranja reaktivnih kisikovih i dušikovih radikala. Osim toga, uočeno je da prekomjerna konzumacija alkohola smanjuje dostupnost antioksidanasa (Lieber, 1999; Wu i Cederbaum, 2003).
  5. Nedostatak antioksidanasa u prehrani: Prehrana siromašna nutrijentima s antioksidativnim svojstvima poput vitamina C, E i selena može smanjiti sposobnost tijela da se bori protiv oksidativnog stresa (Jacob i sur., 2002).
  6. Brza i prerađena hrana: Ova vrsta hrane često sadrži velike količine soli, šećera i masnoća koje mogu poticati oksidativno oštećenje. Osim toga, sadrže i razne aditive te konzervanse s potencijalnim štetnim djelovanjem (Devaraj i sur., 2008).
  7. Kofein i energetske napitke: Iako kofein sam po sebi može imati antioksidativna svojstva, prekomjerna konzumacija, posebno u obliku energetskih napitaka, može dovesti do povećanja oksidativnog stresa (Gunjima i sur., 2014).

### 2.4.2. Prehrambeni faktori s protektivnim učinkom

S druge strane, postoje i nutrijenti, namirnice ili navike koje imaju suprotan učinak na organizam. Uz prehrambene faktore, dobro je dokumentiran i pozitivan učinak umjerene fizičke aktivnosti na dugoročno smanjenje oksidativnog oštećenja u organizmu (Zhou i sur., 2022).

Neki prehrambeni faktori s potencijalno protektivnim učinkom:

1. Antioksidansi u hrani: Prehrana bogata vitaminima, polifenolima i drugim fitonutrijentima s antioksidativnim učinkom može smanjiti oštećenje uzrokovano oksidativnim stresom (Jacob i sur., 2002; Åsgård i sur., 2007).



2. Polifenoli: Ovi spojevi, pronađeni u čaju, crnom vinu, čokoladi i brojnim vrstama voća i povrća, pokazali su se efikasnim u smanjenju oksidativnog stresa. Mehanizmi uključuju neutralizaciju slobodnih radikala, poticanje enzimske aktivnosti antioksidativnih enzima te inhibiciju enzima povezanih s proupalnim djelovanjem (Scalbert i sur., 2005; Hussain i sur., 2016).
3. Omega-3 masne kiseline: Imaju protuupalni i antioksidativni potencijal, a zastupljene su dominantno u plavoj ribi poput lososa i skuše (Calder, 2013).
4. Selen i cink: Ovi minerali su važni koenzimi za enzime koji štite od oksidativnog oštećenja, poput superoksid dismutaze i glutation peroksidaze (Mocchegiani i Malavolta, 2019).
5. Kurkumin: Općenito, širok je spektar začina koji pokazuju antioksidativnu ulogu, no kurkuma se ističe u brojnim istraživanjima. Aktivna komponenta naziva se kurkumin, a pokazuje znatne antioksidativne i protuupalne učinke - smanjuje koncentraciju malondialdehida u serumu i ima potencijal za povećanje ukupnog antioksidativnog potencijala (eng. *Total Antioxidant Capacity*, TAC). Djelovanje kurkumina na markere oksidativnog stresa povezano je s njegovim svojstvima usmjerenim na uklanjanje reaktivnog kisika i dušika, kelaciju metala i regulaciju brojnih enzima (Menon i Sudheer, 2007; Jakubczyk i sur., 2022).
6. Vlakna i fermentirana hrana: Dokazano je da imaju pozitivan učinak na zdravlje crijeva te potiču rast dobrih bakterija, što može imati zaštitni učinak protiv oksidativnog stresa (Holscher, 2017).
7. Kupusnjače: Brokula, kelj i drugo povrće iz roda kupusnjača sadrže sumporove spojeve koji mogu pomoći u borbi protiv oksidativnog stresa (Scammahorn i sur., 2021).

Unatoč dosadašnjim spoznajama, potrebna su dodatna istraživanja kako bi se pojasnili protektivni učinci pojedinih nutrijenata ili namirnica te ispitala eventualna korist koju bi povećan unos ili suplementacija mogli imati na redukciju oksidativnog stresa.

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

### 3.1. ZADATAK

Zadatak diplomskog rada bio je odrediti koncentraciju biomarkera oksidativnog oštećenja DNA (8-hidroksideoksigvanozina, 8-OHdG) u urinu osoba omnivorskog, laktoovovegetarijanskog i veganskog tipa prehrane. Ispitana je povezanost karakteristika ispitanika i prehrambenih navika s razinama 8-OHdG-a.

### 3.2. ISPITANICI I METODE

Pronalazak ispitanika te prikupljanje podataka i uzoraka provedeni su u razdoblju od listopada 2020. do veljače 2021. godine. Istraživanje je odobrilo Etičko povjerenstvo Zavoda za javno zdravstvo Osječko-baranjske županije 14. ožujka 2020. godine.

#### 3.2.1. Ispitanici

Ukupno je obrađeno 30 ispitanika, a jednako su zastupljeni laktoovovegetarijanci, vegani i svejedi. U **Tablici 2** prikazani su podaci o spolu, dobi te težini u kilogramima i visini u centimetrima ispitanika. Prema podacima o tjelesnoj težini i visini, izračunat je BMI (eng. *body mass index*) koji se izražava kao  $\text{kg/m}^2$ . Vidi se da nema značajne razlike između prosječne starosti i BMI vrijednosti odabranih ispitanica. Svi ispitanici imaju dodijeljenu šifru u svrhu očuvanja anonimnosti, te samo voditelj istraživanja ima pristup potpunim podacima.

**Tablica 2** Srednje vrijednosti osnovnih antropometrijskih pokazatelja ispitanica

Tip prehrane	Dob [god.] ± SD	Visina [cm] ± SD	Težina [kg] ± SD	BMI [ $\text{kg/m}^2$ ] ± SD
<b>Veganski (N = 10)</b>	31,7 ± 6,3	167,2 ± 4,6	67,2 ± 9,4	24,0 ± 2,8
<b>Omnivorski (N = 10)</b>	27,0 ± 6,5	172,9 ± 8,1	63,8 ± 9,4	21,3 ± 1,9
<b>Laktoovovegetarijanski (N = 10)</b>	28,4 ± 6,5	166,6 ± 3,6	59,6 ± 7,4	21,5 ± 2,9

#### 3.2.2. Metode

##### Anketa

Ispitanici su dobili detaljne upute za vođenje dnevnika prehrane (**Prilog 1**): dva dnevnika koja su se odnosila na radni dan i jedan koji se odnosio na dan vikenda, a ispunjavali su ga putem online obrasca alata Google Forms (**Prilog 2, Prilog 3**). Prikupljeni su istovremeno osnovni antropometrijski i sociodemografski podaci o ispitanicima, kao i dodatne informacije vezane uz prehrambene navike, korištenje suplemenata, pušenje i tjelesnu aktivnost (**Prilog 4**).

##### Izračun dnevnog unosa energije i nutrijenata

Za izračun dnevnog unosa nutrijenata korištena je aplikacija Nutri Pro 2001 pogonjena pomoću programa Microsoft Access. Namirnice i jela navedena u dnevnicima prehrane su unijeti te su izračunati dnevni unosi makronutrijenata (ukupnih bjelančevina, ukupnih masti, zasićenih masti, jednostruko i višestruko nezasićenih masti, ukupnih ugljikohidrata, vlakana, alkohola) i određenih mikronutrijenata (Na, K, Ca, Mg, P, Fe, Zn, Cu, Se, vitamin A (ekvivalenti retinola), karoteni, vitamini B1, B2, B3, B6, B9, B12, C, D, E i K). Ako masa ili volumen namirnice ili jela nisu bile precizirane u dnevnicima, korišteni su standardizirani kvantitativni modeli namirnica i obroka za hrvatsku kuhinju (Senta i sur., 2004), srednje veličine porcija određene tijekom razvoja Upitnika učestalosti namirnica na PTF-u Osijek ili standardne odvage pojedinih namirnica dostupne u američkim FoodData Central tablicama sastava hrane (USDA, 2023). Sastav pojedinih jela rekonstruiran je uz pomoć internetskih izvora, poput Coolinarike. Sastavi nutrijenata za namirnice i jela koji su nedostajala u bazi, uneseni su prema podacima iz američkih ili norveških tablica sastava hrane (USDA, 2023; NFSA, 2022) ili, u manjem broju slučajeva, temeljem informacija o sastavu nutrijenata proizvođača namirnice.

#### Prikupljanje i analiza uzoraka urina

##### Prikupljanje uzoraka urina

Uzorak prvog jutarnjeg urina prikupljen je dan nakon evidentiranja posljednjeg dnevnika prehrane u označenu posudicu koja je čuvana na -20°C do analize. Upute za prikupljanje uzorka urina su ispitanicima dostavljene skupa s uputama za vođenje dnevnika prehrane (**Prilog 1**).

##### Analiza 8-hidroksideoksigvanozina

Testni paket (DNA Damage (8-OHdG), EK7114, Boster) za kompetitivni enzimski imunotest na čvrstoj fazi (ELISA) korišten je za određivanje ovog biomarkera oštećenja DNA. Čvrsta faza sadrži antitijelo za 8-OHdG koje prepoznaje slobodni 8-OHdG i 8-OHdG ugrađen u DNA. Pravilno skladištenje i priprema uzorka ključni su za dosljednost i točnost rezultata. Ukoliko se s uzorcima postupi nepravilno, može doći do oksidacije neoštećene DNA. Koncentracije 8-OHdG-a u urinu mogu značajno varirati te se standardiziraju prema urinarnoj koncentraciji kreatinina. Svježi uzorci urina su filtrirani kroz 0,2 µm filtere za šprice te pohranjeni na -20°C. 8-OHdG je analiziran u ovako pripremljenim uzorcima prema protokolu proizvođača ELISA kita (StressMarq, 2015). Rezultati su izraženi u ng 8-OHdG-a po mg urinarnog kreatinina.

##### Analiza kreatinina

Određen je kreatinin u uzorcima radi podešavanja količine 8-hidroksideoksigvanozina prema stupnju razrijeđenosti urina. Analiza je provedena uz pomoć automatiziranog kemijskog analizatora Olympus AU680, kolorimetrijskom metodom po Jafféu (Campins-Falcó i sur., 2001).

#### 3.2.3. Statistička obrada podataka

Obrada podataka provedena je u programima MS Office Excel (Microsoft) i Statistica (TIBCO Software). Osim osnovnih deskriptivnih parametara, testirana je razlika između dvije nezavisne varijable neparametrijskim Mann-Whitneyevim U testom. Spearmanov test korišten je za izračun korelacije numeričkih vrijednosti. Statistički značajnim razlikama ili korelacijama smatrane su one kojima je p-vrijednost bila manja od 0,05.



## **4. REZULTATI I RASPRAVA**



### 4.1. REZULTATI

Slika 3 prikazuje početni izgled nakon obrade podataka u aplikaciji Nutri Pro 2001. Podaci iz baze izvezeni su u program u Excel (Microsoft). Za svakog ispitanika prikazana je šifra te tri različita dnevnika prehrane s odgovarajućim prikazom makro i mikronutrijenata, vlakana te vode i alkohola.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with a grid of data. The columns are labeled with letters A through Z, and the rows are numbered 1 through 54. The data appears to be organized by individual (rows 1-3, 4-6, etc.) and then by date or day (rows 7-9, 10-12, etc.). The cells contain numerical values, likely representing nutrient concentrations or intake levels. The spreadsheet interface includes standard Excel menus like 'Datoteka', 'Polazno', 'Umetanje', etc., and a ribbon with various toolbars.

Slika 3 Izgled podataka sa svim vrijednostima ispitanika dobivenim obradom u Nutri Pro 2001 aplikaciji

Tablica 3 prikazuje koncentracije kreatinina i 8-hidroksideoksigvanozina kod žena, dok Tablica 4 prikazuje koncentracije kod laktoovovegetarijanaca, a Tablica 5 kod omnivora. Svaki ispitanik ima svoju šifru, a uz šifru stoji broj analize. Na temelju svih koncentracija izračunate su srednje vrijednosti i standardna devijacija za svakog ispitanika.

Tablica 3 Koncentracija 8-OHdG-a i kreatinina kod vegana

Oznaka	Koncentracija 8-OHdG /ng mL <sup>-1</sup>	Kreatinin /mg mL <sup>-1</sup>	Koncentracija 8-OHdG /ng mg <sup>-1</sup> kreatinina	Srednja vrijednost	SD
PNx01_1	194,8	0,6	346,6	337,2	13,3
PNx01_2	184,2	0,6	327,8	-	-
PNx02_1	225,3	1,6	139,1	140,3	1,8
PNx02_2	229,3	1,6	141,6	-	-
PNx03_1	206,3	0,6	368,4	351,5	23,9
PNx03_2	187,4	0,6	334,6	-	-
PNx04_1	220,4	0,3	648,2	649,4	1,8
PNx04_2	221,2	0,3	650,7	-	-
PNx06_1	213,9	1,0	207,7	210,7	4,2
PNx06_2	220,1	1,0	213,6	-	-
PNx23_1	144,5	0,3	438,0	441,3	4,7
PNx23_2	146,7	0,3	444,6	-	-
PNx30_1	223,5	1,3	178,8	185,6	9,6
PNx30_2	240,4	1,3	192,4	-	-
PNx44_1	164,8	1,0	171,7	187,5	22,4
PNx44_2	195,2	1,0	203,3	-	-
PNx72_1	254,2	1,0	246,8	253,5	9,5
PNx72_2	268,0	1,0	260,2	-	-
PNx78_1	59,1	0,1	537,2	585,2	67,8
PNx78_2	69,6	0,1	633,1	-	-

Tablica 4 Koncentracija 8-OHdG-a i kreatinina kod laktoovovegetarijanaca

Oznaka	Koncentracija 8-OHdG /ng mL <sup>-1</sup>	Kreatinin /mg mL <sup>-1</sup>	Koncentracija 8-OHdG /ng mg <sup>-1</sup> kreatinina	Srednja vrijednost	SD
PNy61_1	194,8	0,6	346,6	337,2	13,3
PNy61_2	184,2	0,6	327,8	-	-
PNy62_1	225,3	1,6	139,1	140,3	1,8
PNy62_2	229,3	1,6	141,6	-	-
PNy62_3	206,3	0,6	368,4	351,5	23,9
PNy65_1	187,4	0,6	334,6	-	-
PNy65_2	220,4	0,3	648,2	649,4	1,8
PNy66_1	221,2	0,3	650,7	-	-
PNy66_2	213,9	1,0	207,7	210,7	4,2
PNy67_1	220,1	1,0	213,6	-	-
PNy67_2	144,5	0,3	438,0	441,3	4,7
PNy71_1	146,7	0,3	444,6	-	-
PNy71_2	223,5	1,3	178,8	185,6	9,6
PNy83_1	240,4	1,3	192,4	-	-
PNy83_2	164,8	1,0	171,7	187,5	22,4
PNy85_1	195,2	1,0	203,3	-	-
PNy85_2	254,2	1,0	246,8	253,5	9,5
PNy102_1	268,0	1,0	260,2	-	-
PNy102_2	59,1	0,1	537,2	585,2	67,8
PNy112_1	69,6	0,1	633,1	-	-
PNy112_2	194,8	0,6	346,6	337,2	13,3

Tablica 5 Koncentracija 8-OHdG-a i kreatinina kod omnivora

Oznaka	Koncentracija 8-OHdG /ng mL <sup>-1</sup>	Kreatinin /mg mL <sup>-1</sup>	Koncentracija 8-OHdG /ng mg <sup>-1</sup> kreatinina	Srednja vrijednost	SD
PNz70_1	194,8	0,6	346,6	337,2	13,3
PNz70_2	184,2	0,6	327,8	-	-
PNz90_1	225,3	1,6	139,1	140,3	1,8
PNz90_2	229,3	1,6	141,6	-	-
PNz91_1	206,3	0,6	368,4	351,5	23,9
PNz91_2	187,4	0,6	334,6	-	-
PNz92_1	220,4	0,3	648,2	649,4	1,8
PNz92_2	221,2	0,3	650,7	-	-
PNz93_1	213,9	1,0	207,7	210,7	4,2
PNz93_2	220,1	1,0	213,6	-	-
PNz94_1	144,5	0,3	438,0	441,3	4,7
PNz94_2	146,7	0,3	444,6	-	-
PNz96_1	223,5	1,3	178,8	185,6	9,6
PNz96_2	240,4	1,3	192,4	-	-
PNz106_1	164,8	1,0	171,7	187,5	22,4
PNz106_2	195,2	1,0	203,3	-	-
PNz113_1	254,2	1,0	246,8	253,5	9,5
PNz113_2	268,0	1,0	260,2	-	-

## 4.2. RASPRAVA I STATISTIČKA OBRADA

Unos energije, osnovnih makronutrijenata te vlakana ispitanica dan je u **Tablici 6**, dok **Tablica 7** prikazuje navike ispitanica koje obuhvaćaju tjelesnu aktivnost i pušenje (**Prilog 5**).

**Tablica 6** Pojedinačni unosi makronutrijenata i energije (srednja vrijednost  $\pm$  SD) ispitanica

Šifra jelovnika	Bjelančevine [g]	Masti [g]	Ugljikohidrati [g]	Vlakna [g]	Energija [kcal]
PNx01	36,0 $\pm$ 10,2	31,4 $\pm$ 13,6	210,8 $\pm$ 43,4	23,8 $\pm$ 11,1	1240 $\pm$ 280
PNx02	31,0 $\pm$ 10,2	38,7 $\pm$ 13,6	202,1 $\pm$ 43,4	18,1 $\pm$ 11,1	1388 $\pm$ 280
PNx03	28,3 $\pm$ 10,2	37,3 $\pm$ 13,6	168,9 $\pm$ 43,4	20,1 $\pm$ 11,1	1208 $\pm$ 280
PNx04	48,1 $\pm$ 10,2	59,3 $\pm$ 13,6	299,9 $\pm$ 43,4	32,0 $\pm$ 11,1	1864 $\pm$ 280
PNx06	35,2 $\pm$ 10,2	29,6 $\pm$ 13,6	161,1 $\pm$ 43,4	9,6 $\pm$ 11,1	1063 $\pm$ 280
PNx23	47,9 $\pm$ 10,2	62,0 $\pm$ 13,6	232,8 $\pm$ 43,4	49,6 $\pm$ 11,1	1624 $\pm$ 280
PNx30	55,5 $\pm$ 10,2	69,2 $\pm$ 13,6	264,4 $\pm$ 43,4	27,8 $\pm$ 11,1	1858 $\pm$ 280
PNx44	54,1 $\pm$ 10,2	39,0 $\pm$ 13,6	205,3 $\pm$ 43,4	36,3 $\pm$ 11,1	1351 $\pm$ 280
PNx72	37,4 $\pm$ 10,2	40,2 $\pm$ 13,6	215,8 $\pm$ 43,4	34,3 $\pm$ 11,1	1336 $\pm$ 280
PNx78	29,6 $\pm$ 10,2	42,9 $\pm$ 13,6	173,4 $\pm$ 43,4	24,7 $\pm$ 11,1	1179 $\pm$ 280
PNy102	51,6 $\pm$ 26,0	60,1 $\pm$ 20,6	266,9 $\pm$ 59,1	14,5 $\pm$ 11,6	1766 $\pm$ 453
PNy112	124,2 $\pm$ 26,0	82,9 $\pm$ 20,6	281,9 $\pm$ 59,1	37,6 $\pm$ 11,6	2302 $\pm$ 453
PNy61	29,8 $\pm$ 26,0	41,4 $\pm$ 20,6	125,8 $\pm$ 59,1	10,3 $\pm$ 11,6	974 $\pm$ 453
PNy62	54,7 $\pm$ 26,0	74,8 $\pm$ 20,6	167,7 $\pm$ 59,1	21,2 $\pm$ 11,6	1707 $\pm$ 453
PNy65	63,8 $\pm$ 26,0	94,0 $\pm$ 20,6	236,8 $\pm$ 59,1	29,6 $\pm$ 11,6	2005 $\pm$ 453
PNy66	52,0 $\pm$ 26,0	67,2 $\pm$ 20,6	197,6 $\pm$ 59,1	19,7 $\pm$ 11,6	1577 $\pm$ 453
PNy67	69,0 $\pm$ 26,0	116,8 $\pm$ 20,6	321,4 $\pm$ 59,1	37,4 $\pm$ 11,6	2576 $\pm$ 453
PNy71	52,3 $\pm$ 26,0	76,6 $\pm$ 20,6	208,1 $\pm$ 59,1	41,0 $\pm$ 11,6	1677 $\pm$ 453
PNy83	83,4 $\pm$ 26,0	92,6 $\pm$ 20,6	274,2 $\pm$ 59,1	42,4 $\pm$ 11,6	2205 $\pm$ 453
PNy85	44,1 $\pm$ 26,0	71,0 $\pm$ 20,6	201,2 $\pm$ 59,1	21,5 $\pm$ 11,6	1575 $\pm$ 453
PNz106	53,8 $\pm$ 10,8	87,2 $\pm$ 17,5	164,6 $\pm$ 48,1	20,7 $\pm$ 7,6	1651 $\pm$ 294
PNz113	80,2 $\pm$ 10,8	103,5 $\pm$ 17,5	256,6 $\pm$ 48,1	9,8 $\pm$ 7,6	2386 $\pm$ 294
PNz114	80,6 $\pm$ 10,8	100,6 $\pm$ 17,5	178,7 $\pm$ 48,1	18,1 $\pm$ 7,6	2068 $\pm$ 294
PNz70	60,0 $\pm$ 10,8	92,8 $\pm$ 17,5	260,5 $\pm$ 48,1	34,2 $\pm$ 7,6	2053 $\pm$ 294
PNz90	68,8 $\pm$ 10,8	63,0 $\pm$ 17,5	208,7 $\pm$ 48,1	14,3 $\pm$ 7,6	1733 $\pm$ 294
PNz91	70,5 $\pm$ 10,8	118,4 $\pm$ 17,5	193,0 $\pm$ 48,1	23,8 $\pm$ 7,6	2104 $\pm$ 294

#### 4. Rezultati i rasprava

<b>PNz92</b>	77,1 ± 10,8	112,0 ± 17,5	239,6 ± 48,1	18,1 ± 7,6	2277 ± 294
<b>PNz93</b>	60,4 ± 10,8	70,4 ± 17,5	150,5 ± 48,1	13,8 ± 7,6	1500 ± 294
<b>PNz94</b>	67,3 ± 10,8	84,7 ± 17,5	221,3 ± 48,1	17,0 ± 7,6	1926 ± 294
<b>PNz96</b>	87,7 ± 10,8	84,2 ± 17,5	303,8 ± 48,1	30,8 ± 7,6	2288 ± 294

**Tablica 7** Razina tjelesne aktivnosti i pušenje

Šifra	Pušenje	Razina tjelesne aktivnosti
<b>PNx01</b>	ne	visoka
<b>PNx02</b>	da	niska
<b>PNx03</b>	ne	srednja
<b>PNx04</b>	ne	srednja
<b>PNx06</b>	da	srednja
<b>PNx23</b>	ne	visoka
<b>PNx30</b>	ne	srednja
<b>PNx44</b>	ne	srednja
<b>PNx72</b>	ne	visoka
<b>PNx78</b>	ne	srednja
<b>PNy61</b>	ne	srednja
<b>PNy62</b>	ne	srednja
<b>PNy65</b>	ne	srednja
<b>PNy66</b>	da	niska
<b>PNy67</b>	ne	srednja
<b>PNy71</b>	ne	srednja
<b>PNy83</b>	ne	srednja
<b>PNy85</b>	ne	niska
<b>PNy102</b>	da	srednja
<b>PNy112</b>	ne	srednja
<b>PNz70</b>	da	srednja
<b>PNz90</b>	da	srednja
<b>PNz91</b>	ne	srednja
<b>PNz92</b>	ne	srednja
<b>PNz93</b>	da	srednja
<b>PNz94</b>	ne	srednja
<b>PNz96</b>	da	niska

<b>PNz106</b>	da	srednja
<b>PNz113</b>	ne	srednja
<b>PNz114</b>	ne	niska

Statističkom obradom podataka za energetske unos utvrđeno je kako su ispitanice iz omnivorske skupine unosile prosječno  $1998 \pm 293$  kcal/dan, iz laktoovovegetarijanske skupine unosile su prosječno  $1836 \pm 453$  kcal/dan, dok su ispitanice na veganskoj prehrani prosječno unosile  $1411 \pm 280$  kcal/dan. U ovom slučaju može se uočiti značajna statistička razlika kod energetske unosa vegana u odnosu na laktoovovegetarijance ( $p = 0,038$ ) i omnivore ( $p = 0,001$ ).

Omnivori su u prosjeku unosili najviše bjelančevina, odnosno  $70,6 \pm 10,8$  g/dan, dok su laktoovovegetarijanci unosili  $62,5 \pm 26,0$  g/dan, a vegani  $40,3 \pm 10,2$  g/dan. Ponovno se može uočiti statistički značajna razlika između unosa bjelančevina između vegana u odnosu na laktoovovegetarijance ( $p = 0,002$ ) i omnivore ( $p = 0,0003$ ). AR vrijednost (eng. *Average Requirement*; prosječna potreba, odnosno onaj unos koji zadovoljava dnevne potrebe polovice ljudi u tipičnoj zdravoj populaciji) iznosi  $0,66$  g/kg, dok PRI vrijednosti (eng. *Population Reference Intake*; referentni unos populacije, odnosno unos koji će zadovoljiti potrebe gotovo svih ljudi u tipičnoj zdravoj populaciji) iznosi  $0,83$  g/kg (EFSA, 2012). Prosječan unos bjelančevina kod ispitane populacije vegana u odnosu na prosječnu masu ( $67,2$  kg) iznosi  $0,6$  g/kg, što ukazuje na manju vrijednost od prosječnih potreba. Istraživanja pokazuju da veganska populacija općenito ima manji unos proteina, no istraživanja na većoj populaciji nego je zahvaćena ovim diplomskim radom ukazuje na dovoljan unos bjelančevina (Mariotti i Gardner, 2019; Bakaloudi i sur., 2021).

Kod omnivora zabilježen je nešto viši prosječni unos masti koji iznosi  $91,7 \pm 17,5$  g/dan te je statistički značajna razlika u odnosu na veganke koje su prosječno unosile  $45 \pm 13,6$  g/dan ( $p = 0,0002$ ). Nešto manje značajna razlika je između vegana i laktoovovegetarijanske populacije, čiji je unos iznosio  $77,7 \pm 20,6$  g/dan ( $p = 0,001$ ). Ukupne masti uključuju zasićene, mononezasićene i polinezasićene masne kiseline. Referentni raspon unosa (RI) za masti iznosi  $20 - 35\%$  od ukupne energije (EFSA, 2010b). Ispitanice veganske skupine unijele su masti u

prosječnom energetske udjelu  $29 \pm 0,1$  E%, dok su laktoovovegetarijanke imale unos od  $38 \pm 0,1$  E%, a omnivorke  $40 \pm 0,1$  E%. U omnivorskoj i laktoovovegetarijanskoj skupini 80% ispitanica je imalo energetske masti veći od gornje preporučene vrijednosti, a u veganskoj skupini samo 10%. **Tablica 8** prikazuje prosječne vrijednosti za sve podskupine masti i kolesterol.

**Tablica 8** Prosječni dnevni unos (srednja vrijednost  $\pm$  SD) zasićenih, mononezasićenih i polinezasićenih masnih kiselina te kolesterola ispitanica

Tip prehrane	Zasićene mk [g]	Mononezasićene mk [g]	Polinezasićene mk [g]	Kolesterol [mg]	Alkohol [g]
<b>Veganska (N = 10)</b>	$8,2 \pm 1,8$	$12,5 \pm 4,6$	$20,0 \pm 7,8$	$5,2 \pm 7,0$	$2,9 \pm 7,0$
<b>Laktoovovegetarijanska (N = 10)</b>	$22,0 \pm 6,4$	$26,9 \pm 9,6$	$25,2 \pm 8,0$	$125,7 \pm 85,6$	$2,7 \pm 8,5$
<b>Omnivorska (N = 10)</b>	$28,4 \pm 7,1$	$34,0 \pm 7,9$	$23,6 \pm 9,1$	$339,6 \pm 232,6$	$7,0 \pm 6,8$

Statističkom analizom utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika u unosu zasićenih masnih kiselina između veganki i laktoovovegetarijanki ( $p = 0,0002$ ) te jednaka razlika između vegana i omnivora (**Tablica 8**).

Veći unos zasićenih masnih kiselina omnivorki i laktoovovegetarijanki je očekivan obzirom na to da se ove masne kiseline nalaze uglavnom u namirnicama životinjskog podrijetla poput mlijeka, maslaca, mesa i jaja, iako se veće količine nalaze i u biljnim izvorima poput palminog i kokosovog ulja (Sacks i sur., 2017).

Kliničke studije pokazuju da se zamjenom zasićenih masti polinezasićenim masnim kiselinama iz biljnih ulja može smanjiti rizik od kardiovaskularnih bolesti (Sacks i sur., 2017). Opservacijske studije su pokazale da je manji unos zasićenih masti, uz veći unos polinezasićenih i mononezasićenih masti, povezan s nižim stopama kardiovaskularnih bolesti i smrtnosti od svih uzroka. Zasićene masti povećavaju LDL kolesterol, koji je glavni uzrok ateroskleroze i

kardiovaskularnih bolesti, dok njihova zamjena s polinezasićenim ili mononezasićenim mastima smanjuje LDL kolesterol. Zamjena zasićenih masti s polinezasićenim ili mononezasićenim mastima također smanjuje razine triglicerida u krvi, nezavisni biomarker rizika za kardiovaskularne bolesti. Dokazi podržavaju zaključak da polinezasićene masti iz biljnih ulja više smanjuju KVB od mononezasićenih masti kada zamjenjuju zasićene masti (Sacks i sur., 2017).

Iako se uglavnom zasićene masne kiseline predstavljaju kao loše za zdravlje, nisu sve zasićene masne kiseline jednake - kratkolančane masne kiseline većinom pokazuju štetne učinke na ljudski organizam, dok srednje-dugačke i dugolančane mogu imati pozitivne poput snižavanja koncentracije triglicerida u krvi (Mozaffarian i Clarke, 2016; Sacks i sur., 2017). Ipak, potrebno je još istraživanja kako bi se detaljno razjasnili svi učinci zasićenih masnih kiselina.

Smjernice za unos zasićenih masnih kiselina mogu varirati ovisno o preporukama različitih zdravstvenih organizacija. Općenito se preporučuje da zasićene masne kiseline ne čine više od 10% ukupnog dnevnog energetskeg unosa, dok Američko udruženje za bolesti srca (eng. American Heart Association) preporučuje čak i niže postotke, oko 5-6% ukupnog dnevnog unosa kalorija. Kod 30% populacije veganki je zabilježen unos zasićenih masnih kiselina veći od 10% ukupne energetske vrijednosti, dok kod laktoovovegetarijanaki to iznosi 90%, a omnivorki 100%.

Slična se statistika može uočiti kod mononezasićenih masnih kiselina (**Tablica 8**), pri čemu postoji statistički značajna razlika u unosu između veganki i omnivorki ( $p = 0,0002$ ) te veganki i laktoovovegetarijanaki ( $p = 0,002$ ).

Polinezasićene masne kiseline imaju ulogu u brojnim biološkim funkcijama - komponente su staničnih membrana, služe kao prekursori za bioaktivne lipide i imaju ulogu u upalnim procesima i imunološkoj funkciji. Također su vitalne za normalan rast i razvoj te su neophodne za funkciju mozga i vida. Omega-3 i omega-6 masne kiseline su dvije glavne kategorije PUFA (Marion – Letellier i sur., 2015). U kontekstu oksidativnog stresa, polinezasićene masne kiseline su osjetljivije na oksidaciju od zasićenih masnih kiselina zbog višestruko nezasićenih ugljikovih veza. To može povećati potencijal za oksidativni stres i upalu ako nisu u ravnoteži s antioksidativnim sustavima u tijelu. Međutim, omega-3 masne kiseline, kao što su EPA i DHA,



često se povezuju s antioksidativnim i protuupalnim učincima koji mogu pomoći u borbi protiv oksidativnog stresa (Marion – Letellier i sur., 2015). Za razliku od zasićenih i monozasićenih masnih kiselina, razlike između skupina prema unosu polinezasićenih masnih kiselina nisu bile statistički značajne (**Tablica 8**).

Istraživanje koje su proveli Menzel i sur. (2022) također je utvrdilo niži ukupni unos masti, zasićenih masnih kiselina i mononezasićenih masnih kiselina kod veganki u usporedbi s omnivorkama. Nadalje, zaključuju da je veganska prehrana povezana s povoljnijim profilom masnih kiselina u plazmi, te stoga ima potencijal za smanjenje rizika kardiovaskularnih bolesti.

Kod unosa kolesterola postoji statistički vrlo značajna razlika između tri podskupine (**Tablica 8**), posebno između vegana i omnivora ( $p = 0,0002$ ). Razlika između laktoovovegetarijanki i omnivorki nešto je manja ( $p = 0,0003$ ), dok je između laktoovovegetarijanki i omnivorki ta razlika najmanja, no i dalje statistički značajna ( $p = 0,011$ ). Prosječna vrijednost unosa kolesterola za veganke je iznosila  $5,2 \pm 7,0$  mg/dan, za laktoovovegetarijanke  $125,7 \pm 85,6$  i  $339,6 \pm 232,61$  mg/dan za omnivorke.

Kolesterol je lipid koji ima ključnu ulogu u mnogim biološkim procesima, ali visoke razine, posebno LDL (eng. *Low-Density Lipoprotein*) kolesterola, povezane su s povećanim rizikom kardiovaskularnih bolesti (Jung i sur., 2022). Prehrana bogata voćem, povrćem i vlaknima može pomoći u regulaciji razine kolesterola, snižavajući LDL i povećavajući HDL (eng. *High-Density Lipoprotein*) kolesterol. Smanjenje unosa zasićenih masti i povećanje unosa biljnih sterola također se preporučuju za održavanje optimalnih razina kolesterola. Neka namirnice kod kojih je zabilježen potencijal za snižavanje LDL kolesterola uključuju lanene sjemenke, bademe, avokado, rajčicu, kurkumu i zeleni čaj. S druge strane, neprerađena kava i šećer mogu povećati razine LDL kolesterola (Schoeneck i Iggman, 2021).

**Tablica 9** također prikazuje unos alkohola za sve tri skupine. Unos kod veganki je  $2,9 \pm 7,0$  g alkohola dnevno, kod laktoovovegetarijanki  $2,7 \pm 8,5$  g, dok kod omnivorki to iznosi  $7,0 \pm 6,8$  g/dan. Ne postoje statistički značajne razlike između nijedne skupine. Kod skupina koje ne konzumiraju meso i mesne proizvode gotovo ne postoji razlika ( $p = 1,000$ ), dok je između laktoovovegetarijanki i omnivorki ta razlika na margini statističke značajnosti ( $p = 0,064$ ), što

znači da bi u većem uzorku ta razlika mogla biti statistički značajna. Ipak, dostupna istraživanja na nešto većem broju ispitanika ne idu u prilog toj tvrdnji (Nebl i sur., 2019; Jedut i sur., 2023).

Izloženost velikim količinama etanola može uzrokovati cirozu jetre, neurološke probleme i povećava rizik od raka. Međutim, mnoge studije sugeriraju da umjeren unos alkohola može imati blagotvorne učinke, što se često povezuje s komponentama kao što su polifenoli u vinu. No, Rimm i sur. (1996) vjeruju da je ključni faktor etanol, iako nisu negirali moguće dobrobiti drugih sastojaka.

Tablica 9 Unos minerala (srednja vrijednost  $\pm$  SD) ispitanica

Tip prehrane	Na [mg]	K [mg]	Ca [mg]	Mg [mg]	P [mg]	Fe [mg]	Zn [mg]	Cu[mg]	Se [ $\mu$ g]
<b>Veganska (N = 10)</b>	2625,3 $\pm$ 961,0	2220,9 $\pm$ 790,8	444,0 $\pm$ 165,8	202,6 $\pm$ 75,0	753,3 $\pm$ 276,4	11,9 $\pm$ 2,9	4,1 $\pm$ 1,2	1,2 $\pm$ 0,7	70,0 $\pm$ 27,1
<b>Laktoovovegetarijanska (N = 10)</b>	3301,8 $\pm$ 867,3	2661,6 $\pm$ 937,48	755,1 $\pm$ 328,8	232,19 $\pm$ 109,4	1204,7 $\pm$ 426,3	19,7 $\pm$ 16,8	4,8 $\pm$ 2,1	1,4 $\pm$ 0,7	78,6 $\pm$ 19,6
<b>Omnivorska (N = 10)</b>	5371,1 $\pm$ 3315,6	3132,1 $\pm$ 716,2	853,2 $\pm$ 310,4	235,4 $\pm$ 61,0	1288,5 $\pm$ 280,8	10,9 $\pm$ 4,6	3,9 $\pm$ 1,5	0,8 $\pm$ 0,2	101,2 $\pm$ 28,5

**Tablica 9** prikazuje prosječni dnevni unos minerala, a unos ispitanika uspoređen je s referentnim prehranbenim vrijednostima (eng. *Dietary Reference Values*, DRV) Europske agencije za sigurnost hrane (eng. *European Food Safety Authority*, EFSA).

Prema preporukama EFSA-e (2019) i WHO-a, siguran i adekvatan unos natrija iznosi 2000 mg/dan. Sve prosječne vrijednosti među ispitanim skupinama više su od navedene doze, iako statistički značajna razlika postoji samo između vegana i omnivora ( $p = 0,007$ ). Utvrđeno je da je unos natrija, odnosno soli, potencijalni faktor rizika za kardiovaskularne bolesti. Na temelju meta-analize od 36 izvješća s ukupno 616.905 sudionika, zaključeno je da osobe s visokim unosom soli imaju 19% veći rizik od kardiovaskularnih bolesti u usporedbi s onima s niskim unosom. Za svako povećanje unosa soli od 1 g, rizik od kardiovaskularnih bolesti povećava se za 6% (Wang i sur., 2020).

Kod istraživanja koje su proveli Clarys i suradnici (2014) ustanovljen je značajno niži prosječni unos natrija kod veganskih ispitanika u odnosu na omnivore ( $p < 0,01$ ), dok su manje razlike uočene između laktoovovegetarijanaca i omnivora. Unos natrija za veganske ispitanike bio je  $1316 \pm 666$  mg/dan, za laktoovovegetarijance  $2228 \pm 1013$  mg/dan, a za omnivore  $3296 \pm 1525$  mg/dan. Takva se gradacija može uočiti i kod ispitanica u ovome diplomskom radu (**Tablica 9**).

Statistički značajna razlika uočena je i između veganki i omnivorki kod unosa kalija ( $p = 0,014$ ), čiji AI (eng. *Adequate Intake*) iznosi 3500 mg/dan (EFSA, 2016). Međutim, kalij je kod svih podskupina ispitanika bio niži od adekvatnog unosa. Prema istom izvoru, postoji dosljedan dokaz iz opservacijskih kohortnih studija da unos kalija ispod 3,500 mg/dan povećava rizik od moždanog udara.

AR vrijednost za kalcij kod ženske populacije iznosi 860 mg/dan za žene (EFSA, 2015a), što je zadovoljeno samo u 40% ispitanika na omnivorskoj prehrani te 30% kod laktoovovegetarijanki. Nijedna ispitanica na veganskoj prehrani nije imala prosječan unos viši od 735 mg (**Tablica 9**). Statistički značajna razlika vidljiva je kod vegana i laktoovovegetarijanaca ( $p = 0,011$ ) te također između vegana i omnivora ( $p = 0,003$ ). Nizak unos kalcija kod vegana podržavaju i druga istraživanja (Bakaloudi i sur., 2021), pa se stoga preporučuje povećana konzumacija orašastih plodova, mahunarkih i namirnica obogaćenih kalcijem radi postizanja adekvatnog unosa. U slučaju značajnog deficita, kalcij je potrebno suplementirati.

Sve tri skupine ispitanica imale su adekvatan dnevni unos fosfora (AI = 550 mg/dan) (EFSA, 2015), opet sa statistički značajnom razlikom između vegana i preostale dvije skupine, dok između laktoovovegetarijanaca i omnivora razlika nije bila statistički značajna ( $p = 0,427$ ).

Kod selena (AI = 70  $\mu\text{g/dan}$ ) (EFSA, 2014c), cinka (AR = 6,2 – 10,2 mg/dan) (EFSA, 2014d), magnezija (AI = 300 mg/dan) (EFSA, 2015c), bakra (AI = 1,3 mg/dan) (EFSA, 2015d) i željeza (PRI = 16 mg/dan) (EFSA, 2015e) razlika nije bila statistički značajna. Odstupanja od AR-a mogu se uočiti kod cinka, čiji je prosjek u sve tri skupine nešto niži od donje granice (**Tablica 9**). Samo 10% populacije ispitanih omnivorki ima unos viši od donje granice, dok je kod laktoovovegetarijanki 40% populacije imalo viši unos, a nijedna veganka nije u rasponu AI-a. Kod magnezija su isto tako prosječni unosi nešto niži od AI-a, a više od 300 mg/dan ima 10% veganki, 30% laktoovovegetarijanki te 10% omnivorki. U istraživanju koje su proveli Neufingerl i Eilander (2021) unosi magnezija bili su nešto viši, no također bez statistički značajne razlike. U istom istraživanju znanstvenici ukazuju na to da veganki i vegetarijanki često unose veće količine željeza, kako je zabilježeno i u ovom slučaju kod laktoovovegetarijanki (**Tablica 9**). Međutim, važno je razmotriti bioraspoloživost željeza. Biljni izvori željeza ne pružaju jednaku bioraspoloživost kao životinjski izvori te biljna hrana poput mahunarki i žitarica sadrži određene inhibitore željeza, poput fitinske kiseline, što može objasniti niže vrijednosti serumskog feritina u ovim skupinama, unatoč većem unosu (Petry i sur., 2010). Nadalje, prevalencija nedostatka željeza i anemije bila je viša kod vegana i vegetarijanaca. Stoga, iako biljna prehrana može pružiti dovoljan unos željeza, apsorpcija i iskoristivost mogu predstavljati izazov, naglašavajući potrebu za pažljivim praćenjem i potencijalnom suplementacijom.

Tablica 10 Unos vitamina (srednja vrijednost  $\pm$  SD) ispitanica

Tip prehrane	Vit A [ $\mu$ g RE]	Karoteni [ $\mu$ g]	Vit B1 [mg]	Vit B2 [mg]	Vit B3 [mg]	Vit B6 [mg]	Vit B9 [mg]	Vit B12 [ $\mu$ g]	Vit C [mg]	Vit D [ $\mu$ g]	Vit E [mg]	Vit K [ $\mu$ g]
<b>Veganska (N = 10)</b>	371,1 $\pm$ 260,8	1773,4 $\pm$ 1569,0	0,7 $\pm$ 0,3	0,5 $\pm$ 0,2	7,6 $\pm$ 2,6	2,3 $\pm$ 1,7	110,0 $\pm$ 50,01	0,03 $\pm$ 0,08	103,6 $\pm$ 54,6	0,5 $\pm$ 0,5	3,2 $\pm$ 2,8	169,0 $\pm$ 199,5
<b>Laktoovo- vegetarijanska (N=10)</b>	748,7 $\pm$ 500,0	3128,9 $\pm$ 2728,5	0,8 $\pm$ 0,3	0,7 $\pm$ 0,3	9,4 $\pm$ 3,7	1,0 $\pm$ 0,6	136,9 $\pm$ 60,9	0,67 $\pm$ 0,65	88,6 $\pm$ 54,3	0,7 $\pm$ 0,5	5,7 $\pm$ 4,0	160,6 $\pm$ 141,9
<b>Omnivorska (N = 10)</b>	641,1 $\pm$ 372,4	2222,3 $\pm$ 2490,0	0,9 $\pm$ 0,4	1,1 $\pm$ 0,4	13,3 $\pm$ 5,8	2,5 $\pm$ 2,3	105,6 $\pm$ 58,2	2,42 $\pm$ 1,11	93,7 $\pm$ 66,8	0,9 $\pm$ 0,8	3,7 $\pm$ 2,2	109,4 $\pm$ 146,8



**Tablica 10** prikazuje vitamine čiji je unos ispitan tijekom provedbe eksperimentalnog dijela rada. Preporučene dnevne doze vitamina A izražavaju se kao  $\mu\text{g}$  ekvivalenata retinola na dan (RE/dan), a 1  $\mu\text{g}$  RE jednak je 1  $\mu\text{g}$  retinola, 6  $\mu\text{g}$   $\beta$ -karotena i 12  $\mu\text{g}$  ostalih karotenoida (EFSA, 2015g). Karoteni predstavljaju skupinu karotenoida, koji su prekursori za sintezu vitamin A iz biljnog podrijetla. Vitamin A je esencijalni vitamin topiv u mastima koji je važan za vid, rast i imunološki sustav. Može se naći u obliku retinola iz životinjskih izvora i kao provitaminski karotenoidi biljnog podrijetla koje tijelo može pretvoriti u vitamin A (McEldrew i sur., 2023).

PRI vrijednost za vitamin A kod ženske populacije je 650  $\mu\text{g}$  RE/dan (EFSA, 2015g). Skupina ispitanica koje su konzumirale vegansku prehranu nisu uspjele zadovoljiti taj unos, dok su vrijednosti kod omnivorki bile granične (**Tablica 10**). Međutim, ne postoji statistički značajna razlika između podskupina ispitanika, kao ni za unos karotena.

Nadalje, sve podskupine imale su zadovoljavajući unos vitamina B1 (0,1 mg/MJ) (EFSA, 2016b), bez statistički značajnih razlika, dok su za unose ostalih vitamina B skupine postojale statistički značajne razlike ili odstupanja od referentnog unosa. U slučaju vitamina B2 (AR 1,3 mg/dan) (EFSA, 2017a) su svi prosječni unosi bili ispod AR-a, a statistički značajna razlika postoji između veganki i omnivorki ( $p = 0,0002$ ) te između omnivorki i laktoovovegetarijanki (0,019). Jedino je srednji unos omnivorki bio približan AR-u (**Tablica 10**), no samo je 10% populacije omnivorki, odnosno 1 ispitanica, premašilo tu AR vrijednost. Vitamin B2, odnosno riboflavin, nalazi se u namirnicama životinjskog podrijetla poput mlijeka i jaja. Statistički značajna razlika zabilježena je između veganki i omnivorki ( $p = 0,014$ ) u unosu vitamina B3 (PRI = 1,6 mg NE/MJ) (EFSA, 2014b), no sve podskupine i sve ispitanice pojedinačno značajno su premašile AR vrijednost (**Tablica 10**). Srednji unos vitamina B6 (PRI = 1,6 mg/dan) (EFSA, 2016c) je nešto niži jedino kod podskupine laktoovovegetarijanki.

Nedostatan unos kod svih poskupina uočljiv je kod vitamina B9, folne kiseline (**Tablica 10**), čija AR vrijednost je 250  $\mu\text{g}$  DFE/dan, a PRI vrijednost 330  $\mu\text{g}$  DFE/dan (EFSA, 2014a). Od svih ispitanika u svim podskupinama, tek je jedna ispitanica premašila AR vrijednost. I dok se statistička značajnost podudara s istraživanjem koje su proveli Dawczynski i sur. (2022), zabilježeni unosi ipak su iznad vrijednosti AR kod svih podskupina. U istom istraživanju, dostatan unos vitamina B12 (AI 4  $\mu\text{g}$ /dan) (EFSA, 2015b) zabilježen je samo kod omnivorske



prehrane, dok je u ovom diplomskom radu unos bio nedostatan kod 97% ispitanika (**Tablica 10**), a jedini unos iznad AI uočen je kod omnivorki.

AR vrijednost za vitamin C iznosi 80 mg/dan, a PRI vrijednost 95 mg/dan (EFSA, 2013). Najveći unos zabilježen je kod veganki (**Tablica 10**), te su one jedina podskupina koja ima veći unos od PRI vrijednosti. Ipak, sve podskupine zadovoljavaju AR vrijednost te između svih podskupina nema statistički značajne razlike. Istraživanje koje su proveli Rauma i sur. (1995) to i potvrđuje. Osim većeg unosa, veganke su imale i veće koncentracije vitamina C u krvi.

Vitamin C, pored poznate antioksidativne aktivnosti, može imati i pro-oksidativnu ulogu (Kaźmierczak-Barańska i sur., 2020). Unatoč povećanim razinama 8-OHdG-a, markera oštećenja DNA u plazmi i mokraći zbog suplementacije vitaminom C, smatra se da pomaže u uklanjanju 8-OHdG-a iz DNA putem aktivacije enzima za popravak. Zaključak je da vitamin C može dopuniti standardne tretmane liječenja, ali su potrebna daljnja istraživanja.

Adekvatan unos nije postignut ni u jednoj skupini za vitamin E (AI = 11 mg/dan) (EFSA, 2015h), i vitamin D (AI = 15 µg/dan) (EFSA, 2016d) (**Tablica 10**).

Od 21. istraživanja o unosu vitamina D, većina je pokazala da su najveći unos imali pesko-vegetarijanci (5,25 µg/dan), zatim oni koji konzumiraju meso (4,17 µg/dan), vegetarijanci (2,67 µg/dan), a najniži unos je bio kod vegana (1,52 µg/dan) (Neufingerl i Eilander, 2022). Prosječan unos vitamina D bio je ispod preporučenog dnevnog unosa za sve prehrambene skupine. Što se tiče statusa vitamina D, temeljenog na serumskim/plazma razinama 25-hidroksivitamina D, pesko-vegetarijanci i svejedi su imali nešto više razine od vegetarijanaca i vegana. Potonji su češće pokazivali nedostatak vitamina D, pri čemu je najviša prevalencija nedostatka zabilježena među finskim ženama. U prosjeku, 15% mesojeda i 25% vegetarijanaca i vegana imalo je nedovoljne razine vitamina D (Neufingerl i Eilander, 2022). Prema podacima dobivenim u ovom diplomskom radu, najviši unos imale su omnivorke, no bez statistički značajne razlike u odnosu na druge podskupine.

AI za vitamin E zadovoljilo je samo 20% ispitanica iz skupine laktoovovegetarijanki, a razlika između vrijednosti kod različitih tipova prehrane nije bila statistički značajna.

Laktoovovegetarijanski tip prehrane također je imao najveću prosječnu vrijednost (**Tablica 10**).

Od osamnaest istraživanja o unosu vitamina E, prosječan unos bio je veći kod vegana (19,2 mg/dan) u usporedbi s vegetarijancima (12,6 mg/dan) i svejedima (10,8 mg/dan) (Bakaloudi i sur., 2021).

Veganski način prehrane opečnito je povezan s niskim unosom vitamina D, B2, B3 i B12, jer se uglavnom nalaze u namirnicama životinjskog podrijetla, što se podudara s dobivenim podacima (Bakaloudi i sur., 2021).

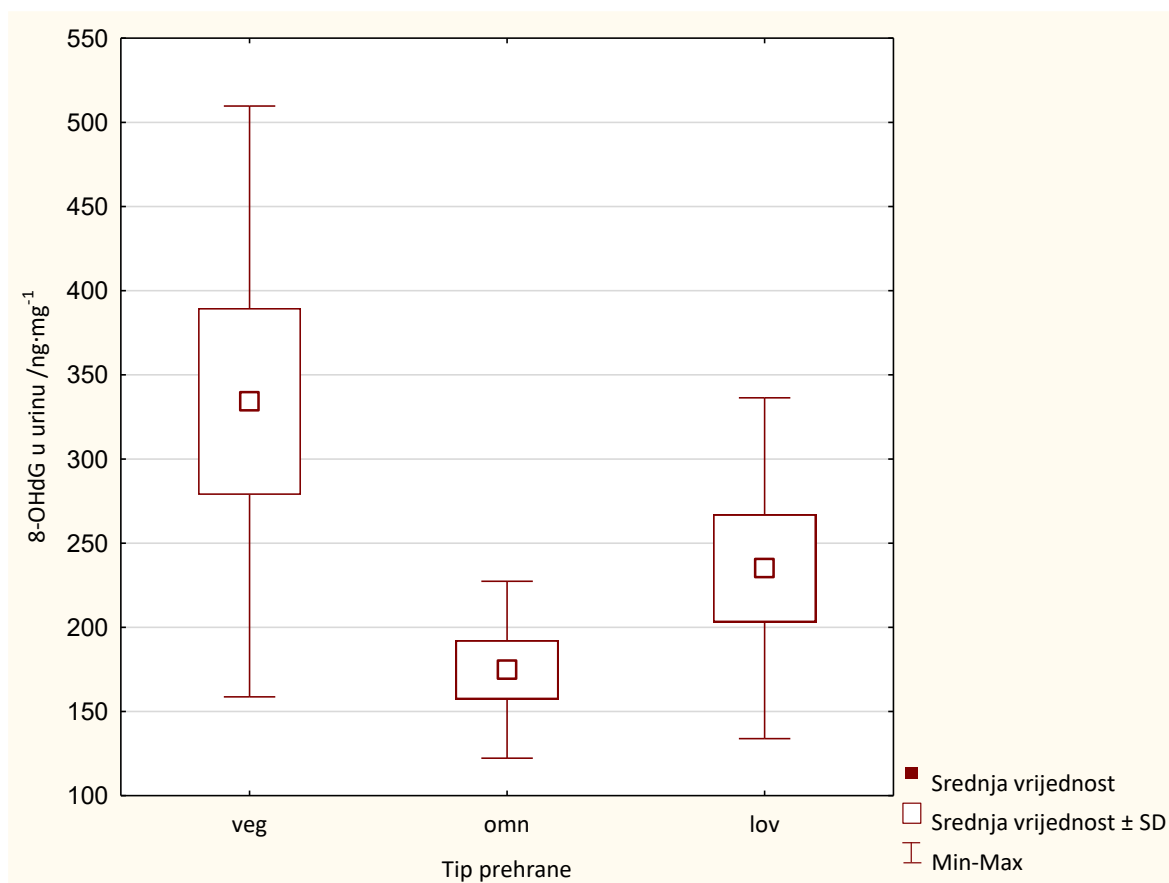
Koncentracije 8-hidroksideoksigvanozina u urinu ispitanica prikazane su u **Tablici 11** (ispitanice veganske skupine su označene zelenom, laktoovovegetarijanke narančastom bojom, a omnivorke crvenom bojom).

**Tablica 11** Koncentracije kreatinina i 8-hidroksideoksigvanozina u urinu ispitanica

Ispitanica	Kreatinin [mg · mL <sup>-1</sup> ]	8-OHdG [ng · mg <sup>-1</sup> kreatinina]
PNx01	0,56	337,21 ± 13,32
PNx02	1,62	140,31 ± 1,76
PNx03	0,56	351,49 ± 23,90
PNx04	0,34	639,43 ± 1,75
PNx06	1,03	210,65 ± 4,23
PNx23	0,33	441,31 ± 4,67
PNx30	1,25	185,55 ± 9,61
PNx44	0,96	187,47 ± 22,38
PNx72	1,03	253,52 ± 9,47
PNx78	0,11	585,16 ± 67,77
PNy61	1,85	146,36 ± 12,28
PNy62	0,42	366,64 ± 40,48
PNy65	1,44	207,14 ± 4,38
PNy66	0,51	247,81 ± 4,91
PNy67	0,55	444,10 ± 60,17
PNy71	0,75	217,30 ± 58,40
PNy83	0,86	227,28 ± 12,49
PNy85	0,92	173,07 ± 19,51

<b>PNy102</b>	1,23	100,88 ± 13,16
<b>PNy112</b>	0,62	220,43 ± 47,33
<b>PNz70</b>	0,41	273,04 ± 31,86
<b>PNz90</b>	1,25	152,83 ± 1,06
<b>PNz91</b>	1,15	160,25 ± 1,51
<b>PNz92</b>	1,19	180,86 ± 7,13
<b>PNz93</b>	0,76	226,63 ± 10,18
<b>PNz94</b>	2,43	90,84 ± 3,19
<b>PNz96</b>	1,16	171,38 ± 2,92
<b>PNz106</b>	1,45	131,74 ± 8,01
<b>PNz113</b>	1,05	185,54 ± 10,20

Prosječna koncentracija kreatinina kod vegana iznosila je  $0,78 \pm 0,47$  mg/ml urina, kod laktoovovegetarijanki  $0,99 \pm 0,55$  mg/ml urina, a kod omnivorki  $1,21 \pm 0,55$  mg/ml. Prosječna koncentracija spoja od interesa, 8-OHdG-a, najviša je bila kod veganki te iznosi  $334,21 \pm 175,5$  ng/mg kreatinina, zatim kod laktoovovegetarijanki ( $235,10 \pm 101,25$  ng/mg kreatinina), a najmanja je bila kod omnivora te iznosi  $174,79 \pm 52,56$  ng/mg kreatinina. Statistički značajna razlika postoji samo između veganske i omnivorske prehrane ( $p = 0,013$ ) (**Slika 4**).



**Slika 4** Koncentracije 8-hidroksideoksigenozina u urinu ispitanica izražene na koncentraciju kreatinina

Izravna usporedba s rezultatima drugih autora se u pravilu ne provodi zbog velikih odstupanja između vrijednosti dobivenih testnim paketima za ELISA kitove različitih proizvođača.

Zbog povećane koncentracije 8-OHdG u urinu ispitanica iz veganske skupine, nameće se zaključak da je ova skupina imala veće oštećenje DNA zbog oksidativnog stresa te posljedično i veći rizik od razvoja raznih bolesti povezanih s oksidativnim stresom. Radi boljeg uvida u utjecaje različitih faktora na oksidativni stres i 8-OHdG u urinu, ispitana je korelacija 8-OHdG-a s različitim osobinama skupnog uzorka ispitanica, poput dobi, energetske unosa i unosa nutrijenata. Korelacijska analiza pokazuje koliko su dvije varijable povezane, iako veza između varijabli ne mora nužno biti uzročno-posljedična.

Tablica 12 Veza različitih osobina i 8-OHdG-a u urinu ispitanica (N = 29)

Varijable	Spearmanov R	P
Dob /god. i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,202	0,292
BMI i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,170	0,379
Unos E [kcal] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	-0,100	0,604
Unos proteina [g] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	-0,207	0,280
Unos ukupne masti [g] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	-0,164	0,397
Unos zasićenih mk [g] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	-0,370	0,048
Unos mononezasićenih mk [g] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	-0,121	0,533
Unos polinezasićenih mk [g] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,121	0,1533
Unos kolesterola [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	-0,456	0,013
Unos ukupnih ugljikohidrata [g] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,020	0,917
Unos vlakana [g] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,323	0,088
Unos alkohola [g] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	-0,311	0,100
Unos natrija [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	-0,340	0,071
Unos kalija [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	-0,029	0,883
Unos kalcija [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,087	0,653
Unos magnezija [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,418	0,023
Unos željeza [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,496	0,006
Unos cinka [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,350	0,063
Unos bakra [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,256	0,181
Unos selena [μg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	-0,289	0,128
Unos vitamina A [μg RE] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,167	0,385
Unos karotena [μg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,296	0,119
Unos vitamina B1 [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,136	0,482
Unos vitamina B2 [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	-0,147	0,448
Unos vitamina B3 [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	-0,155	0,423
Unos vitamina B6 [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,100	0,608
Unos vitamina B9 [μg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,399	0,032
Unos vitamina B12 [μg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	-0,553	0,002
Unos vitamina D [μg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,068	0,725

Unos vitamina E [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,377	0,044
Unos vitamina K [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,111	0,567

**Tablica 13** Veza unosa nutrijenata i 8-OHdG-a u urinu veganki (N = 10)

Varijable	Spearmanov R	p
Unos E [kcal] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,042	0,907
Unos proteina [g] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	-0,188	0,603
Unos ukupne masti [g] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,224	0,533
Unos zasićenih mk [g] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,115	0,751
Unos mononezasićenih mk [g] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,236	0,511
Unos polinezasićenih mk [g] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,382	0,276
Unos kolesterola [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	-0,182	0,614
Unos ukupnih ugljikohidrata [g] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,176	0,627
Unos vlakana [g] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,273	0,446
Unos alkohola [g] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	-0,545	0,103
Unos natrija [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	-0,103	0,777
Unos kalija [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,139	0,701
Unos kalcija [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	-0,018	0,96
Unos magnezija [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,358	0,31
Unos željeza [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,297	0,328
Unos fosfora [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,297	0,405
Unos cinka [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,188	0,603
Unos bakra [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	-0,236	0,511
Unos selena [μg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,067	0,855
Unos vitamina A [μg RE] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,127	0,726
Unos karotena [μg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	-0,224	0,533
Unos vitamina B1 [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,115	0,751
Unos vitamina B2 [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	-0,067	0,855
Unos vitamina B3 [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,067	0,855
Unos vitamina B6 [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,055	0,881
Unos vitamina B9 [μg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,418	0,229

Unos vitamina B12 [ $\mu\text{g}$ ] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	-0,500	0,141
Unos vitamina C [mg] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	0,176	0,627
Unos vitamina D [ $\mu\text{g}$ ] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	-0,103	0,776
Unos vitamina E [mg] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	0,091	0,803
Unos vitamina K [mg] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	0,418	0,229

**Tablica 14** Veza unosa nutrijenata i razina 8-OHdG-a u urinu laktoovovegetarijanki (N = 10)

Varijable	Spearmanov R	p
Unos E [kcal] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	0,467	0,174
Unos proteina [g] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	0,612	0,060
Unos ukupne masti [g] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	0,564	0,090
Unos zasićenih mk [g] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	0,152	0,676
Unos mononezasićenih mk [g] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	0,661	0,038
Unos polinezasićenih mk [g] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	0,455	0,187
Unos kolesterola [mg] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	-0,212	0,556
Unos ukupnih ugljikohidrata [g] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	0,055	0,881
Unos vlakana [g] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	0,006	0,987
Unos alkohola [g] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	0,510	0,132
Unos natrija [mg] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	0,079	0,829
Unos kalija [mg] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	0,527	0,117
Unos kalcija [mg] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	0,745	0,013
Unos magnezija [mg] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	0,588	0,074
Unos fosfora [mg] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	0,394	0,260
Unos željeza [mg] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	0,770	0,009
Unos cinka [mg] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	0,394	0,260
Unos bakra [mg] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	0,430	0,214
Unos selena [ $\mu\text{g}$ ] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	-0,152	0,676
Unos vitamina A [ $\mu\text{g}$ RE] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	0,624	0,054
Unos karotena [ $\mu\text{g}$ ] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	0,527	0,117
Unos vitamina B1 [mg] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	0,539	0,108
Unos vitamina B2 [mg] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	0,552	0,098
Unos vitamina B3 [mg] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	0,539	0,108

Unos vitamina B6 [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,212	0,556
Unos vitamina B9 [μg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,648	0,043
Unos vitamina B12 [μg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,030	0,934
Unos vitamina C [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,600	0,067
Unos vitamina D [μg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,018	0,96
Unos vitamina E [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,709	0,022
Unos vitamina K [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,067	0,855

**Tablica 15** Veza unosa nutrijenata i razina 8-OHdG-a u urinu omnivorki (N = 9)

Varijable	Spearmanov R	p
Unos E [kcal] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,233	0,174
Unos proteina [g] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,083	0,06
Unos ukupne masti [g] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,167	0,09
Unos zasićenih mk [g] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	-0,117	0,676
Unos mononezasićenih mk [g] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,1	0,038
Unos polinezasićenih mk [g] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,05	0,187
Unos kolesterola [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,433	0,556
Unos ukupnih ugljikohidrata [g] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,3	0,881
Unos vlakana [g] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,033	0,987
Unos alkohola [g] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	-0,085	0,132
Unos natrija [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	-0,433	0,829
Unos kalija [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	-0,3	0,117
Unos kalcija [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,583	0,013
Unos magnezija [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,567	0,074
Unos fosfora [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,617	0,26
Unos željeza [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,3	0,009
Unos cinka [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,283	0,26
Unos bakra [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,117	0,214
Unos selena [μg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	-0,267	0,676
Unos vitamina A [μg RE] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,417	0,054
Unos karotena [μg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	0,183	0,117
Unos vitamina B1 [mg] i 8-OHdG u urinu [ng · mg <sup>-1</sup> ]	-0,25	0,108



Unos vitamina B2 [mg] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	0,1	0,098
Unos vitamina B3 [mg] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	-0,517	0,108
Unos vitamina B6 [mg] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	-0,033	0,556
Unos vitamina B9 [ $\mu\text{g}$ ] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	-0,067	0,043
Unos vitamina B12 [ $\mu\text{g}$ ] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	-0,217	0,934
Unos vitamina C [mg] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	-0,383	0,067
Unos vitamina D [ $\mu\text{g}$ ] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	0,217	0,96
Unos vitamina E [mg] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	0,6	0,022
Unos vitamina K [mg] i 8-OHdG u urinu [ $\text{ng} \cdot \text{mg}^{-1}$ ]	-0,283	0,855

Utvrđena je slaba pozitivna veza dobi i urinarnih razina 8-OHdG-a (**Tablica 12**), koja, iako nije statistički značajna, može značiti da se s porastom dobi povećava koncentracija ovog biomarkera u urinu, što je uočeno i u nekoliko drugih istraživanja (Sakano i sur., 2009; Graille i sur., 2020).

Spearmanov koeficijent korelacije između BMI vrijednosti ispitanica i njihovih koncentracija 8-OHdG-a je pozitivan (**Tablica 11**), što bi moglo značiti da bi prekomjerna tjelesna masa ili pretilost mogle uzrokovati povećani oksidativni stres. Iako je korelacija slaba i nije statistički značajna, postoje istraživanja koja pokazuju statistički značajnu razliku i pozitivnu korelaciju (Karbownik – Lewinska i sur., 2012; Jovanović i sur., 2023).

Vrlo slaba negativna korelacija postoji između energetske unosa i koncentracije 8-OHdG-a (**Tablica 11**). No, istraživanja na glodavcima pokazala su da dugotrajno smanjenje kalorijskog unosa smanjuje oksidativna oštećenja staničnih makromolekula (Gredilla i sur., 2005). Među njima, mtDNA igra važnu ulogu u procesu starenja. Kalorijska restrikcija smanjuje generaciju slobodnih radikala u mitohondrijima i oksidativna oštećenja mtDNA. Ovaj učinak se pripisuje uglavnom smanjenju stvaranja endogenog oštećenja, a ne popravku već nastale štete. Također, istraživanje koje su proveli Boden i sur. (2015) govori o pozitivnoj korelaciji između akutnog povećanog energetske unosa i oksidativnog stresa. Uočeno je da 1 do 2 dana prekomjernog unosa hranjivih tvari kod zdravih muškaraca izaziva sustavni oksidativni stres i otpornost na inzulin. U masnom tkivu izazvan je oksidativni stres koji dovodi do oksidacije i karbonilacije mnogih proteina, uključujući transporter glukoze GLUT4. Uočena karbonilacija

blizu kanala za transport glukoze GLUT4 sugerira da je došlo do disfunkcije GLUT4, što dovodi do otpornosti na inzulin i povezuje prekomjeran energetska unos s otpornošću na inzulin.

Umjerena, statistički značajna, negativna korelacija utvrđena je između unosa zasićenih masnih kiselina i koncentracija 8-OHdG-a (**Tablica 11**). Iako se generalno zasićene masne kiseline smatraju štetnima, Nakamura i sur. (2019) također su uočili negativnu korelaciju između unosa zasićenih masnih kiselina i oksidativnog stresa, posebno kratkolančanih i srednjelančanih masnih kiselina. Zabilježeno je da je visoki unos zasićenih masnih kiselina povezan s manjom vjerojatnošću hipertenzije, a veza je jača kod starijih osoba. Stoga sugeriraju da redovita konzumacija zasićenih masnih kiselina smanjuje rizik od hipertenzije i može biti strategija za prevenciju i liječenje hipertenzije kod starijih osoba. Međutim, ne spominju se drugi faktori koji bi mogli utjecati na rezultat, poput fizičke aktivnosti i cjelokupne kvalitete prehrane.

Kod kolesterola (**Tablica 11**) se također može uočiti umjerena negativna korelacija koja je statistički značajna. Istraživanje koje je provedeno na japanskim radnicima pretpostavlja da je oksidativno oštećenje DNA povećano kod osoba s niskim razinama kolesterola (Kukuchi i sur., 2013). Iako su dostupni podaci o vezi između razine kolesterola u krvi i markera oksidativnog oštećenja DNA ograničeni, sugerira se da osobe s niskim razinama kolesterola imaju smanjeni antioksidativni kapacitet, što dovodi do povećanog oksidativnog oštećenja DNA. S druge strane, Babakr i sur. (2023) ustanovili su da se više razine 8-OHdG-a nalaze u skupinama s povećanim kolesterolom, trigliceridima i povećanim LDL kolesterolom. Ograničenje ovog istraživanja je relativno mali uzorak.

Željezo pokazuje umjerenu pozitivnu korelaciju te je razlika statistička značajna ( $p = 0,006$ ) (**Tablica 11**). U svrhu pojašnjenja veze između oksidativnog stresa i statusa željeza u tijelu, Nakano i sur. (2003) detektirali su urinarni 8-OHdG kao biomarker oksidativnog oštećenja DNA te su izmjerili serumski feritin i ukupnu sposobnost vezanja željeza kod 2507 zdravih osoba u dobi između 22 i 89 godina, 1253 muškarca i 1254 žena. Vrijednosti serumskog feritina nisu se značajno mijenjale s godinama kod muškaraca, ali su postupno rasle kod postmenopausalnih žena bez gubitka željeza zbog krvarenja, iako su vrijednosti muškaraca uvijek bile značajno više od onih kod žena u svim dobnim skupinama. S druge strane, vrijednosti ukupnog kapaciteta

vezanja željeza (eng. Total Iron Binding Capacity, TIBC) ostale su unutar uskih granica kod muškaraca, bez obzira na dob, dok su vrijednosti žena uvijek bile na višoj razini od muškaraca. Zaključno, urinarni 8-OHdG pozitivno je korelirao sa serumskim feritinom i obrnuto s TIBC-om, što sugerira da bi status željezo u tijelu mogao imati utjecaj na 8-OHdG-a *in vivo*. Isto tako, postoje istraživanja koja ukazuju da bi previsok unos željeza mogao uzrokovati oksidativni stres lipidnom peroksidacijom te dovesti do oštećenja jetre (Wang i sur., 2023).

Unos vitamina B6 pokazao je vrlo slabu pozitivnu korelaciju (0,100) s koncentracijom 8-OHdG-a u urinu (**Tablica 11**). Međutim, istraživanja koja su proučavala povezanost unosa vitamina B6 s razinama oksidativnog stresa kod 293 muškarca i 207 žena pronašli su statistički značajnu ( $p = 0,045$ ) negativnu korelaciju kod muških ispitanika koji nisu pušili i konzumirali alkohol ili su ga konzumirali unutar preporučenih količina (Kuwahara i sur., 2013).

Vitamin B12 pokazuje umjerenu negativnu, statistički značajnu ( $p = 0,002$ ), korelaciju s koncentracijama 8-OHdG-a. Sustavni pregled literature koji su proveli van de Lagemaat i sur. (2019) sugeriraju da niži B12 status povećava pro-oksidanse i smanjuje antioksidanse, čak i kod subkliničkog deficita B12 u odnosu na normalan status B12. Međutim, ne može se utvrditi uzročnost zbog nedostatka istraživanja i konsenzusa o biomarkerima. U budućnosti je potrebno uspostaviti standardne procjene za B12 status i oksidativni stres. Također su potrebne studije na zdravim pojedincima kako bi se utvrdila uzročnost.

Kombinirani dodatak vitamina B12, vitamina B9 i omega 3 masnih kiselina smanjio je markere oksidativnog stresa kod štakora (Kemse i sur., 2014).

Vitamin B12 spominje se vrlo često kod vegana jer se ne nalazi u biljkama (Niklewicz i sur., 2023). U **Tablici 13** vidljiva je umjerena negativna korelacija kod veganske populacije, bez statističke značajnosti. Dugoročni nedostatak vitamina B12 može uzrokovati zdravstvene probleme, posebno kod osoba koje se pridržavaju isključivo biljne prehrane bez dodataka. U **Tablici 10** zabilježen je vrlo nizak prosječan unos vitamina B12 kod veganske populacije, dok negativna korelacija može upućivati na manji oksidativni stres povećanjem tog vitamina u prehrani.

Kod laktoovovegetarijanske skupine puno je više jakih pozitivnih korelacija nego kod veganske populacije, a posebno se ističu vitamin E, vitamin A, kalcij, folna kiselina, mononezasićene masne kiseline i unos proteina, od kojih su svi statistički značajni ili na margini statističke značajnosti, poput unosa proteina ( $p = 0,06$ ) (**Tablica 14**).

Omnivorska populacija, poput veganske, pokazuje uglavnom slabu do umjerenu korelaciju za pojedine nutrijente, od kojih su statistički značajni vitamin E, kalcij i vitamin A, dok unos fosfora pokazuje jaku korelaciju, no bez statističke značajnosti (**Tablica 15**).



## **5. ZAKLJUČCI**

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

1. Ispitanice iz omnivorske skupine imale su najviši prosječni energetske unos, s prosjekom od  $1998 \pm 293$  kcal/dan. S druge strane, ispitanice na veganskoj prehrani unosile su najmanje energije, s prosjekom od  $1411 \pm 280$  kcal/dan. Laktoovovegetarijanke su imale prosječan unos od  $1836 \pm 453$  kcal/dan. Jedina razlika između laktoovovegetarijanske skupine i omnivorske nije statistička značajna.
2. Sličan trend primijećen je i kod unosa bjelančevina, gdje su omnivori unosili najviše ( $70,6 \pm 10,8$  g/dan), vegani najmanje ( $40,3 \pm 10,2$  g/dan), a laktoovovegetarijanci su bili između s unosom od  $62,5 \pm 26,0$  g/dan. Ovo može biti rezultat izbora namirnica koje su dostupne i prihvatljive. Dok omnivori imaju širok spektar izvora bjelančevina, uključujući meso i ribu, vegani se oslanjaju isključivo na biljne izvore.
3. Unatoč niskom energetske unosu, skupina vegana unosila je najviše prehrambenih vlakana ( $27,6 \pm 11,1$  g/dan). Razlog je isključivi unos biljaka. Također, navedene skupine namirnica su bogate bioaktivnim spojevima koje poboljšavaju antioksidacijski status organizma. Ipak, unos vlakana pokazao je blagu pozitivnu korelaciju ( $r = 0,323$ ) s koncentracijom 8-OHdG-a te je veganska populacija imala najviše prosječne razine ovog biomarkera ( $334,21 \pm 175,5$  ng/mg kreatinina), unatoč najvišoj razini tjelesno aktivne populacije i najmanjem udjelu pušača.
4. Kod laktoovovegetarijanki prosječna koncentracija 8-OHdG-a iznosi  $235,10 \pm 101,25$  ng/mg kreatinina, a najmanja je kod omnivorki te iznosi  $174,79 \pm 52,56$  ng/mg kreatinina, unatoč najvišem udjelu pušača (50%) te jednakom fizičkom aktivnošću kao laktoovovegetarijanke. Statistički značajna razlika postoji jedino između veganske i omnivorske populacije ( $p = 0,013$ ).
5. Najsnažnija negativna povezanost ( $r = -0,553$ ;  $p = 0,002$ ) s koncentracijom 8-OHdG-a u urinu je dobivena za unos vitamina B12, čiji je unos bio daleko ispod adekvatnog unosa ( $4 \mu\text{g/dan}$ ). Nedostatan unos vitamina B12 uočen je kod 97% ispitanika u ovom diplomskom radu, što bi moglo ukazivati na oksidativni stres uzrokovan nedostatkom vitamina B12.
6. Najsnažnija, statistički značajna, pozitivna korelacija ( $r = 0,496$ ;  $p = 0,006$ ) s koncentracijom 8-OHdG-a u urinu je dobivena za unos željeza.

7. S obzirom na to da su ispitanice na omnivorskoj prehrani imale najniže razine biomarkera oksidativnog stresa te je status omnivorki generalno bio najbliže preporučenim dnevnim dozama ili adekvatnim unosima vitamina, minerala, te ukupnih makronutrijenata, ukupni rezultati upućuju da bi na oksidativni stres mogla utjecati kvaliteta cjelokupne prehrane, a ne izolirani čimbenici poput određenog nutrijenta ili skupine namirnica.





## **6. LITERATURA**

Albert-Garay JS, Riesgo-Escovar JR, Salceda R: High glucose concentrations induce oxidative stress by inhibiting Nrf2 expression in rat Müller retinal cells in vitro. *Scientific Reports* 12(1):1261, 2022.

Åsgård R, Rytter E, Basu S, Abramsson-Zetterberg L, Möller L, Vessby B: High intake of fruit and vegetables is related to low oxidative stress and inflammation in a group of patients with type 2 diabetes. *Scandinavian Journal of Food & Nutrition* 51(4):149–158, 2007.

Babakr A, Mukhtar M, Althubiti M, Al-Amodi H, Almaimani R, Nour Eldin MM, Elzubeir Abdalla M, Nasif W: Investigation of Hyperlipidemia Associated with Increased Levels of Oxidized Low-Density Lipoproteins and 8-Hydroxy-2'-Deoxyguanosine. *Diabetes, metabolic syndrome and obesity: targets and therapy* 16:447–455, 2023.

Bakaloudi DR, Halloran A, Rippin HL, Oikonomidou AC, Dardavesis TI, Williams J, Wickramasinghe K, Breda J, Chourdakis M: Intake and adequacy of the vegan diet. A systematic review of the evidence. *Clinical nutrition* 40(5):3503–3521, 2021.

Birben E, Sahiner UM, Sackesen C, Erzurum S, Kalayci O: Oxidative Stress and Antioxidant Defense. *World Allergy Organization Journal* 5(1):9–19, 2012.

Bjelakovic G, Nikolova D, Gluud C: Meta-regression analyses, meta-analyses, and trial sequential analyses of the effects of supplementation with beta-carotene, vitamin A, and vitamin E singly or in different combinations on all-cause mortality: do we have evidence for lack of harm? *PLoS One* 8(9):e74558, 2013.

Boden G, Homko C, Barrero CA, Stein TP, Chen X, Cheung P, Fecchio C, Koller S, Merali S: Excessive caloric intake acutely causes oxidative stress, GLUT4 carbonylation, and insulin resistance in healthy men. *Science translational medicine* 7(304), 2015.

Borrego S, Vazquez A, Dasí F, Cerdá C, Iradi A, Tormos C, Sánchez JM, Bagán L, Boix J, Zaragoza C, Camps J, Sáez G: Oxidative Stress and DNA Damage in Human Gastric

Carcinoma: 8-Oxo-7<sup>8</sup>-dihydro-2<sup>1</sup>-deoxyguanosine (8-oxo-dG) as a Possible Tumor Marker. *International Journal of Molecular Sciences* 14(2):3467-86, 2013.

Calabrese EJ, Blain R: Metals in Perspective. *Journal of Environmental Monitoring* 6:14N-19N, 2004.

Calder PC: Omega-3 polyunsaturated fatty acids and inflammatory processes: nutrition or pharmacology? *British Journal of Clinical Pharmacology* 75(3):645-662, 2013.

Campins Falcó P, Tortajada Genaro LA, Meseger Lloret S, Blasco Gomez F, Sevillano Cabeza A, Molins Legua C: Creatinine determination in urine samples by batchwise kinetic procedure and flow injection analysis using the Jaffé reaction: Chemometric study. *Talanta* 55(6):1079–1089, 2001.

Carlsen MH, Halvorsen BL, Holte K, Bøhn SK, Dragland S, Sampson L, Willey C, Senoo H, Umezono Y, Sanada C, Barikmo I, Berhe N, Willett WC, Phillips KM, Jacobs DR Jr, Blomhoff R: The total antioxidant content of more than 3100 foods, beverages, spices, herbs and supplements used worldwide. *Nutrition journal* 9:3, 2010.

Cathcart MK: Regulation of superoxide anion production by NADPH oxidase in monocytes/macrophages: contributions to atherosclerosis. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology* 24(1):23-8, 2004.

Clarys P, Deliens T, Huybrechts I, Deriemaeker P, Vanaelst B, De Keyzer W, Hebbelinck M, Mullie P: Comparison of nutritional quality of the vegan, vegetarian, semi-vegetarian, pesco-vegetarian and omnivorous diet. *Nutrients* 6(3):1318–1332, 2014.

Commodore AA, Zhang JJ, Chang Y, Hartinger SM, Lanata CF, Mäusezahl D, Gil AI, Hall DB, Aguilar-Villalobos M, Vena JE, Wang JS, Naeher LP: Concentrations of urinary 8-hydroxy-2<sup>1</sup>-deoxyguanosine and 8-isoprostane in women exposed to woodsmoke in a cookstove intervention study in San Marcos, Peru. *Environment International* 60:112-22, 2013.

Craddock JC, Neale EP, Peoples GE, Probst YC: Vegetarian-based dietary patterns and their relation with inflammatory and immune biomarkers: a systematic review and meta-analysis. *Advances in Nutrition* 10(3):433-451, 2019.

Dalle-Donne I, Aldini G, Carini M, Colombo R, Rossi R, Milzani A: Protein carbonylation, cellular dysfunction, and disease progression. *Journal of cellular and molecular medicine* 10(2):389-406, 2013.

Dalle-Donne I, Rossi R, Colombo R, Giustarini D, Milzani A: Biomarkers of Oxidative Damage in Human Disease. *Clinical Chemistry* 52(4):601–623, 2006.

Dawczynski C, Weidauer T, Richert C, Schlattmann P, Dawczynski K, Kiehntopf M: Nutrient Intake and Nutrition Status in Vegetarians and Vegans in Comparison to Omnivores - the Nutritional Evaluation (NuEva) Study. *Frontiers in nutrition* 9:819106, 2022.

Devaraj S, Wang-Polagruto J, Polagruto J, Keen CL, Jialal I: High-fat, energy-dense, fast-food-style breakfast results in an increase in oxidative stress in metabolic syndrome. *Metabolism: clinical and experimental* 57(6):867–870, 2008.

Dietrich S, Elorinne AL, Bergau N, Abraham K, Grune T, Laakso J, Weber D, Weikert C, Monien BH: Comparison of Five Oxidative Stress Biomarkers in Vegans and Omnivores from Germany and Finland. *Nutrients* 14(14):2918, 2022.

Dinu M, Abbate R, Gensini GF, Casini A, Sofi F: Vegetarian, vegan diets and multiple health outcomes: A systematic review with meta-analysis of observational studies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 57(17):3640-3649, 2017.

EFSA, EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Scientific Opinion on Dietary Reference Values for calcium. *EFSA Journal* 13:e4101, 2015a.

EFSA, EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Scientific Opinion on Dietary Reference Values for carbohydrates and dietary fibre. *EFSA Journal* 8:e1462, 2010a.

EFSA, EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Scientific Opinion on Dietary Reference Values for cobalamin (vitamin B12). *EFSA Journal* 13:e4150, 2015g.

EFSA, EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Scientific Opinion on Dietary Reference Values for copper. *EFSA Journal* 13:e4253, 2015d.

EFSA, EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids and cholesterol. *EFSA Journal* 8:e1461, 2010b.

EFSA, EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Scientific Opinion on Dietary Reference Values for folate. *EFSA Journal* 12:e3893, 2014d.

EFSA, EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Scientific Opinion on Dietary Reference Values for iron. *EFSA Journal* 13:e4254, 2015e.

EFSA, EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Scientific Opinion on Dietary Reference Values for magnesium. *EFSA Journal* 13:e4186, 2015c.

EFSA, EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Scientific Opinion on Dietary Reference Values for niacin. *EFSA Journal* 12:e3759, 2014c.

EFSA, EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Scientific Opinion on Dietary Reference Values for phosphorus. *EFSA Journal* 13:e4185, 2015b.

EFSA, EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Scientific Opinion on Dietary Reference Values for potassium. *EFSA Journal* 14:e4592, 2016a.

EFSA, EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Scientific Opinion on Dietary Reference Values for protein. *EFSA Journal* 10:e2557, 2012.

EFSA, EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Scientific Opinion on Dietary Reference Values for selenium. *EFSA Journal* 12:e3846, 2014c.

EFSA, EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Scientific Opinion on Dietary Reference Values for riboflavin. *EFSA Journal* 15:e4919, 2017a.

EFSA, EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Scientific Opinion on Dietary Reference Values for sodium. *EFSA Journal* 17:e5778, 2019.

EFSA, EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Scientific Opinion on Dietary Reference Values for thiamin. *EFSA Journal* 14:e4653, 2016b.

EFSA, EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Scientific Opinion on Dietary Reference Values for vitamin A. *EFSA Journal* 13:e4028, 2015f.

EFSA, EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Scientific Opinion on Dietary Reference Values for vitamin B6. *EFSA Journal* 14:e4485, 2016c.

EFSA, EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Scientific Opinion on Dietary Reference Values for vitamin C. *EFSA Journal* 11:e3418, 2013.

EFSA, EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Scientific Opinion on Dietary Reference Values for vitamin D. *EFSA Journal* 14:e4547, 2016d.

EFSA, EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Scientific Opinion on Dietary Reference Values for vitamin E as  $\alpha$ -tocopherol. *EFSA Journal* 13:e4149, 2015h.

EFSA, EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Scientific Opinion on Dietary Reference Values for zinc. *EFSA Journal* 12:e3844, 2014d.

Frijhoff J, Winyard PG, Zarkovic N, Davies SS, Stocker R, Cheng D, Knight AR, Taylor EL, Oettrich J, Ruskovska T, Gasparovic AC, Cuadrado A, Weber D, Poulsen HE, Grune T, Schmidt HH, Ghezzi P: Clinical relevance of biomarkers of oxidative stress. *Antioxidants & Redox Signaling* 23(14):1144-1170, 2015.

Fujiwara Y, Sakamoto Y, Mitarai M: Clinical significance of 8-OHdG as a biomarker. *Clinical Chemistry* 54(4):609–616, 2008.

Graille M, Wild P, Sauvain J-J, Hemmendinger M, Guseva Canu I, Hopf NB: Urinary 8-OHdG as a Biomarker for Oxidative Stress: A Systematic Literature Review and Meta-Analysis. *International Journal of Molecular Sciences* 21(11):3743, 2020.

Gredilla R, Barja G: The Role of Oxidative Stress in Relation to Caloric Restriction and Longevity. *Endocrinology* 146(9):3713–3717, 2005.

Gunjima K, Tomiyama R, Takakura K, Yamada T, Hashida K, Nakamura Y, Konishi T, Matsugo S, Hori O: 3,4-dihydroxybenzalacetone protects against Parkinson's disease-related neurotoxin 6-OHDA through Akt/Nrf2/glutathione pathway. *Journal of Cellular Biochemistry* 115(1):151-60, 2014.

Hasanuzzaman M, Bhuyan MHMB, Zulfiqar F, Raza A, Mohsin SM, Mahmud JA, Fujita M, Fotopoulos V: Reactive Oxygen Species and Antioxidant Defense in Plants under Abiotic Stress: Revisiting the Crucial Role of a Universal Defense Regulator. *Antioxidants* 9(8):681, 2020.

Hayes DP: Nutritional hormesis. *European Journal of Clinical Nutrition* 61:147–159, 2007.

He X, Ma Q: Disruption of Nrf2 Synergizes with High Glucose to Cause Heightened Myocardial Oxidative Stress and Severe Cardiomyopathy in Diabetic Mice. *Journal of diabetes & metabolism* 7:2, 2012.

Holscher HD: Dietary fiber and prebiotics and the gastrointestinal microbiota. *Gut Microbes* 8(2):172-184, 2017.

Jacob RA, Sotoudeh G, Harris GK: The role of fruit and vegetable consumption in human health and disease prevention. *Journal of the American Dietetic Association* 102(7):993-1000, 2002.

Jakubczyk K, Drużga A, Katarzyna J, Skonieczna-Żydecka K: Antioxidant Potential of Curcumin-A Meta-Analysis of Randomized Clinical Trials. *Antioxidants (Basel, Switzerland)* 9(11):1092, 2020.

Jedut P, Glibowski P, Skrzypek M: Comparison of the Health Status of Vegetarians and Omnivores Based on Biochemical Blood Tests, Body Composition Analysis and Quality of Nutrition. *Nutrients* 15(13):3038, 2023.

Jones D, Smith L, Larkins P: Processed foods and implications for oxidative stress in humans. *Food Science & Nutrition* 7(1):34-42, 2016.

Jovanović M, Kovačević S, Brkljačić J, Djordjevic A: Oxidative Stress Linking Obesity and Cancer: Is Obesity a 'Radical Trigger' to Cancer?. *International journal of molecular sciences* 24(9):8452, 2023.



Jung E, Kong SY, Ro YS, Ryu HH, Shin SD: Serum Cholesterol Levels and Risk of Cardiovascular Death: A Systematic Review and a Dose-Response Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies. *International journal of environmental research and public health* 19(14):8272, 2022.

Karbownik-Lewinska M, Szosland J, Kokoszko-Bilska A, Stępniaak J, Zasada K, Gesing A, Lewinski A: Direct contribution of obesity to oxidative damage to macromolecules. *Neuro endocrinology letters* 33(4):453–461, 2012.

Kaźmierczak-Barańska J, Boguszewska K, Adamus-Grabicka A, Karwowski BT: Two Faces of Vitamin C-Antioxidative and Pro-Oxidative Agent. *Nutrients* 12(5):1501, 2020.

Kikuchi H, Nanri A, Hori A, Sato M, Kawai K, Kasai H, Mizoue T.: Lower serum levels of total cholesterol are associated with higher urinary levels of 8-hydroxydeoxyguanosine. *Nutrition & Metabolism* 10:59, 2013.

Klaunig JE, Kamendulis LM, Hocevar BA: Oxidative stress and oxidative damage in carcinogenesis. *Toxicologic pathology* 38(1):96-109, 2010.

Krishnaiah D, Sarbatly R, Nithyanandam R: A review of the antioxidant potential of medicinal plant species. *Food and Bioproducts Processing* 89(3):217-233, 2011.

Kuwahara K, Nanri A, Pham NM, Kurotani K, Kume A, Sato M, Kawai K, Kasai H, Mizoue T: Serum vitamin B6, folate, and homocysteine concentrations and oxidative DNA damage in Japanese men and women. *Nutrition* 29(10):1219–1223, 2013.

Le Gal K, Schmidt EE, Sayin VI: Cellular Redox Homeostasis. *Antioxidants* 10(9):1377, 2021.

Le LT, Sabaté J, Singh PN, Jaceldo-Siegl K: The design, development and evaluation of the vegetarian lifestyle index on dietary patterns among vegetarians and non-vegetarians. *Nutrients* 2018;10(5), 2018.

Lieber CS: Microsomal ethanol-oxidizing system (MEOS): the first 30 years (1968–1998)—a review. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research* 23(6):991-1007, 1999.

Marion-Letellier R, Savoye G, Ghosh S: Polyunsaturated fatty acids and inflammation. *IUBMB life* 67(9):659–667, 2015.

Mariotti F, Gardner CD: Dietary Protein and Amino Acids in Vegetarian Diets-A Review. *Nutrients* 11(11):2661, 2019.

Martinez S, Garcia M, Rodriguez I: Environmental toxins in omnivorous diets: Implications for human health. *Environmental Health Perspectives* 125(2):185-192, 2017.

Martini D, Del Bo' C, Tassotti M, Riso P, Del Rio, D, Brighenti F, Porrini M: Coffee Consumption and Oxidative Stress: A Review of Human Intervention Studies. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 21(8), 979, 2016.

McEldrew EP, Lopez MJ, Milstein H: Vitamin A. U: *StatPearls*. StatPearls Publishing, 2023.

Medawar E, Huhn S, Villringer A, Witte AV: The effects of plant-based diets on the body and the brain: a systematic review. *Translational Psychiatry* 9(1):1-17, 2019.

Melina V, Craig W, Levin S: Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: vegetarian diets. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics* 116(12):1970-1980, 2016.

Menon VP, Sudheer AR: Antioxidant and anti-inflammatory properties of curcumin. *Advances in Experimental Medicine and Biology* 595:105-125, 2007.

Menzel J, Longree A, Abraham K, Schulze MB, Weikert C: Dietary and Plasma Phospholipid Profiles in Vegans and Omnivores-Results from the RBVD Study. *Nutrients* 14(14):2900, 2022.

Mocchegiani E, Malavolta M: Role of Zinc and Selenium in Oxidative Stress and Immunosenescence: Implications for Healthy Aging and Longevity. *Handbook of Immunosenescence: Basic Understanding and Clinical Implications*, 2539–2573, 2019.

Montuschi P, Barnes PJ, Roberts LJ, 2nd: Isoprostanes: markers and mediators of oxidative stress. *FASEB journal: official publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology* 18(15):1791–1800, 2004.

Mozaffarian D, Clarke R: Quantitative effects on cardiovascular risk factors and coronary heart disease risk of replacing partially hydrogenated vegetable oils with other fats and oils. *European Journal of Clinical Nutrition* 63:S22–S33, 2009.

Nakamura H, Tsujiguchi H, Kambayashi Y, Hara A, Miyagi S, Yamada Y, Nguyen TTT, Shimizu Y, Hori D, Nakamura H: Relationship between saturated fatty acid intake and hypertension and oxidative stress. *Nutrition* 61:8–15, 2019.

Nakano M, Kawanishi Y, Kamohara S, Uchida Y, Shiota M, Inatomi Y, Komori T, Miyazawa K, Gondo K, Yamasawa I: Oxidative DNA damage (8-hydroxydeoxyguanosine) and body iron status: a study on 2507 healthy people. *Free radical biology & medicine* 35(7):826–832, 2003.

Nebi J, Schuchardt JP, Wasserfurth P, Haufe S, Eigendorf J, Tegtbur U, Hahn A: Characterization, dietary habits and nutritional intake of omnivorous, lacto-ovo vegetarian and vegan runners – a pilot study. *BMC Nutrition* 5:51, 2019.

Neufingerl N, Eilander A: Nutrient Intake and Status in Adults Consuming Plant-Based Diets Compared to Meat-Eaters: A Systematic Review. *Nutrients* 14(1):29, 2021.

Nielsen F, Mikkelsen BB, Nielsen JB, Andersen HR, Grandjean P: Plasma malondialdehyde as biomarker for oxidative stress: reference interval and effects of life-style factors. *Clinical Chemistry* 43(7):1209-14, 1997.

Niklewicz A, Smith AD, Smith A, Holzer A, Klein A, McCaddon A, Molloy AM, Wolffenbuttel BHR, Nexo E, McNulty H, Refsum H, Gueant JL, Dib MJ, Ward M, Murphy M, Green R, Ahmadi KR, Hannibal L, Warren MJ, Owen PJ: The importance of vitamin B12 for individuals choosing plant-based diets. *European journal of nutrition* 62(3):1551–1559, 2023.

NFSA, Norwegian Food Safety Authority: *Norwegian Food Composition Database 2022*. NFSA, 2022. <https://www.matvaretabellen.no/?language=en> [20.08.2023.]

Ock CY, Kim EH, Choi DJ, Lee HJ, Hahm KB, Chung MH: 8-Hydroxydeoxyguanosine: not mere biomarker for oxidative stress, but remedy for oxidative stress-implicated gastrointestinal diseases. *World Journal of Gastroenterology* 18(4):302-8, 2012.

Orlich MJ, Singh PN, Sabaté J, Jaceldo-Siegl K, Fan J: Vegetarian dietary patterns and mortality in Adventist Health Study 2. *JAMA Internal Medicine* 173(13):1230-1238, 2013.

Oteng AB, Kersten S: Mechanisms of Action of trans Fatty Acids. *Advances in nutrition* 11(3):697–708, 2020.

Pamplona R, Barja G: Mitochondrial oxidative stress, aging and caloric restriction: the protein and methionine connection. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics* 1757(5-6):496–508, 2006.

Pandey KB, Rizvi SI: Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative medicine and cellular longevity* 2(5):270-278, 2009.

Parčetić-Kostelac I, Bešlo D, Šperanda M, Jović T, Đidara M, Kopačin T, Jozinović A: Oksidacijski stres u uvjetima intenzivnog fizičkog napora u ljudi i životinja. *Stočarstvo* 70(2):71-92, 2016.

Peake JM, Markworth JF, Nosaka K, Raastad T, Wadley GD, Coffey VG: Modulating exercise-induced hormesis: Does less equal more?. *Journal of applied physiology* 119(3):172–189, 2015.

Peluso M, Munnia A, Bollati V, Srivatanakul P: Smoking and exposure to 8-OHdG. *Mutation Research* 450(1-2):53–62, 2000.

Petlevski R, Juretić D, Hadžija M, Slijepčević M, Lukač-Bajalo J: Koncentracija malondialdehida u NOD miševa tretiranih akarbozom. *Biochemia Medica* 16(1):43-49, 2006.

Petry N, Egli I, Zeder C, Walczyk T, Hurrell R: Polyphenols and phytic acid contribute to the low iron bioavailability from common beans in young women. *Journal of Nutrition* 140(11):1977-82, 2010.

Pizzino G, Irrera N, Cucinotta M, Pallio G, Mannino F, Arcoraci V, Squadrito F, Altavilla D, Bitto A: Oxidative Stress: Harms and Benefits for Human Health. *Oxid Medicine and Cellular Longevity* 2017:8416763, 2017.

Poljsak B, Milisav I, Lampe T: The influence of antioxidants on 8-OHdG levels. *Free Radical Research* 45(1):59–66, 2011.

Poulsen MW, Hedegaard RV, Andersen JM, de Courten B, Bügel S, Nielsen J, Skibsted LH, Dragsted LO: Advanced glycation endproducts in food and their effects on health. *Food and Chemical Toxicology* 60:10-37, 2013.

Radak Z, Chung H, Goto S: Systemic adaptation to oxidative challenge induced by regular exercise. *Free Radical Biology & Medicine* 44(2):153–159, 2008.

Rezaie A, Parker RD, Abdollahi M: Oxidative stress and pathogenesis of inflammatory bowel disease: an epiphenomenon or the cause? *Digestive Diseases and Sciences* 52(9):2015-21, 2007.

Rimm EB, Klatsky AL, Grobbee D, Stampfer MJ: Review of moderate alcohol consumption and reduced risk of coronary heart disease: is the effect due to beer, wine, or spirits? *British Medical Journal* 312:731–736, 1996.

Sacks FM, Lichtenstein AH, Wu JHY, Appel LJ, Creager MA, Kris-Etherton PM, Miller M, Rimm EB, Rudel LL, Robinson JG, Stone NJ, Van Horn LV; American Heart Association: Dietary Fats and Cardiovascular Disease: A Presidential Advisory From the American Heart Association. *Circulation* 136(3):e1-e23, 2017.

Sakano N, Wang DH, Takahashi N, Wang B, Sauriasari R, Kanbara S, Sato Y, Takigawa T, Takaki J, Ogino K: Oxidative stress biomarkers and lifestyles in Japanese healthy people. *Journal of clinical biochemistry and nutrition* 44(2):185–195, 2009.

Scalbert A, Johnson IT, Saltmarsh M: Polyphenols: antioxidants and beyond. *The American Journal of Clinical Nutrition* 81(1):215S-217S, 2005.

Scammahorn JJ, Nguyen ITN, Bos EM, Van Goor H, Joles JA: Fighting Oxidative Stress with Sulfur: Hydrogen Sulfide in the Renal and Cardiovascular Systems. *Antioxidants* 10(3):373, 2021.

Schoeneck M, Iggman D: The effects of foods on LDL cholesterol levels: A systematic review of the accumulated evidence from systematic reviews and meta-analyses of randomized controlled trials. *Nutrition, metabolism, and cardiovascular diseases: NMCD* 31(5):1325–1338, 2021.

Senta A, Pucarín-Cvetković J, Doko Jelinić J: *Kvantitativni modeli namirnica i obroka*. Medicinska naklada, Zagreb, 2004.

Sharifi-Rad M, Anil Kumar NV, Zucca P, Varoni EM, Dini L, Panzarini E, Rajkovic J, Tsouh Fokou PV, Azzini E, Peluso I, Prakash Mishra A, Nigam M, El Rayess Y, Beyrouthy ME, Polito L, Iriti M, Martins N, Martorell M, Docea AO, Setzer WN, Calina D, Cho WC, Sharifi-Rad J: Lifestyle, Oxidative Stress, and Antioxidants: Back and Forth in the Pathophysiology of Chronic Diseases. *Frontier in Physiology* 11:694, 2020.

Sies H, Stahl W, Sevanian A: Nutritional, dietary and postprandial oxidative stress. *Journal of Nutrition* 135(5):969-972, 2005.

Smith A, Jones B, Roberts C: Omnivore's dilemma: The evolutionary and cultural role of varied diets in human health. *Journal of Nutritional Science* 32(4):123-129, 2019.

Stress Marq Biosciences INC: DNA Damage (8-OHdG) ELISA Kit. *StressMarq Biosciences Inc.*, Victoria, BC Kanada, 2015.

Tappy L, Lê KA: Metabolic effects of fructose and the worldwide increase in obesity. *Physiological reviews* 90(1):23-46, 2010.

Thompson HJ, Heimendinger J, Haegele A, Sedlacek SM, Gillette C, O'Neill C, Wolfe P, Conry C: Effect of increased vegetable and fruit consumption on markers of oxidative cellular damage. *Carcinogenesis* 20(12):2261-6, 1999.

Turner-McGrievy GM, Mandes T, Crimarco A: A plant-based diet for overweight and obesity prevention and treatment. *Journal of Geriatric Cardiology: JGC* 14(5):369, 2017.

Valavanidis A, Vlachogianni T, Fiotakis C: 8-hydroxy-2' -deoxyguanosine (8-OHdG): A critical biomarker of oxidative stress and carcinogenesis. *Journal of environmental science and health. Part C, Environmental carcinogenesis & ecotoxicology reviews* 27(2):120–139, 2009.

Valko M, Leibfritz D, Moncol J, Cronin MT, Mazur M, Telser J: Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology* 39(1):44-84, 2007.

van de Lagemaat EE, de Groot LCPGM, van den Heuvel EGHM: Vitamin B12 in Relation to Oxidative Stress: A Systematic Review. *Nutrients* 11(2):482, 2019.

Wang F, Zheng J, Yang B, Jiang J, Fu Y, Li D: Effects of vegetarian diets on blood lipids: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of the American Heart Association* 4(10):e002408, 2014.

Wang X, Wang B, Cheng M, Yu L, Liu W, Nie X, Wang M, Zhou M, Chen W: Lipid peroxidation mediates the association between iron overload and liver injury: cross-sectional and longitudinal analyses in general Chinese urban adults. *Environmental science and pollution research international* 30(21):60343–60353, 2023.

Wang YJ, Yeh TL, Shih MC, Tu YK, Chien KL: Dietary Sodium Intake and Risk of Cardiovascular Disease: A Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis. *Nutrients* 12(10):2934, 2020.

Wu D, Cederbaum AI: Alcohol, oxidative stress, and free radical damage. *Alcohol research & health: the journal of the National Institute on Alcohol Abuse and Alcoholism* 27(4):277–284, 2003.

Yin H, Xu L, Porter NA: Free radical lipid peroxidation: mechanisms and analysis. *Chemical reviews* 111(10):5944-5972, 2011.

Zhang C, Nestorova G, Rissman RA, Feng J: Detection and quantification of 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine in Alzheimer's transgenic mouse urine using capillary electrophoresis. *Electrophoresis* 34(15):2268–2274, 2013.

Zhao Z, Li S, Liu G, Yan F, Ma X, Huang Z, Tian H: Body iron stores and heme-iron intake in relation to risk of type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One* 6(7):e41641, 2011.

Zhou Z, Chen C, Teo EC, Zhang Y, Huang J, Xu Y, Gu Y: Intracellular Oxidative Stress Induced by Physical Exercise in Adults: Systematic Review and Meta-Analysis. *Antioxidants* 11(9):1751, 2022.





## **7. PRILOZI**

**Prilog 1** Upute za ispitanike

Poštovana,

Vaša šifra u istraživanju pod nazivom ***Utjecaj različitih tipova prehrane temeljene na biljkama na prehrambeni status*** je **PNx01-f**. U nastavku su dane detaljne upute za provedbu istraživanja u kojem sudjelujete. Molimo da ih pažljivo pročitate i oko svih nedoumica kontaktirate Vašeg koordinatora čiji kontakt podaci su navedeni dolje. Zahvaljujemo na vremenu i trudu kojeg ćete uložiti.

VAŠ KOORDINATOR

Biljana Crevar: facebook Biljana Crevar

**Dnevnik prehrane**

Molimo Vas da tijekom tri dana (dva radna dana i jedan dan vikenda, sve unutar tjedan dana) bilježite količinu i vrstu sve hrane i pića koje ste konzumirali. Dovoljno je navesti vrstu namirnica ili jela i opisati količinu korištenjem standardnih veličina porcije (npr. 1 tanjur krem juhe, 2 kriške rukom rezanog dimljenog sejtana, 1 šalica kave (2,5 dcl), 2 pečena sojina medaljona, 3 mandarine veličine šake, 1 zdjelica zelene salate, ½ zdjelice svježe ribanog kupusa s ½ rajčice, 1 zdjelica (ili ½ tanjura) krumpir pirea, 1 tanjur variva od slanutka, cvjetača i brokula kuhana na lešo: 2 pune velike žlice za salatu ili 2 cvijeta cvjetače i 2 cvijeta brokule (kao 2 srednje grabilice za juhu), itd.). Cijenit ćemo popis sastojaka tj. recepte neuobičajenih jela ili načina pripreme, kao i unos vrste masnoće koja je korištena u pripremi. Primjer popunjavanja možete vidjeti u nastavku, pri čemu se u procjeni veličine porcije možete poslužiti fotografijama porcija različitih namirnica i jela dostupnih na ovoj poveznici.

Obrok	Namirnica/jelo i količina
Doručak	Jabuka, velika, 1 cijela
	Jogurt sa šumskim voćem, 1 bočica (300 g)
	Kava instant sa sojinim napitkom, pola/pola, 3 dcl
	Lješnjaci, proprženi, 1 šaka, 10-15 kom.
Međuobrok	Mandarina, srednje veličine, 4 komada
	Tamna čokolada, (pola čokolade od 80 g), 40 g
Ručak	Juha od buče (hokaido bundeva 2/3, 1/3 krumpir) 1 L vode, 200 ml bademovog napitka, crveni luk dinstan na bučinom ulju 2 tanjura ili 4 srednje grabilice
	Salata od matovilca s maslinovim uljem i aceto balsamico, 200 g
	Biljni burger (Next Level), pečeno na gril tavi s malo suncokretovog ulja
	Krumpir, pržen na suncokretovom ulju (pomfri), 2 šake ili 1 mali tanjur
	Brokula, kuhana na lešo, 1 velika žlica za salatu
Međuobrok	Kava sa sojinim napitkom (kao i ujutro), 3 dcl
	Ananas, svježi, 2 velike kriške debljine palca
Večera	Jogurt, 150 g
	Tofu salama s paprikom (Annapurna), 4 kriške
	Veganski sir (Green Vie, tip Gouda), 1 kriška rukom rezana
	Svježi krastavac salatar (veliki), samo posoljeno, 1 cijeli
Kasni obrok	Kikiriki, prženi, 2 šake

Vaši obrasci su dostupni online:

[PNx01-f\\_Radni dan 1](#)

[PNx01-f\\_Radni dan 2](#)

[PNx01-f\\_Dan vikenda](#)

Obrasci omogućuju unos podataka odmah po obroku. Uzmite u obzir da podjela obrasca na obroke služi jedino za lakše vođenje dnevnika prehrane (zanimaju nas ukupni dnevni unos) i ne znači da Vaša prehrana mora uključivati sve navedene obroke.

Nakon što kliknete na gumb **Podnesi (Submit)** otvorit će se prozor s tri opcije, pri čemu **Uredite svoj odgovor** omogućuje ispravke upravo unesene podatke. Nakon što izađete iz obrasca, kasnijim ponovnim otvaranjem linka se otvara prazan obrazac, iako su prethodni unosi sačuvani. Možete provjeriti sve prethodno uneseno uz opciju **Pogledaj prethodne odgovore**. Naknadne ispravke prethodnih obroka (npr. ispravke Doručka prilikom unosa Večere, i sl.) nisu omogućene, ali sve eventualne ispravke možete dopisati u odjeljku Ispravke obrasca (npr. *Nisam pojeo dvije nego jednu jabuku za doručak, Zelena salata je pripremljena uz maslinovo ulje, i sl.*).

Prikupljanje uzorka prvog jutarnjeg urina

Uzorak prvog jutarnjeg urina prikupite jedan dan od evidentiranja posljednjeg dnevnika prehrane (npr. ako je posljednji dan nedjelja, uzorak se prikuplja u ponedjeljak ujutro) u označenu posudicu koja će Vam biti dostavljena. Prikupljate srednji mlaz prvog urina do vrha posudice. Posudicu potom odložite u zamrzivač te dogovorite preuzimanje s koordinatorom.



## Prilog 2 Izgled obrasca za dnevnik prehrane (Google Forms)



## PNx01-f\_Radni dan 1

Za dodatne retke pritisnite tipku Enter

Doručak

Long answer text

Međuobrok

Long answer text

Ručak

Long answer text

Međuobrok

Long answer text

Večera

Long answer text

Kasni obrok

Long answer text

Ispravke

Long answer text

---

**Prilog 3** Primjer jelovnika**PNz114-f****Radni dan 1****Doručak**1 response

Kruh pšenični bijeli (NTL), 1 šnita, Mliječni namaz Classic (K Plus), ( pola namaza od 70 g), 35 g, 2 dcl Nescafe kava (2 čajne žlice Jacobs Cronat Gold, 1/4 Mlijeko 2,8 % m.m)

**Međuobrok**0 responses

No responses yet for this question.

**Ručak**1 response

Meksička pita (Mlinar), 150 g, b Aktiv LGG Jogurt 1,5% m.m. (Dukat), 330 g, Choco Sticks (Milka), jedan štapić od 5,3 g

**Međuobrok**1 response

Banana, srednje veličine, 1 komad, Čokolada Dorina (Kraš), (jedan red od čokolade od 290 g)

**Večera**1 response

Smrznuto povrće Mediteranska mješavina (Ledo) (pola pakiranja od 400 g), 100 g bijelog mesa piletine pečene na dvije jušne žlice maslinovog ulja, Kruh pšenični bijeli (NTL), 2 šnite, Svježi sir abc (Belje), 3 jušne žlice

**Kasni obrok**0 responses

No responses yet for this question.



## Prilog 4 Opći upitnik

<b>Prezime i ime</b>			
<b>Dob</b>			
<b>Visina</b>			
<b>Težina</b>			
<b>Mjesto stanovanja</b>			
<b>Tip prehrane</b> <i>Navedite trajanje navike u godinama i eventualno tip prehrane koji nije naveden</i>	Svejed	Vegetarijanac	Vegan
<b>Suplementi</b> <i>Navedite prehrambene dodatke koje ste koristili u zadnjih šest mjeseci</i> <i>Redovita primjena podrazumijeva unos bar jednom tjedno</i>	Redovito:		
	Sporadično:		
<b>Pušenje</b> <i>Trenutni pušači navode trajanje navike u godinama</i> <i>Navedite ukoliko ste redovito pušili u zadnjih šest mjeseci</i>	Da	Ne	
<b>Fizička aktivnost</b> <i>Procijenite svoju razinu fizičke aktivnosti ukoliko se srednjom i poželjnom razinom smatra 150 minuta aktivnosti umjerenog intenziteta tjedno (vožnja biciklom, šetnja psa, rad u vrtu, plivanje itd.)</i>	Niska razina	Srednja razina	Visoka razina
<b>Dosegnuti stupanj obrazovanja</b>			
<b>Primanja po članu kućanstva</b>	< 4000 kn	4000 – 6000 kn	> 6000 kn
<b>Dodatne napomene</b> <i>Navedite eventualno korištenje lijekova</i>			