

# Primjena blisko-infracrvene spektroskopije u kvalitativnoj analizi hedonističke i utilitarističke hrane

---

**Baterl, Paula**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:395915>

*Rights / Prava:* [Attribution-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-13**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET

# DIPLOMSKI RAD

Zagreb, svibanj 2024.

Paula Baterl

**PRIMJENA BLISKO-INFRACRVE NE  
SPEKTROSKOPIJE U KVALITATIVNOJ  
ANALIZI HEDONISTIČKE I  
UTILITARISTIČKE HRANE**

Rad je izrađen u Laboratoriju za mjerenje, regulaciju i automatizaciju na Zavodu za procesno inženjerstvo Sveučilišta u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta pod mentorstvom prof. dr. sc. Jasenka Gajdoš Kljusurić.



## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Diplomski rad

Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet  
Zavod za procesno inženjerstvo  
Laboratorij za mjerenje, regulaciju i automatizaciju

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti  
Znanstveno polje: Nutricionizam

Diplomski sveučilišni studij: Nutricionizam

### PRIMJENA BLISKO-INFRACRVENE SPEKTROSKOPIJE U KVALITATIVNOJ ANALIZI HEDONISTIČKE I UTILITARISTIČKE HRANE

Paula Baterl, univ. bacc. nutr.  
0058211398

**Sažetak:** Prilikom odabira hrane, potrošači se mogu voditi hedonističkim i utilitarističkim motivima. Hedonistički pristup podrazumijeva konzumiranje hrane ponajprije radi užitka, a u većoj mjeri zanemaruje energetske status pojedinca, dok se utilitaristički pristup bazira na zadovoljavanju nutritivnih i energetskih potreba. Cilj ovog rada bio je analizirati i usporediti energetske-nutritivni sastav odabrane hrane iz utilitarističke i hedonističke kategorije te primijeniti blisko-infracrvenu (NIR) spektroskopiju u praćenju kvalitete hrane iz spomenutih kategorija. Kvalitativna analiza obuhvatila je ukupno 38 uzoraka hrane i pića, a u tu svrhu korištena su dva uređaja, laboratorijski i prijenosni NIR uređaj. Uz energiju i kemijski sastav, za kvalitativnu analizu korišteni su i sljedeći parametri: nutritivna (Nutri score) i ekološka klasifikacija (Eco score) te stupanj procesiranja (NOVA) koji su pridruženi snimljenim NIR spektrima. Primijenjeni su alati multivarijatne analize kako bi se ispitao kvalitativni i kvantitativni potencijal oba uređaja. Utvrđene su sličnosti i razlike između uzoraka te su razvijeni modeli koji su pokazali izvrstan kvantitativni potencijal ( $R^2 > 0,9$ ) za laboratorijski NIR uređaj.

**Ključne riječi:** *hedonistička i utilitaristička hrana, Nutri score, Eco score, NIR spektroskopija, kemometrija*

**Rad sadrži:** 48 stranica, 27 slika, 4 tablice, 65 literaturnih navoda, 6 priloga

**Jezik izvornika:** hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Sveučilišta u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološkoga fakulteta, Kačićeva 23, Zagreb.

**Mentor:** prof. dr. sc. Jasenka Gajdoš Kljusurić

**Stručno povjerenstvo za ocjenu i obranu:**

1. izv. prof. dr. sc. Ana Jurinjak Tušek (predsjednik)
2. prof. dr. sc. Jasenka Gajdoš Kljusurić (mentor)
3. izv. prof. dr. sc. Marija Badanjak Sobolović (član)
4. izv. prof. dr. sc. Irena Keser (zamjenski član)

**Datum obrane:** 5. lipnja 2024.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Graduate Thesis

University of Zagreb  
Faculty of Food Technology and Biotechnology  
Department of Process Engineering  
Laboratory for Measurement, Control and Automatisation

**Scientific area:** Biotechnical Sciences

**Scientific field:** Nutrition

**Graduate university study programme:** Nutrition

### APPLICATION OF NEAR-IR SPECTROSCOPY IN THE QUALITATIVE ANALYSIS OF HEDONISTIC AND UTILITARISTIC FOODS

Paula Baterl, univ. bacc. nutr.  
0058211398

**Abstract:** When choosing food, consumers may be guided by hedonistic and utilitarian motives. The hedonistic approach implies consuming food primarily for pleasure, and largely ignores the individual's energy status, while the utilitarian approach is based on satisfying nutritional and energy needs. The aim of this study was to analyze and compare the energy-nutritional composition of selected food from the utilitarian and hedonic categories and to apply near-infrared (NIR) spectroscopy in monitoring the quality of food from the aforementioned categories. The qualitative analysis included a total of 38 food and beverage samples, and for this purpose two devices were used, a laboratory and a portable NIR device. In addition to energy and chemical composition, the following parameters were used for qualitative analysis: nutritional (Nutri score), ecological classification (Eco score) and level of processing (NOVA), which were then associated with recorded NIR spectra. The tools of multivariate analysis were applied in order to examine the qualitative and quantitative potential of both devices. Similarities and differences between the samples were determined, and models were developed that showed excellent quantitative potential ( $R^2 > 0.9$ ) for a laboratory NIR device.

**Keywords:** *hedonic and utilitarian food, Nutri score, Eco score, NIR spectroscopy, chemometrics*

**Thesis contains:** 48 pages, 27 figures, 4 tables, 65 references, 6 supplements

**Original in:** Croatian

Graduate Thesis in printed and electronic (pdf format) form is deposited in the Library of the University of Zagreb Faculty of Food Technology and Biotechnology, Kačićeva 23, Zagreb.

**Mentor:** Jasenka Gajdoš Kljusurić, PhD, Full professor

#### Reviewers:

1. Ana Jurinjak Tušek, PhD, Associate professor (president)
2. Jasenka Gajdoš Kljusurić, PhD, Full professor (mentor)
3. Marija Badanjak Sobolović, PhD, Associate professor (member)
4. Irena Keser, PhD, Associate professor (substitute)

**Thesis defended:** June 5<sup>th</sup>, 2024

## Sadržaj

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. TEORIJSKI DIO</b> .....	2
2.1. HEDONISTIČKA I UTILITARISTIČKA PREHRANA.....	2
2.2. SASTAV HRANE.....	6
2.2.1. Sastav hrane i spektroskopija .....	6
2.2.1.1. NIR spektrometar.....	8
2.2.1.2. IR spektar .....	8
2.2.1.3. Kemometrija za multivarijantnu kalibraciju i analizu podataka .....	9
2.2.2. Primjena NIR spektroskopije u prehrambenoj industriji .....	10
2.2.2.1. Primjena NIR spektroskopije u on-line analizi hrane .....	11
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO</b> .....	12
3.1. MATERIJALI.....	12
3.2. METODE.....	13
3.2.1. Energetsko-nutritivni sastav hrane i pića te klasifikacija prema sustavu boja, ekološkom otisku i stupnju procesiranja.....	13
3.2.2. Bliska-infracrvena spektroskopija.....	14
3.2.2.1. Laboratorijski NIR instrument.....	14
3.2.2.2. Prijenosni NIR instrument .....	15
3.2.3. Obrada podataka .....	16
3.2.3.1. Parcijalna regresija metodom najmanjih kvadrata .....	16
<b>4. REZULTATI I RASPRAVA</b> .....	18
4.1. ENERGETSKO-NUTRITIVNI SASTAV HRANE I PIĆA IZ UTILITARISTIČKE I HEDONISTIČKE SKUPINE.....	19
4.2. RASPODJELA HRANE I PIĆA UTILITARISTIČKE I HEDONISTIČKE SKUPINE PREMA SUSTAVU BOJA ZA KLASIFIKACIJU HRANE I PIĆA, EKOLOŠKOM OTISKU TE STUPNJU PROCESIRANJA .....	22
4.3. REZULTATI BLISKO-INFRACRVENE SPEKTROSKOPIJE.....	26
4.4. REZULTATI MULTIVARIJATNE ANALIZE .....	32
4.4.1. Analiza glavnih komponenata .....	32
4.4.2. Kvantitativna analiza .....	35
<b>5. ZAKLJUČCI</b> .....	42
<b>6. LITERATURA</b> .....	43
<b>7. PRILOZI</b>	



## 1. UVOD

Povećana svijest potrošača o utjecaju prehrane na ljudsko zdravlje i rastuća stopa pretilosti potaknula je potrošače na odabir nutritivno bogate hrane, ali i prehrambenu industriju na preformulaciju prehrambenih proizvoda s povećanom nutritivnom vrijednosti. Unatoč tome, stavovi potrošača ne podudaraju se uvijek s njihovim stvarnim ponašanjem. Ponašanje potrošača može se definirati kao proces koji obuhvaća traženje, odabir, kupnju i korištenje proizvoda i usluga kako bi zadovoljili svoje potrebe i želje (Stankevich, 2017).

U procesu donošenja odluka potrošači se mogu voditi hedonističkim i utilitarističkim ciljevima. Emocije imaju značajan utjecaj na proces donošenja odluka, što je povezano s hedonističkom konzumacijom hrane koja se često temelji na emocionalnom zadovoljstvu. Hedonistička prehrana odnosi se na konzumiranje hrane koja pruža užitak, često uz nedostatak fizičke gladi. Također, kada se istaknu hedonistički ciljevi potrošači su skloniji izabrati ukusnije, a nutritivno siromašnije opcije. Suprotno tome, kada se postave utilitaristički ciljevi, potrošači su potaknuti da razmatraju funkcionalne karakteristike proizvoda (Ramanathan i Menon, 2006). Ključni aspekti utilitarističkih prehrambenih proizvoda su zadovoljenje nutritivnih i energetskih potreba te poboljšanje izvedbe, stoga se pretpostavlja da će se hedonistička i utilitaristička prehrana razlikovati prema kemijskom sastavu, odnosno sadržaju nutrijenata i energije.

Osnovni cilj ovog rada bio je analizirati i usporediti energetsko-nutritivni sastav hrane iz utilitarističke i hedonističke kategorije, a za istraživanje je odabrano 38 namirnica koje su zatim svrstane u spomenute skupine. Također je primijenjena metoda blisko-infracrvene (NIR) spektroskopije, koja je brza i nedestruktivna metoda koja daje uvid u uzorak na molekularnoj razini, kako bi se utvrdila mogućnost povezivanja snimljenih NIR spektara s kemijskim sastavom hrane iz navedenih kategorija. Pored energije i nutritivnog sadržaja za analizu su se koristili i sljedeći parametri: klasifikacija prema sustavu boja, ekološkom otisku i stupnju procesiranja te blisko-infracrveni apsorpcijski spektri odabrane hrane i pića.

Za potrebe istraživanja upotrijebljena su dva različita uređaja blisko-infracrvene spektroskopije, laboratorijski NIR uređaj u rasponu valnih duljina između 904 i 1699 nm te prijenosni NIR uređaj s rasponom valnih duljina između 900 do 1700 nm. Rezultati su obrađeni standardnim statističkim metodama, kao i kemometrijskim alatima za pouzdaniju analizu podataka. Korištena je metoda analize glavnih komponenata (PCA), kako bi se utvrdilo postoje li razlike između utilitarističke i hedonističke kategorije prema promatranim parametrima, te metoda najmanjih kvadrata (PLS) kako bi se istražila mogućnost kvantitativne analize.

## 2. TEORIJSKI DIO

Prema Zakonu o hrani, pojam hrana se odnosi na bilo koju tvar ili proizvod, bilo da je prerađen, djelomično prerađen ili neprerađen, a namijenjen je da ga ljudi konzumiraju ili se može očekivati da će ga ljudi konzumirati“, a „pojam hrane uključuje i piće, žvakaću gumu, prehrambene aditive i bilo koju drugu tvar koja se namjerno ugrađuje u hranu tijekom njezine proizvodnje, pripreme ili obrade“ (Katalenić, 2007).

Hrana sadrži makro- i mikronutrijente koji su izvor energije i gradivnih elemenata te prehrana sadrži složene psihološke i socijalne elemente (Vučemilović i Vujić Šisler, 2007). Upravo psihološki aspekt prehrane bit će naglašen u nastavku.

### 2.1. HEDONISTIČKA I UTILITARISTIČKA PREHRANA

U svakodnevnom životu potrošači se suočavaju s brojnim situacijama u kojima moraju donijeti odluku, a njihovi izbori vođeni su hedonističkim i utilitarističkim razlozima. Hedonistička dobra poput dizajnerske odjeće, sportskih automobila, luksuznih satova pružaju više iskustvene potrošnje, zabave, užitka i uzbuđenja, dok su utilitarna dobra kao što su mikrovalne pećnice, osobna računala primarno funkcionalna (Dhar i Wertenbroch, 2000). Smatra se da su namjere za određenim ponašanjem indikatori za izvođenje tog ponašanja, primjerice ako osoba ima namjeru da konzumira više nutritivno bogatih prehrambenih proizvoda, najvjerojatnije je da će to potaknuti promjenu u svakodnevnom ponašanju prema konzumiranju navedenih proizvoda (Cramer i Antonides, 2011).

Riječ hedonizam potječe od grčke riječi koja u prijevodu označava užitak i zadovoljstvo (Hrvatska enciklopedija, 2021). Hedonistička potrošnja odnosi se na čimbenike ponašanja potrošača koji se odnose na multisenzorne, emotivne i fantazijske aspekte iskustva s proizvodima i uslugama (Hirschman i Holbrook, 1982). Utilitarizam potječe od latinske riječi koja označava korist i predstavlja smjer u etici koji svrhu ljudskog djelovanja vidi u koristi i dobrobiti (Hrvatska enciklopedija, 2021).

Konzumacija hedonističkih dobara okarakterizirana je afektivnim emocionalnim iskustvom, s prednostima poput okusa, mirisa, taktilnog podražaja, vizualnih slika koji su više subjektivno nego objektivno orijentirani. Utilitarna dobra su više kognitivno, instrumentalno vođena odnosno ispunjavaju funkcionalni zadatak (Cramer i Antonides, 2011; Lim i Ang, 2008) poput niske cijene, niskog energetskeg sadržaja i visoke nutritivne vrijednosti.

Postoje dva pristupa istraživanju odnosa između utilitarnih i hedonističkih proizvoda. Istom proizvodu se mogu pridružiti različite karakteristike, dakle proizvod može imati utilitarističke i hedonističke osobine, primjerice obrok koji ispunjava utilitarni cilj utaživanja gladi, ali i hedonistički cilj uživanja u hrani. U suprotnosti s tim, različiti proizvodi mogu služiti kao predstavnici utilitarnih i hedonističkih proizvoda na temelju dominantnih svojstava (Shao i Li,

2021). Dakle, neke se namirnice uglavnom konzumiraju radi hedonističkog užitka (npr. sladoled), dok se druge konzumiraju uglavnom zbog njihove utilitarne, nutritivne vrijednosti (npr. mlijeko). Nekoliko studija tvrdi da se procesi donošenja odluka potrošača razlikuju za hedonističke i utilitarne proizvode, a različiti motivi pokreću proces odabira za ove vrste prehrambenih proizvoda (Maehle i sur., 2015). Navedeni pristup sugerira da tek kada su funkcionalne potrebe zadovoljene, osoba teži hedonističkim proizvodima (Shao i Li, 2021).

Razlika između „želja“ i „potreba“ je općenito kompatibilna s razlikom između hedonističkih i utilitarnih dobara, dakle predmeti koji imaju visoku hedonističku vrijednost vjerojatno će biti svrstani u kategoriju afektivnih preferencija odnosno „želja“, dok predmeti koji imaju visoku utilitarnu vrijednost najčešće spadaju u razumne preferencije tj. „potrebe“ (Dhar i Wertenbroch, 2000). „Želje“ se definiraju kao sklonosti prema dobrima s negativnim učincima na zdravlje, poput slatkisha, a „potrebe“ sklonosti prema dobrima s pozitivnim učincima na zdravlje odnosno nutritivno bogatim namirnicama (Cramer i Antonides, 2011).

Označavanje hrane kao utilitarne može rezultirati nižom sklonošću prema prehrambenim proizvodima. Raghunathan, Naylor i Hoyer (2006) su pokazali da prikazivanje informacija o ispravnosti hrane rezultira jačom sklonošću prema proizvodima koji su prikazani kao manje zdravi jer se pretpostavlja da imaju bolji okus i to je povezano s uživanjem tijekom konzumacije (Cramer i Antonides, 2011).

Okada (2005) u svom istraživanju pokazuje da je sklonost hedonističkim dobrima u usporedbi s utilitarnim dobrima veća kada se procjenjuju zasebno nego usporedno. Objašnjava da je jača sklonost utilitarnim dobrima kada se predstavljaju zajedno zbog osjećaja krivnje nakon konzumacije hedonističkih dobara i poteškoća u identificiranju dobiti hedonističkih dobara. Također, istraživanje Cramera i Antonidesa (2011) podupire navedeno istraživanje. Pretpostavlja se da je ljudima teže zamijeniti hedonistički prehrambeni proizvod za utilitarni prehrambeni proizvod (Cramer i Antonides, 2011).

Potrošači često kupuju hedonističku hranu spontano, prvenstveno zbog visoke nagradne vrijednosti, dok kupnja utilitarističke hrane obično zahtijeva više promišljanja da bi se postigli ciljevi i ispunili određeni kriteriji. Kada je kod potrošača prisutna glad i žeđ odluke su manje kognitivno vođene, dakle njihove su odluke potaknute spontanom afektivnim reakcijama koje olakšavaju izbor hedonističke hrane. Međutim, kada su odluke potaknute kognitivnom procjenom, uzimaju se u obzir dugoročne posljedice izbora hrane te se preferencije pomiču prema utilitarnoj hrani (Otterbring i sur., 2023).

Proces donošenja odluka kod potrošača također se može razlikovati, kada potrošači kupuju hedonističke proizvode obično doživljavaju emocionalne reakcije primjerice sreću kada jedu ukusan desert. Nadalje, hedonistički proizvodi mogu izazvati ne samo pozitivne emocije već i negativne (npr. osjećaj krivnje). Utilitarni proizvodi općenito nisu povezani s izazivanjem osjećaja prilikom konzumiranja (Maehle i sur., 2015).

Prethodna istraživanja pokazuju da konzumacija hedonističkih proizvoda dovodi do osjećaja krivnje, što može motivirati potrošače da promisle i ponašaju se altruističnije kako bi smanjili taj osjećaj (Maehle i sur., 2015). Burnett i Lunsford (1994) su definirali četiri dimenzije krivnje koje se odnose na hedonističku potrošnju: (1) osjećaji vezani uz financije koji proizlaze iz kupnje proizvoda koji se percipiraju kao nepotrebni ili skupi; (2) osjećaji povezani sa zdravljem koji proizlaze iz konzumiranja proizvoda koji pružaju zadovoljstvo u odnosu na one koji pružaju praktičnu korist; (3) moralni osjećaji povezani s konzumiranjem proizvoda u suprotnosti s moralnim vrijednostima potrošača i (4) osjećaji koji proizlaze iz nedostatka društvene odgovornosti (npr. proizvodi koji izazivaju zagađenje).

Navedene vrste krivnje izravno se odnose na bit hedonističke potrošnje. Osjećaj krivnje dio je potrošačevih emocija povezanih s potrošnjom, a time može utjecati i na njegovo ponašanje, primjerice povećati sklonost prema ekološki prihvatljivim proizvodima. Ekološki prihvatljiva kupnja potrošačima ne pruža osobne dobrobiti, već se takvo ponašanje smatra dobrim djelom, ponašanje koje pridonosi većem dobru. Na taj način se stvara pozitivna komponenta situaciji hedonističke potrošnje koja može smanjiti kognitivnu disonancu koju stvara osjećaj krivnje (Maehle i sur., 2015).

Osjetljivost potrošača na cijene je također bitan parametar koji se razlikuje za hedonističke i utilitarne proizvode. Wakefield i Inman (2003) smatraju da su potrošači manje osjetljivi na cijenu za hedonistička dobra. Razlike u motiviranosti za kupnju hedonističkih u odnosu na utilitarne proizvode dovode do toga da je cijena važnija za utilitarne proizvode nego za hedonističke. Potrošači očekuju da će im hedonistički proizvodi osigurati opuštanje i zabavu stoga su manje osjetljivi na cijenu istih u odnosu na funkcionalne proizvode. Autori ističu da je prihvatljivi raspon cijena širi za hedonistički proizvod u usporedbi s rasponom za utilitarni proizvod.

Zadovoljenje energetske ravnoteže kod ljudi je složen proces. Regulacija energetske ravnoteže je pod snažnim utjecajem središnjeg živčanog sustava. Prilikom konzumiranja hrane izmjenjuju se glad i sitost. Glad je osjećaj izazvan nedostatkom hrane te potiče konzumaciju, dok je sitost proces koji inhibira hranjenje u postprandijalnom razdoblju. Ove faze kontroliraju homeostatske i hedonističke komponente regulacije unosa hrane. Unos hrane reguliraju različiti organi i sustavi koji povratnu informaciju o metaboličkom statusu pojedinca šalju u središnji živčani sustav, a on u konačnici kontrolira cijeli proces. Početak, trajanje i vrijeme između obroka ovise o svjesnim i nesvjesnim neurohormonalnim procesima.

Hedonističko hranjenje izaziva kod pojedinca isključivo ugodne osjećaje, a zanemaruje energetske status pojedinca ili nutritivnu vrijednost konzumirane hrane. Hedonistička komponenta unosa hrane odnosi se osim na svjesne senzorne informacije iz karakteristika hrane i na nesvjesni proces moduliran hormonima (Campos i sur., 2022).

Neurotransmiteri poput dopamina i endokanabinoida te hormoni kao što su grelin, leptin i kolecistokinin odgovorni se za hedonističku regulaciju unosa hrane (Campos i sur., 2022).

Grelin je peptidni hormon koji sintetizira posebna skupina endokrinih stanica želučane sluznice (Perello i Zigman, 2012). Često se naziva i hormon gladi zbog svoje uloge u regulaciji apetita. Djeluje na centre za glad u hipotalamusu pri čemu razina grelina u krvotoku raste prije obroka, a maksimum doseže neposredno prije uzimanja obroka (Gaćina, 2015). Nedugo nakon prestanka konzumacije hrane razina grelina pada (Cummings i sur., 2015). Prema rezultatima istraživanja Monteleonea i sur. (2013) pet minuta nakon izlaganja sitih ispitanika hrani za uživanje uočeno je povećano lučenje grelina. Lučenje grelina u cefaličnoj fazi (prije konzumacije, ali pri pomisli na hranu, izazvano mirisom hrane) bilo je jače kad je ispitanicima ponuđena hrana koja pruža užitak u usporedbi s hranom koja ne pruža zadovoljstvo. Iz navedenoga može se zaključiti kako lučenje grelina konzumacijom hedonističke hrane predstavlja periferni znak koji signalizira skorbu konzumaciju hrane za uživanje i dovodi do aktivacije puteva za nagrađivanje iako nema potrebe za unosom energije. Nadalje, konzumacijom hrane koja ne izaziva zadovoljstvo cirkulirajući grelin se progresivno smanjio, dok se nakon konzumacije hrane za uživanje prvo smanjile razine grelina, a zatim ponovno porasle (Monteleone i sur., 2013).

Također, uz povećanje razine grelina konzumacijom hedonističke hrane uočena je smanjena proizvodnja kolecistokinina (CCK). Kolecistokinin je probavni hormon koji djeluje kao signal sitosti s obzirom na to da njegove razine rastu postprandijalno. Stoga, povećano lučenje grelina i smanjeno lučenje kolecistokinina kod sitih ispitanika potiče konzumaciju hedonističke hrane koja se smatra nagradom (Monteleone i sur., 2013).

Monteleone i sur. (2012) dokazali su povezanost konzumacije hedonističke hrane kod sitih ispitanika s povišenom razinom endokanabinoida 2-arahidonoil glicerola. U normalnim fiziološkim uvjetima lučenje endokanabinoida se smanjuje nakon uzimanja hrane stoga rezultati ovog istraživanja upućuju na njihovu uključenost u kontroli unosa hedonističke prehrane.

Dopamin djeluje kao jedan od glavnih monoaminergičkih neurotransmitera u kontroli unosa hedonističke hrane (Campos i sur., 2022). Sintetiziraju ga uglavnom dopaminergični neuroni u *substantia nigra par compacta* i ventralno tegmentalnom području (Baik, 2021). Regije u mozgu povezane s nagrađivanjem poput *striatuma*, amigdale, prefrontalnog i orbitofrontalnog korteksa povezane su s dopaminergičkim putevima. Dakle, veza između dopamina i navedenih regija za nagrađivanje ima ključnu ulogu u hedonističkoj regulaciji unosa hrane (Campos i sur., 2022). Prirodne nagrade poput hrane, osobito one koja pruža užitak (bogata šećerom i mastima) stimuliraju snažno otpuštanje dopamina u ventralni *striatum*, poznat kao *nucleus accumbens* (Baik, 2021; Lutter i Nestler, 2009).

Leptin je hormon kojeg izlučuju prvenstveno adipociti bijelog masnog tkiva, jedan je od glavnih regulatora apetita koji vezanjem na receptore za leptin u hipotalamusu inducira osjećaj sitosti (Campos i sur., 2022; Baik, 2021; Volkow i sur., 2010).

Djeluje kao regulator tjelesne mase jer odražava zalihe masnog tkiva u središnjem živčanom sustavu, stoga utječe na energetska ravnotežu i prehrambeno ponašanje. Otpornost na leptin se javlja u prisustvu velikog udjela tjelesne masti što dovodi do visokih razina leptina u krvi, koja je povezana s pretilošću.

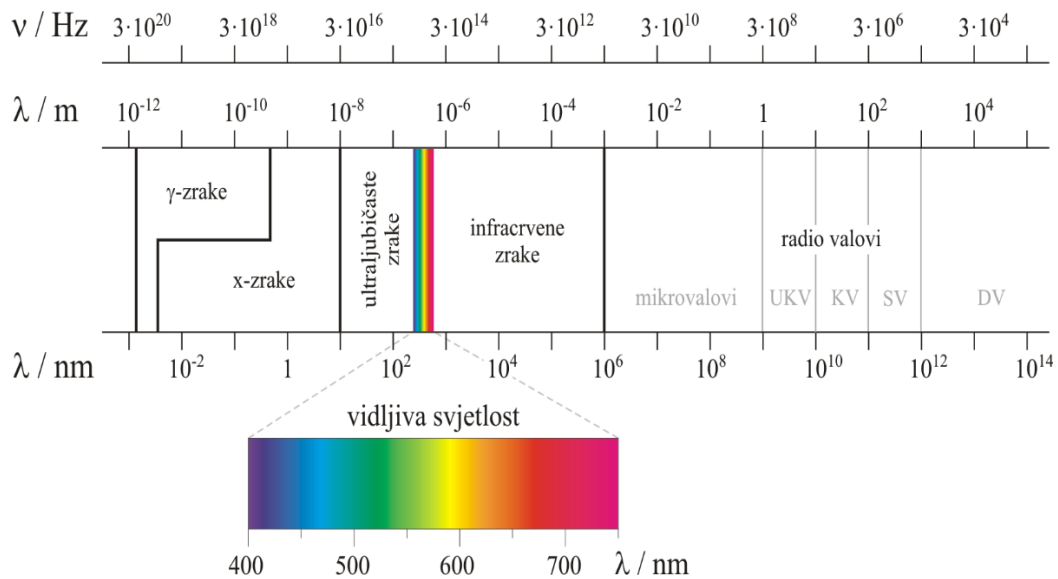
Istraživanje koje su proveli Aliasghari i sur. (2019) pokazalo je kako bi odnos između razine leptina i hedonističke gladi mogao biti povezan s otpornošću na leptin u sustavu nagrađivanja. Leptin potiskuje otpuštanje dopamina i aktivnost dopaminskih neurona i na taj način regulira hedonističku glad.

## **2.2. SASTAV HRANE**

Kompleksan kemijski sastav hrane uključuje vodu, proteine, lipide, ugljikohidrate i soli koji ostvaruju različite intra- i intermolekularne interakcije. Za navedene organske molekule karakteristične su C-H, N-H, S-H i O-H veze. Upravo kada infracrveno svjetlo reagira s molekulama u uzorku hrane, dolazi do molekularne vibracije na različitim frekvencijama, a spomenute veze određuju oblik spektra koji nastaje (Kizil i Irudayaraj, 2018). Promjene u intenzitetu apsorpcije koje nastaju odražavaju kemijski sastav i strukturu molekula prisutnih u hrani.

### **2.2.1. Sastav hrane i spektroskopija**

Spektroskopija je znanstvena djelatnost koja proučava apsorpciju i emisiju elektromagnetskog zračenja. Razne spektroskopske metode koriste različiti dio elektromagnetskog spektra (slika 1). Elektromagnetska zračenja razlikuju se frekvencijom, odnosno valnom duljinom, a frekvencija  $\nu$  i valna duljina  $\lambda$  obrnuto su proporcionalne.



**Slika 1.** Spektar elektromagnetskog zračenja (prema Thompson, 2018)

Infracrvena spektroskopija kao jedna od najkorištenijih spektroskopskih metoda mjeri apsorpciju infracrvenog zračenja u uzorku kao funkciju frekvencije zračenja. Infracrveno područje zauzima samo mali dio spektra elektromagnetskog zračenja, koji se nalazi između ultraljubičastog područja i područja mikrovalova (Thompson, 2018).

Navedeno se može podijeliti na tri područja valnih duljina koja uključuju blisko infracrveno (780–2500 nm, tj.  $12\ 800\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$ ), srednje infracrveno (2500–25 000 nm, tj.  $4000\text{--}400\text{ cm}^{-1}$ ) i daleko infracrveno područje (25–1000  $\mu\text{m}$ , tj.  $400\text{--}10\text{ cm}^{-1}$ ). Vrsta instrumenta koji se koristi za dobivanje informacija o IR spektru čini razlike između ova tri područja. Ostale razlike se temelje na svojstvima zračenja, primjerice NIR regija počinje tamo gdje ljudsko oko ne stvara vizualni odgovor (Lin i sur., 2009).

Bliska infracrvena (engl. *Near Infrared, NIR*) spektroskopija je vibracijska spektroskopijska metoda koja koristi dio elektromagnetskog spektra u području od 800 do 2500 nm ( $12,500\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$ ) te se temelji na apsorpciji, emisiji, refleksiji i difuznoj refleksiji svjetlosti (Ozaki, 2017). Primjenom zračenja dolazi do interakcije tvari i svjetlosti, naime kada infracrveno svjetlo stupi u interakciju s molekulama prisutnim u uzorku, veza tih molekula vibrira na različitim frekvencijama ovisno o vrsti veze. U NIR području najzastupljenije su C–H, N–H i O–H vibracijske veze koje određuju oblik spektra istraživanog uzorka (Cozzolino, 2021). Dakle, tretiranjem s infracrvenim svjetlom dolazi do promjena vibracijske energije u vezama, a vibracije koje nastaju se dijele na rastezne vibracije i vibracije svijanja.

Rastezne vibracije mogu biti simetrične i asimetrične, a vibracije svijanja u ravnini te izvan ravnine. Simetrične vibracije uključuju vezanje na zajednički atom te se tom zajedničkom atomu složno udaljavaju i približavaju. Asimetrične vibracije također se vežu na isti atom,

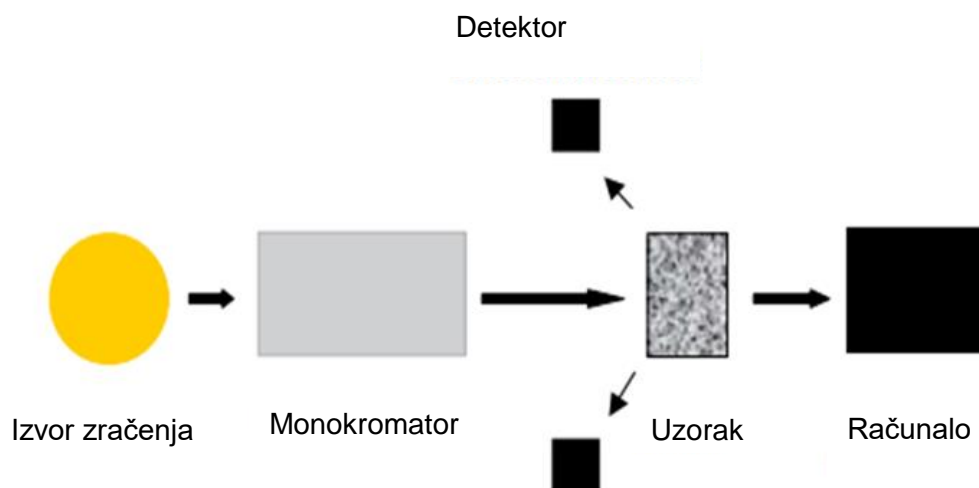
međutim dok se jedna ili više veza primiču zajedničkom atomu, druge se odmiču od tog atoma (Thompson, 2018).

Spektar koji pritom nastane karakterizira preklapanje veza u širokim vrpcama. Pruža nam informacije o neposrednom sastavu uzorka (primjerice proteina), a osim toga odražava fizikalna svojstva ili karakteristike uzorka. Stoga, NIR spektri uzoraka daju informacije ne samo o kemijskom sastavu hrane već i o njezinoj funkcionalnosti što je jedinstvena karakteristika NIR spektroskopije koja je razlikuje od ostalih instrumentalnih tehnika (Cozzolino, 2021).

### 2.2.1.1. NIR spektrometar

NIR spektrometar sastoji se od izvora zračenja, uređaja za odabir valne duljine (npr. monokromatora), držača uzorka, detektora za mjerenje intenziteta detektirane svjetlosti i pretvaranje u električne signale, te računalnog sustava za prikupljanje i obradu podataka što je prikazano na slici 2 (Porep, 2015).

Izvor zračenja osvjetljava te prolazi kroz uzorak, zatim kroz monokromator koji sadrži optičke uređaje poput prizme ili rešetke. Svjetlost se kroz prizmu ili rešetku razdvaja u spektru različitih valnih duljina. Kako bi se omogućilo segmentiranje svjetlosti na određenim valnim duljinama u lako mjerljive komponente i prolazak kroz njih koristi se izlazni prorez. Nakon toga ju detektiraju elektronički senzori, te se pomoću računala obrađuju rezultati u NIR spektre (Reich, 2005).



**Slika 2.** NIR spektrometar (prema Reich, 2005)

### 2.2.1.2. IR spektar

Infracrveni spektri organskih spojeva obično se sastoje od niza apsorpcijskih vrpca, različitih intenziteta, širine i koje se pojavljuju na valnim duljinama između  $4000$  i  $400\text{ cm}^{-1}$ . Os apscisa prikazuje valni broj ( $\text{cm}^{-1}$ ), a ordinata apsorbanciju (%).



Za određivanje strukturnih značajki organskih spojeva važni su intenziteti i položaji apsorpcijskih vrpca. U području  $4000-1400\text{ cm}^{-1}$  javljaju se karakteristične apsorpcijske vrpce za pojedinu funkcionalnu skupinu te se to područje naziva „područje funkcionalnih skupina“. Područje između  $1400$  i  $400\text{ cm}^{-1}$  se naziva „područje otiska prsta“ te je jedinstveno za svaki spoj.

Gotovo svaki organski spoj ima svoj jedinstveni infracrveni spektar, koji se može smatrati „otiskom prsta“ molekule. Ova karakteristika omogućuje identifikaciju organskih spojeva spektralnom usporedbom, tj. ako infracrveni spektar nepoznatog spoja u potpunosti odgovara spektru poznatog spoja, može se smatrati da su ta dva spoja identična. Kako bi došlo do potpunog podudaranja, oba spoja moraju predstavljati spojeve slične čistoće, uzeti pod identičnim uvjetima u istom mediju (Thompson, 2018).

Za dobivanje relevantnih informacija prikupljenih NIR spektroskopijom potrebna je upotreba alata za računanje i analizu podataka, a to omogućuje bolje razumijevanje analiziranog sastava. Najčešće je u tu svrhu potreban razvoj kalibracije koja opisuje odnose između spektra i referentnih podataka, te se izražava kao matematički model.

Kalibracije su često potrebne tijekom provedbe NIR spektroskopije, budući da je ova tehnika nisko selektivna i za razliku od srednjih infracrvenih (MIR) spektara, hvata samo prizvuke i kombinacije tonova vibracija izvedenih iz funkcionalnih veza kao što su CH, OH, NH i SH. Tijekom analize uzoraka, prizvuci se pojavljuju kao visoko preklapajući vrhovi i zahtijevaju upotrebu kemometrije kako bi se obradio i izdvojio traženi signal. Nakon što je NIR spektrometar kalibriran, može se koristiti za rutinsku upotrebu, međutim zahtijeva opsežna testiranja kako bi se potvrdila njihova sposobnost predviđanja ili kako bi se pratile sve promjene povezane s kvarom izvora svjetlosti, senzora, elektronike itd. (Cozzolino, 2021).

### *2.2.1.3. Kemometrija za multivarijatnu kalibraciju i analizu podataka*

Kemometrija označava primjenu statističkih i matematičkih metoda kako bi dobili informacije iz kemijskih i fizičkih podataka. Dvije najraširenije kemometrijske metodologije su multivarijatna kalibracija i multivarijatna klasifikacija (Porep, 2015). Razne tehnike multivarijatne analize mogu se koristiti za izdvajanje analitičkih informacija sadržanih u NIR spektrima za razvoj modela i predviđanje svojstava nepoznatih uzoraka. Osnovne skupine multivarijatnih metoda koje se razlikuju prema vrsti potrebne analize su kvalitativna i kvantitativna analiza. Kalibracija spada u kvantitativnu tehniku jer uključuje prikupljanje skupa uzoraka s poznatim referentnim vrijednostima. Metode kvalitativne analize koriste se da bi dobili informacije o funkcionalnim svojstvima uzorka pa se često koriste u otkrivanju krivotvorenja uzoraka hrane i potvrđivanju autentičnosti. Primjena kvalitativne analize koristi se za usporedbu spektara, odnosno za prepoznavanje sličnosti u spektralnim podacima pa se često naziva metoda prepoznavanja uzoraka (Manley, 2018).

### Prednosti NIR spektroskopije

Bliska infracrvena spektroskopija je nedestruktivna, *in situ* metoda koja se provodi na mjestu uzorkovanja. NIR je brza, jeftina i jednostavna metoda te ne uključuje upotrebu kemijskih potrošnih materijala s obzirom na to da je odlaganje opasnog materijala skupo za laboratorij.

Spektroskopska tehnika, poput srednjeg infracrvenog zračenja koristi alkalne soli kao što su KCl i KBr, dok NIR spektroskopija koristi jednostavniju i jeftiniju opremu primjerice optička vlakna, leće od kvarcnog stakla. Jedna od glavnih prednosti NIR spektroskopije je mogućnost mjerenja u isto vrijeme nekoliko sastojaka ili svojstava.

Također, zahtijeva minimalnu ili nikakvu pripremu odnosno prethodnu obradu uzorka (Manley, 2018). Mnoge vrste uzoraka mogu se mjeriti pomoću NIR spektroskopije uključujući plinove, krutine, tekućine, polukrutine, polimere, prahove, organske tvari, anorganske tvari, čiste tvari i smjese te biološke materijale (Smith, 2011).

Instrumenti se često mogu koristiti unutar, ali i izvan laboratorijskog okruženja zbog svoje otpornosti, a mjerenja se mogu provoditi i on-line putem. Izvor svjetla ima veliku sposobnost prodiranja u uzorke što omogućuje bolji prikaz kemijskih svojstava. Kad se metoda razvije, instrument se može koristiti za potrebe kontrole procesa (Manley, 2018).

### Nedostatci NIR spektroskopije

Glavno ograničenje NIR spektroskopije kao analitičke metode je njezina ovisnost o drugim kemijskim metodama koje mogu biti manje precizne i jednako empirijske. Osim toga, niska osjetljivost signala može ograničiti određivanje sastojaka niske koncentracije u uzorku što će posljedično pojednostavniti spektre (Manley, 2018).

Apsorbancija infracrvenog zračenja pobuđuje vibracije u molekulama, stoga neki atomi poput plinova argona i helija koji nisu kemijski vezani, nemaju vibracije, a samim time nemaju ni infracrveni spektar. Sličan primjer su i monoatomske ioni (Smith, 2011). Potreban je veliki broj podataka kako bi se provodila kalibracija i validacija za proizvodnju modela predviđanja. Najčešće zahtijeva puno vremena za prikupljanje uzorka, te zahtijeva kontinuiranu edukaciju tehničkog osoblja u svrhu razvoja novih opsežnih kalibracija (Manley, 2018).

#### 2.2.2. Primjena NIR spektroskopije u prehrambenoj industriji

Bliska infracrvena spektroskopija važna je analitička tehnika koja se široko koristi u poljoprivredi i prehrambenoj industriji za kontrolu kvalitete i sigurnosti hrane. Stoga je bitno da znanstvenici i inženjeri koji rade u poljoprivredno-prehrambenom sektoru razumiju temeljne koncepte i steknu znanja o NIR tehnikama (Wang i sur., 2007).

Infracrveni dio svjetlosti elektromagnetskog spektra otkrio je Herschel 1800. godine. Prehrambeni sektor prvi je implementirao NIR spektroskopiju kao analitičku metodu, a prvi put je primijenjena na žitarice i sjemenke 1960-ih i 1970-ih. Značajno je razvio K. H. Norris počevši 1962. s određivanjem sadržaja vlage u različitim vrstama sjemenki (Porep i sur., 2015). Danas postoje četiri glavna područja primjene NIR spektroskopije u prehrambenoj industriji: pregled kvalitete zrna, rukovanje voćem i povrćem nakon berbe, kontaminacija hrane s farmi i kvaliteta životinjskih proizvoda, te sigurnost hrane i provjera autentičnosti (Wang i sur., 2007). Upravo zbog svoje pouzdanosti i neinvazivnosti, NIR spektroskopija je postala važan alat u analizi nutritivnog sastava, kontroli kvalitete te detekciji nečistoća u prehrambenim proizvodima.

#### *2.2.2.1. Primjena NIR spektroskopije u on-line analizi hrani*

Preduvjet za provođenje on-line mjerenja je dovoljno kompaktan uređaj uz prisustvo daljinskog upravljanja. Ovisno o uvjetima primjene, poželjno je da je uređaj otporan na eksploziju, vodootporan i jednostavan za čišćenje. Također, trebao bi biti prikladan za korištenje u raznim okruženjima, kao što su visoke ili niske temperature, vibracije, prašina i vlaga. Materijali koji dolaze u izravan kontakt moraju biti sigurni za hranu i inertni u potencijalno kemijski izazovnim uvjetima (npr. visoke koncentracije klorida). Potrebna je brza obrada, analiza i pohrana podataka te je poželjna jednostavna upotreba koja ne zahtijeva dodatna znanja i vještine tijekom rutinskog rada. Danas su komercijalno dostupni spektrometri dizajnirani za implementaciju on-line procesa (Porep i sur., 2015).

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

#### 3.1. MATERIJALI

U ovom radu analizirano je 38 namirnica, koje su podijeljene u dvije skupine, utilitaristička i hedonistička. Za 10 namirnica dodijeljena je utilitaristička kategorija, dok je 28 namirnica svrstano u hedonističku kategoriju. Za svaku utilitarističku namirnicu dodijeljena je minimalno jedna namirnica ili piće u hedonističkoj skupini (tablica 1).

**Tablica 1.** Raspodjela hrane i pića po kategorijama „utilitaristička“ i „hedonistička“

<b>Utilitaristička</b>	<b>Hedonistička</b>
Jabuka	Čips od jabuke
Naranča Sok (100 % naranča)	Sok (naranča) Sok (voće)
Datulje (suhe)	Čokolada bio (Čok. bio) Čokoladni bomboni (Čok. bomb.) Čokolada za kuhanje (Čok. za kuh.)
Zobene pahuljice Žemlja/kruh	Zobene okruglice Dvopek Flips Štapići Čips Štapići (kikiriki) Pekarski proizvod (sir)
Voda	Voda s okusom (1) Voda s okusom (2) Ledeni čaj Cola Cola (0 % šećera) Energetsko piće
Mlijeko	Sladoled Čokoladno mlijeko Puding (vanilija) Puding (čokolada)
Kava (0 g šećera)	Kava (1,8 g šećera) Kava (3,6 g šećera) Cappuccino Macchiato
Jogurt	Jogurt (voće)

Aparatura korištena u ovom radu:

- Stolni NIR spektrometar
- Prijenosni, Mikro-NIR spektrometar
- Računalo
- Android tablet

## 3.2. METODE

Svi proizvodi (neovisno o kategoriji) predstavljaju komercijalno dostupne proizvode koji su kupljeni u trgovini i/ili na automatima za pića i hranu.

### 3.2.1. Energetsko-nutritivni sastav hrane i pića te klasifikacija prema sustavu boja, ekološkom otisku i stupnju procesiranja

Prema nutritivnoj deklaraciji ispitivane hrane i pića preuzete su informacije o energetsko-nutritivnom sastavu te je izrađena tablica (matrica) s navedenim podacima (energija, sadržaj masti, nezasićenih masti, ugljikohidrata, šećera, proteina, soli i vlakana). Nadalje, matrica je dopunjena podacima o klasifikaciji namirnica prema određenim parametrima. Prema tablici (prilog 1) izračunate su Nutri score vrijednosti za namirnice korištene za analizu. Uz pomoć aplikacije *Open Food Facts* bilježene su vrijednosti za Eco score (ekološki otisak) i NOVA (stupanj procesiranja), za zadane namirnice.

Nutri-score predstavlja sustava boja za klasifikaciju hrane i pića koje imaju 5 kategorija – od tamnozeleno, preko svjetlozeleno, žuto, narančasto do crveno. Svakoj boji pridruženo je i slovo od A do E. Takav sustav označavanja u nutri score-u rangira hranu ili piće od „A“ nutritivno zdravijeg izbora, do „E“ ,manje zdravog izbora (Settembri, 2020). Istu ljestvicu koristi i Eco score, koji ukazuje na utjecaj hrane ili pića na okoliš (tj. koliki otisak će proizvodni proces, prijevoz (i sl.) predmetne hrane/pića imati na okoliš) pri čemu je rang od niskog utjecaja na okoliš (kategorija A) do visokog utjecaja (kategorija E), a predložila ga je Francuska Agencija za ekološku tranziciju (Pistorius i Foote, 2021).

NOVA score predstavlja indikator stupnja procesiranja hrane i pića na skali od 1 (minimalno procesirano) do 4 (ultra-procesirano) pri čemu su brojevima također pridružene boje od zelene (NOVA=1) do crvene (NOVA=4) (Bouza i sur., 2015).

### 3.2.2. Bliska-infracrvena spektroskopija

Pripremljeni uzorci pića (slika 3) odpipetirani su u kivete pozicionirane u postolje te su snimane apsorbancije tekućih uzoraka, a zatim su snimani kruti uzorci uz pomoć sonde.

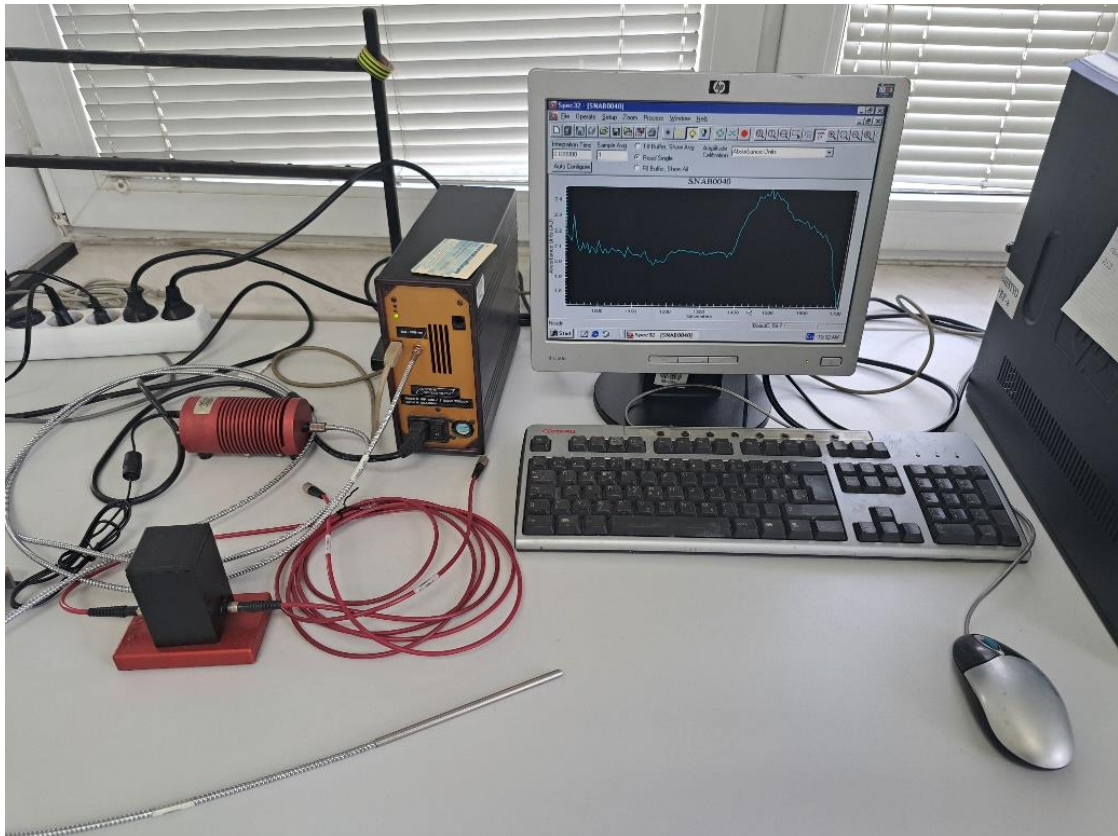
U ovom radu korištena su dva instrumenta, laboratorijski i prijenosni (mikro) uređaj kako bi se ispitao nutritivni sastav odabrane hrane i pića.



**Slika 3.** Uzorci pića korišteni za analizu (vlastita fotografija)

#### 3.2.2.1. Laboratorijski NIR instrument

Korišten je procesni NIR spektrometar (Control Development inc., NIR-128-1.7-USB/6.25/50 $\mu$ m) koji je prikazan na slici 4. Uređaj ima instaliran softver Control Development Spec32. Tekući uzorci snimani su u kivetama, prekriveni tamnim poklopcem u svrhu minimiziranja utjecaja svjetla iz okoline. Nadalje, tekući i kruti uzorci snimani su pomoću sonde. Valno područje mjerenja je 904-1699 nm. Apsorpcijski spektri ovih uzoraka snimani su u triplikatu.



**Slika 4.** Laboratorijski NIR uređaj (vlastita fotografija)

### 3.2.2.2. Prijenosni NIR instrument

Korišten je mikro-NIR spektrometar (InnoSpectra Corporation, Kina). Prijenosni instrument ima dva uređaja, za krute i praškaste uzorke (slika 5, gornji desni kut) te za tekuće uzorke (slika 5, desno, dolje) koji su spojeni na stolno računalo kabelom ili bluetooth vezom sa mobilnim uređajem, tabletom ili prijenosnim računalom. Korištena je aplikacija za prikupljanje i pohranjivanje spektralnih podataka (ISC-NIRScan, InnoSpectra Corporation, Kina) u rasponu od 900 – 1700 nm.



**Slika 5.** Prijenosni NIR instrument s nastavkom za tekuće i praškaste uzorke (vlastita fotografija)

Apsorpcijski spektri snimljeni mikro NIR uređajem snimani su u triplikatu.

### 3.2.3. Obrada podataka

Od prikupljenih spektralnih podataka, podataka sa deklaracija proizvoda i vrijednosti promatranih score-ova kreirane su tablice (redci- promatrana hrana i/ili piće, stupci – prikupljeni podaci). Rezultati su sistematizirani i prikazani u tablicama i grafovima. Za analizu dobivenih podataka korišteni su MS Excel te dodatni programski paket XLSTAT (Free Trial verzija). Izračunate su srednje vrijednosti (pokazatelj centralne tendencije određenog skupa mjerenja) eksperimentalnih podataka s obzirom na to da je za svaki uzorak snimano tri spektra te standardne devijacije. Za potrebe obrade NIR spektara su korišteni alati multivarijatne analize, a to su analiza glavnih komponenta (engl. *Principal Component Analysis*, PCA) te parcijalna regresija metodom najmanjih kvadrata (engl. *Partial Least Squares regression*, PLS). Regresijski modeli procijenjeni su na temelju koeficijenta determinacije ( $R^2$ ).

#### 3.2.3.1. Parcijalna regresija metodom najmanjih kvadrata

Linearni modeli predstavljaju najjednostavnije povezivanje zavisnih i nezavisnih varijabli te slijedom navedenog, iz NIR spektra kao skupa nezavisnih varijabli, želi se utvrditi povezanost sa zavisnim varijablama (Gajdoš i sur., 2019), a one su (i) sadržaj energije, (ii) sadržaj zasićenih masti, (iii) sadržaj šećera, (iv) sadržaj proteina, (v) sadržaj soli i/ili natrija, (vi) sadržaj vlakana, (vii) klasa Nutri score-a, (viii) klasa Eco score-a te (ix) stupanj



procesiranja – NOVA. Pri tome je korištena metoda parcijalnih regresija metodom najmanjih kvadrata (PLS modeli) te se pri tom radi o modelima kojima su ulazne veličine apsorbance pri određenim valnim duljinama, a veličine koje se pri tom računaju su prethodno navedenih devet zavisnih varijabli.

Opći prikaz PLS modela je sljedeći:

$$y_i = a_{ij} \cdot AU_{ij} + b_i + e \quad [1]$$

gdje je:

y – zavisna varijabla; AU – apsorpcijska vrijednost pri određenoj valnoj duljini  $\lambda_j$ ; e- odstupanje od funkcionalnog odnosa; i=1, 2, ..., 9, j odgovara broju valnih duljina koje su kao nezavisne varijable uključene u model. Pri tome je za laboratorijski NIR uređaj j=1,2, ...,796, dok je za mikro NIR: j=1,2,, ..., 228.

Pri evaluaciji modela korišten je koeficijent determinacije ( $R^2$ ) koji je najčešće korišten pokazatelj reprezentativnosti regresije:

$$R^2 = \frac{a \sum_{i=1}^n y_i + b \sum_{i=1}^n x_i y_i - n \cdot \bar{y}^2}{\sum_{i=1}^n y_i^2 - n \cdot \bar{y}^2}, \quad 0 \leq R^2 \leq 1 \quad [2]$$

Model je reprezentativniji što je  $R^2$  bliži jedinici te se prema Chadackovoj ljestvici ocjenjuje čvrstoća veze između ulaznih i izlaznih varijabli (Matić, 2022).

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

Rezultati su podijeljeni u četiri osnovne cjeline te započinju s usporedbama energije i osnovnih nutritivnih podataka za hranu iz kategorija utilitaristička i hedonistička (slike 6 do 10).

Usporedba indikatora slijedi te su u slici 11 uspoređene učestalosti kategorija Nutri-score-a za promatrane uzorke utilitarističke i hedonističke hrane. Ekološki utjecaj promatranih uzoraka iz dvije kategorije hrane prikazan je slikom 12, a stupanj procesiranja i udjela svake od četiri kategorija, prikazano je slikom 13. Toplinska mapa (slika 14) kvalitativno uspoređuje sve promatrane parametre za sve uzorke hrane i pića koji su u mapi raspodijeljene i prema skupini hrane (utilitarističku i hedonističku).

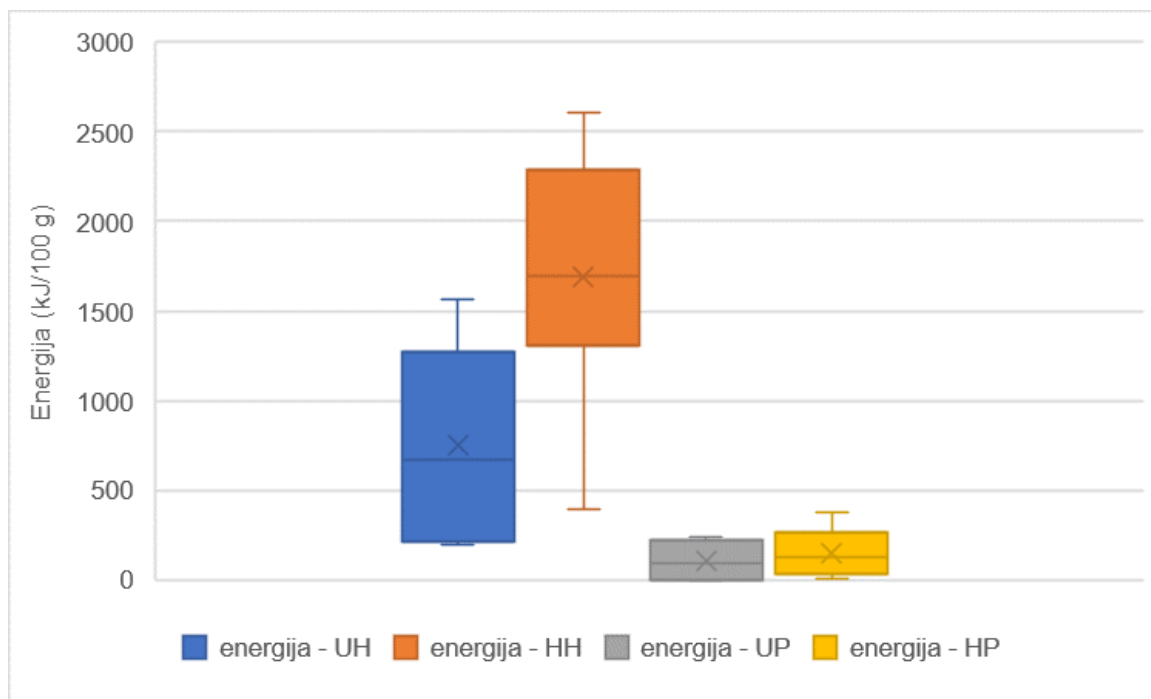
Treću cjelinu čine prikazi spektara snimljenih laboratorijskim (slike 15-17) i prijenosnim NIR uređajem (slike 18-20) te dendrogramom koji prikazuje grupiranje promatranih uzoraka prema NIR spektrima (slika 21).

Zadnja cjelina prikazuje rezultate multivarijatne analize kroz kvalitativne usporedbe (PCA analize) za hranu (slika 22) i pića (slika 23). Kvantitativna analiza je provedena primjenom PLS regresije te su rezultati prikazani u tablicama 2 i 3, ovisno o tome jesu li se u modelima kao ulazni podaci koristili spektri hrane ili pića.

Regresijski modeli čije su nezavisne vrijednosti apsorbance (za laboratorijski uređaj), a čije su zavisne varijable sadržaj energije, makronutrijenata, soli i vlakana, prikazani su na slikama 24 i 26, dok su na slikama 25 i 27 prikazani regresijski pravci za tri promatrana score-a (Nutri-score, Eco-score i NOVA) za hranu (slike 24 i 25) i pića (26 i 27).

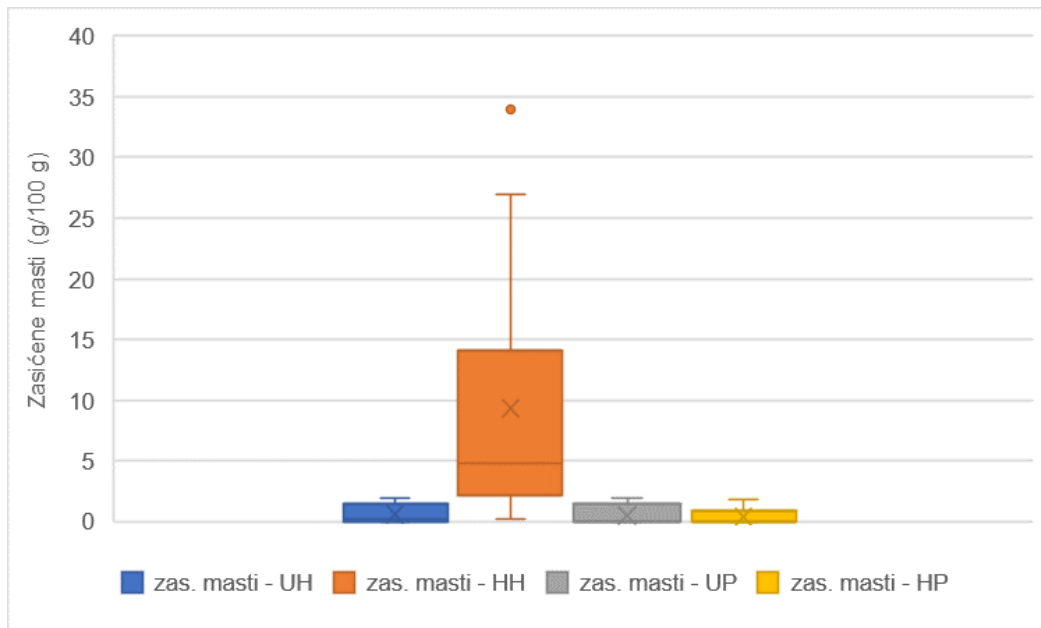
#### 4.1. ENERGETSKO-NUTRITIVNI SASTAV HRANE I PIĆA IZ UTILITARISTIČKE I HEDONISTIČKE SKUPINE

Na temelju podataka s deklaracije izrađeni su grafovi koji nam daju podatke o energetsko-nutritivnom sastavu hrane i pića korištenog za analizu.



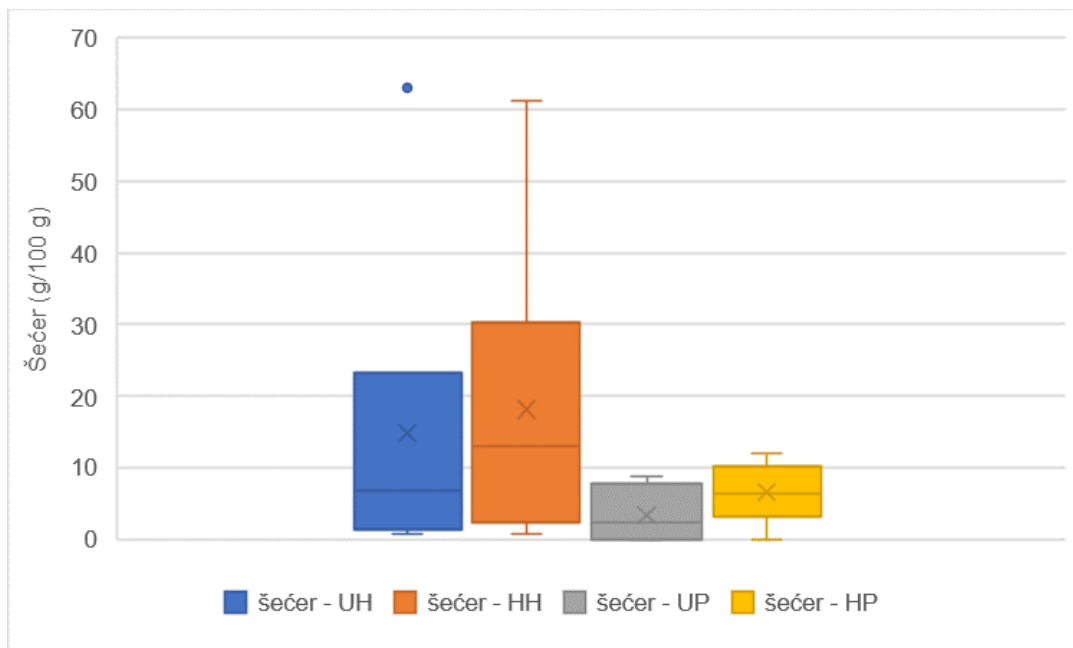
**Slika 6.** Usporedba energetske vrijednosti hrane (H) i pića (P) razvrstanih u kategoriju utilitarističku (U) i hedonističku (H)

Box-Whisker dijagram na slici 6 prikazuje usporedbu energetske vrijednosti za hedonističku i utilitarističku skupinu. Predstavlja odnos minimuma, maksimuma (krajevi linija izvan kutije), medijana (linija unutar kutije), gornjeg i donjeg kvartila (krajevi kutije) te srednje vrijednosti (x unutar kutije) (Smajić, 2021). Na slici je vidljivo da nije prisutan *outlier*, tj. stršeća vrijednost. Nadalje, može se primijetiti razlika u raspodjeli vrijednosti između hrane svrstane u utilitarističku i hedonističku kategoriju. Hedonistička hrana (HH) ima puno veće energetske vrijednosti u odnosu na utilitarističku hranu (UH), na primjer srednja vrijednost UH iznosi oko 70 kJ/100 g, a HH je otprilike 1900 kJ/100 g, minimum kod UH iznosi oko 250 kJ/100 g, kod HH iznosi oko 1000 kJ/100 g, dok je maksimum UH oko 1550 kJ/100 g, a HH oko 2600 kJ/100 g. Energetske vrijednosti za piće nešto su više za hedonističku u odnosu na utilitarističku kategoriju.



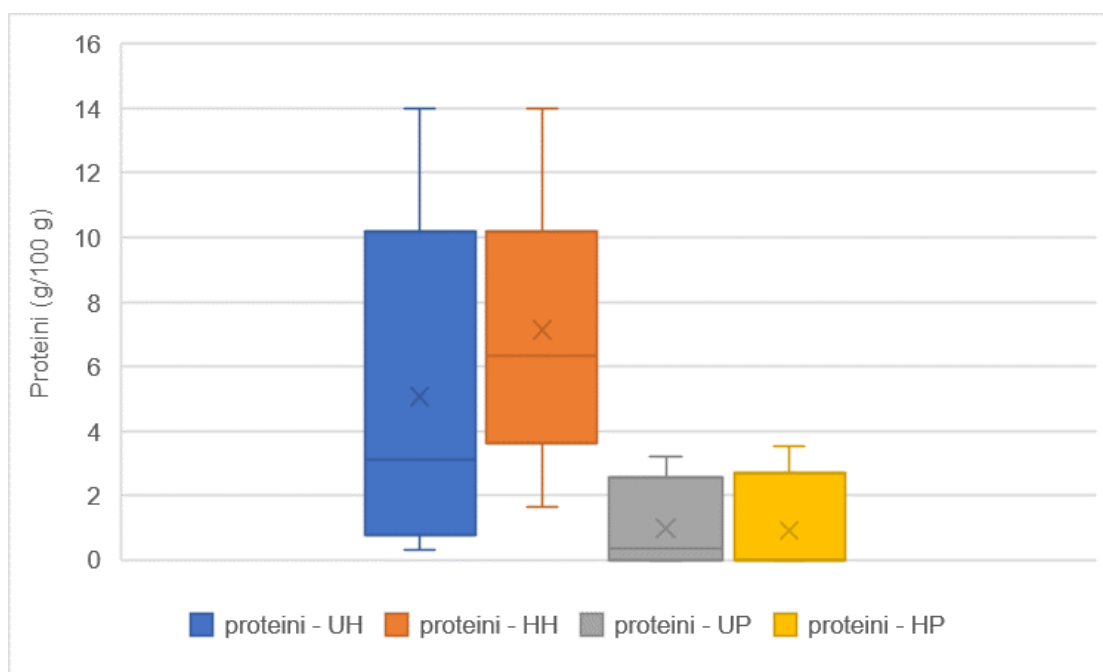
**Slika 7.** Usporedba vrijednosti zasićenih masti hrane (H) i pića (P) razvrstanih u kategoriju utilitaristička (U) i hedonistička (H)

Slika 7 prikazuje značajne razlike u raspodjeli vrijednosti zasićenih masti za hedonističku i utilitarističku hranu. Vrijednosti zasićenih masti za UH su znatno niže od vrijednosti za HH, primjerice medijan za UH iznosi oko 1 g/100 g, dok je za HH otprilike 11 g/100 g. Prema Chmurzynska i sur. (2021) hedonistička glad povezana je s unosom odabranih vrsta hrane s visokim udjelom masti, što je u skladu s dobivenim podacima. Kod pića razlike u vrijednostima su slabo primjetne. Nije prisutan *outlier*, tj. vrijednost koja značajno odstupa.



**Slika 8.** Usporedba vrijednosti šećera hrane (H) i pića (P) razvrstanih u kategoriju utilitaristička (U) i hedonistička (H)

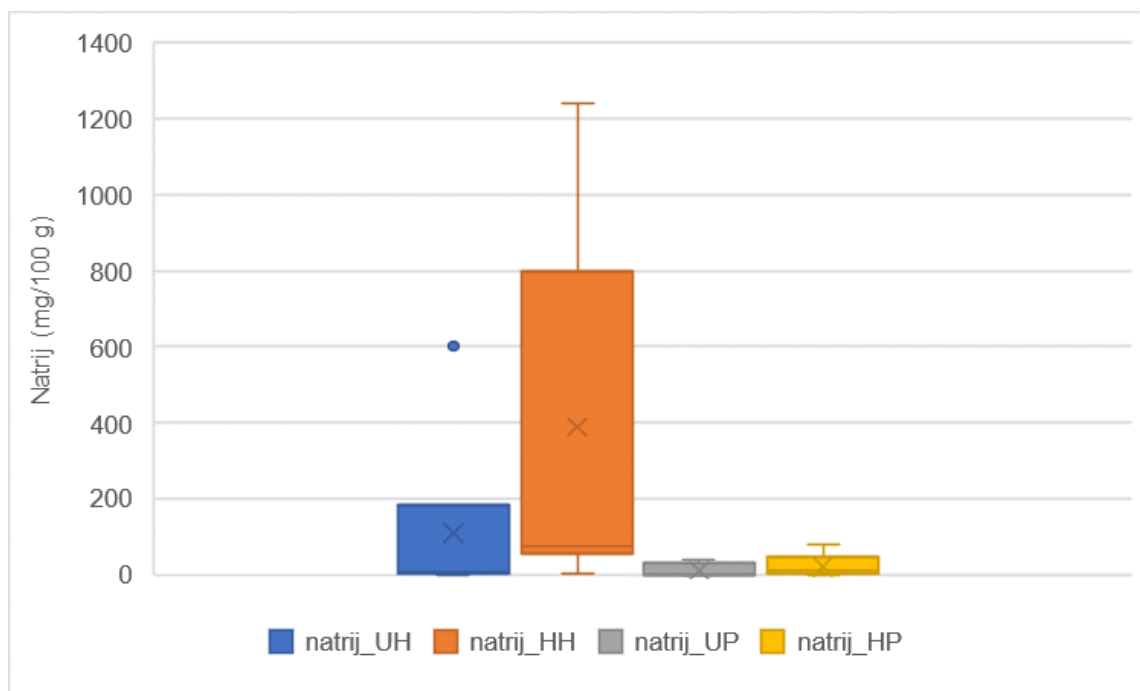
Na slici 8 Box-Whiskerovim grafom također je prikazana razlika u raspodjeli vrijednosti šećera između UH i HH, ali i kod UP i HP. Hedonistička hrana i pića imaju veći udio šećera u odnosu na utilitarističku hranu i piće. Iz grafa se može vidjeti da je prisutan *outlier* kod UH, tj. vrijednost koja značajno odstupa, što je očekivano s obzirom na to da su u utilitarističku hranu svrstane suhe datulje koje su koncentrirani izvor šećera, odnosno više od 70 % sastava čine ugljikohidrati. Al-Farsi i Lee (2008) navode da suhe datulje sadrže u prosjeku 20,7 g/100 g više šećera u odnosu na svježe datulje. Također, sadrže značajan udio vlakana te prirodnih antioksidansa koji pridonose zdravlju, stoga su uvrštene u utilitarističku skupinu.



**Slika 9.** Usporedba vrijednosti proteina hrane (H) i pića (P) razvrstanih u kategoriju utilitaristička (U) i hedonistička (H)

Na slici 9 vidljivo je da UH i HH obuhvaćaju širok raspon između minimalnih i maksimalnih vrijednosti za proteine te da za UP i HP razlike u raspodjeli vrijednosti nisu značajne.

Kimura i sur. (2022) navode da je unos hrane s većim sadržajem proteina bio značajno povezan s boljom fizičkom izvedbom i većom razinom funkcionalnog kapaciteta što se može povezati s unosom utilitarističke hrane, a u suprotnosti je s rezultatima ovog istraživanja gdje medijan za UH iznosi oko 3,2 g/100 g, dok je medijan za HH veći te iznosi oko 7,2 g/100 g. Podaci dobiveni istraživanjem Leidy (2014) pokazali su da obroci s visokim sadržajem proteina mogu značajno utjecati na prehrambeno ponašanje potaknuto nagrađivanjem. Takvi obroci s visokim sadržajem proteina doveli su do smanjene aktivacije područja u mozgu koja se obično povezuju sa žudnjom za hranom. Osim toga, došlo je do smanjenja večernjeg konzumiranja hrane bogate mastima i/ili šećerom što je povezano s osjećajem sitosti nakon konzumacije proteina.



**Slika 10.** Usporedba vrijednosti natrija hrane (H) i pića (P) razvrstanih u kategoriju utilitaristička (U) i hedonistička (H)

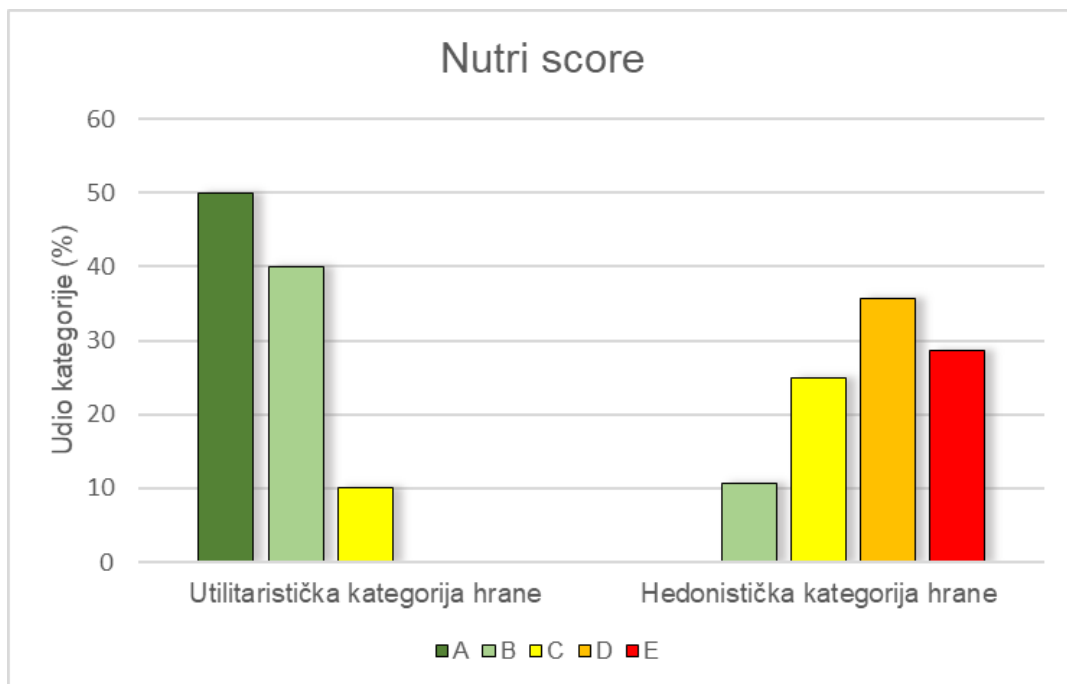
Na slici 10 Box-Whiskerovim dijagramom prikazane su značajne razlike u raspodjeli vrijednosti za natrij. Vrijednosti za UH su znatno manje u odnosu na vrijednosti za HH, te je za UH prisutan *outlier*, tj. vrijednost koja značajno odstupa.

Prema Mørk i sur. (2019) prilikom kupovine hedonističkih proizvoda, potrošači mogu biti manje skloni odabrati proizvod s manje soli ako očekuju da će to negativno utjecati na okus, dok kod utilitarnih proizvoda potrošači bi mogli biti skloniji birati proizvod s manje soli, ako se vode zdravstvenim razlozima. Dakle, veća je vjerojatnost da će potrošači odabrati utilitarističke proizvode sa smanjenim sadržajem soli u odnosu na proizvode iz hedonističke kategorije što je u skladu s rezultatima ovog istraživanja.

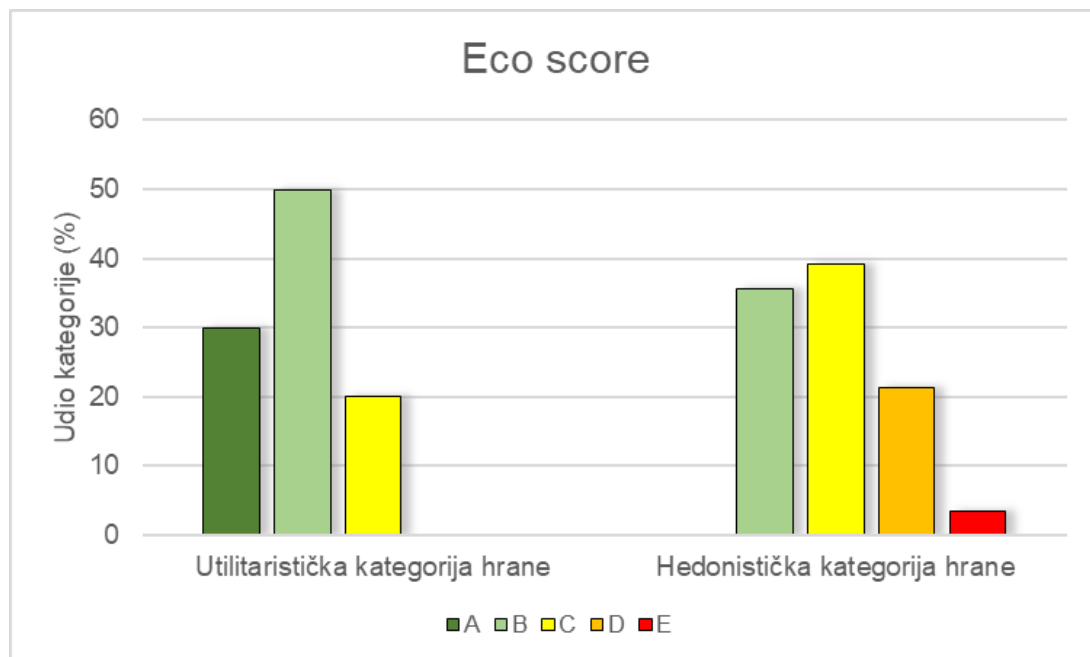
#### 4.2.RASPODJELA HRANE I PIĆA UTILITARISTIČKE I HEDONISTIČKE SKUPINE PREMA SUSTAVU BOJA ZA KLASIFIKACIJU HRANE I PIĆA, EKOLOŠKOM OTISKU TE STUPNJU PROCESIRANJA

Izračunate su odabrane nutritivne informacije poput sustava boja za klasifikaciju hrane i pića (Nutri score), ekološki otisak (Eco score) i stupanj procesiranja (NOVA) kako bi se usporedila nutritivna kvaliteta ovih dviju kategorija (utilitarističke i hedonističke). Za svu hranu i piće izračunate su vrijednosti prema dostupnim tablicama i na temelju dobivenih podataka klasificirane su u određenu skupinu.

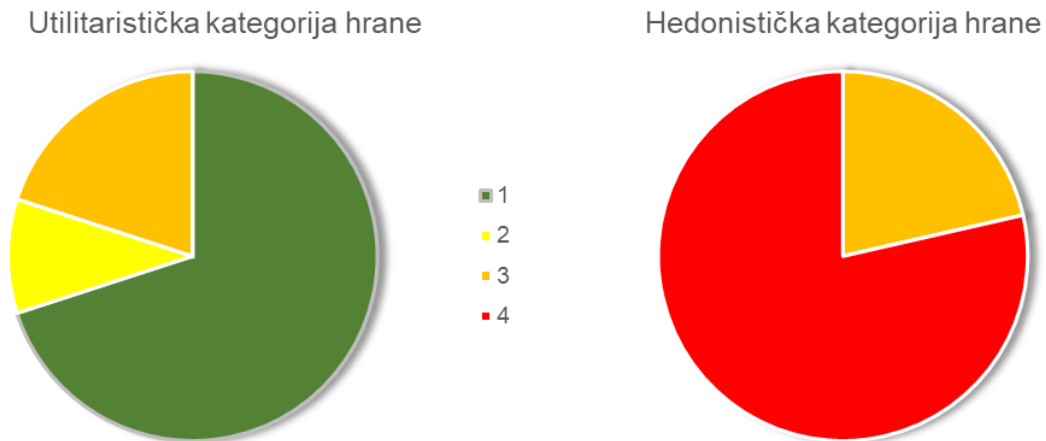
Zastupljenost navedenih kategorija za utilitarističke i hedonističke proizvode prikazana je štapićastim te kružnim dijagramom.



**Slika 11.** Zastupljenost Nutri score kategorija za utilitarističke i hedonističke proizvode



**Slika 12.** Zastupljenost Eco score kategorija za utilitarističke i hedonističke proizvode



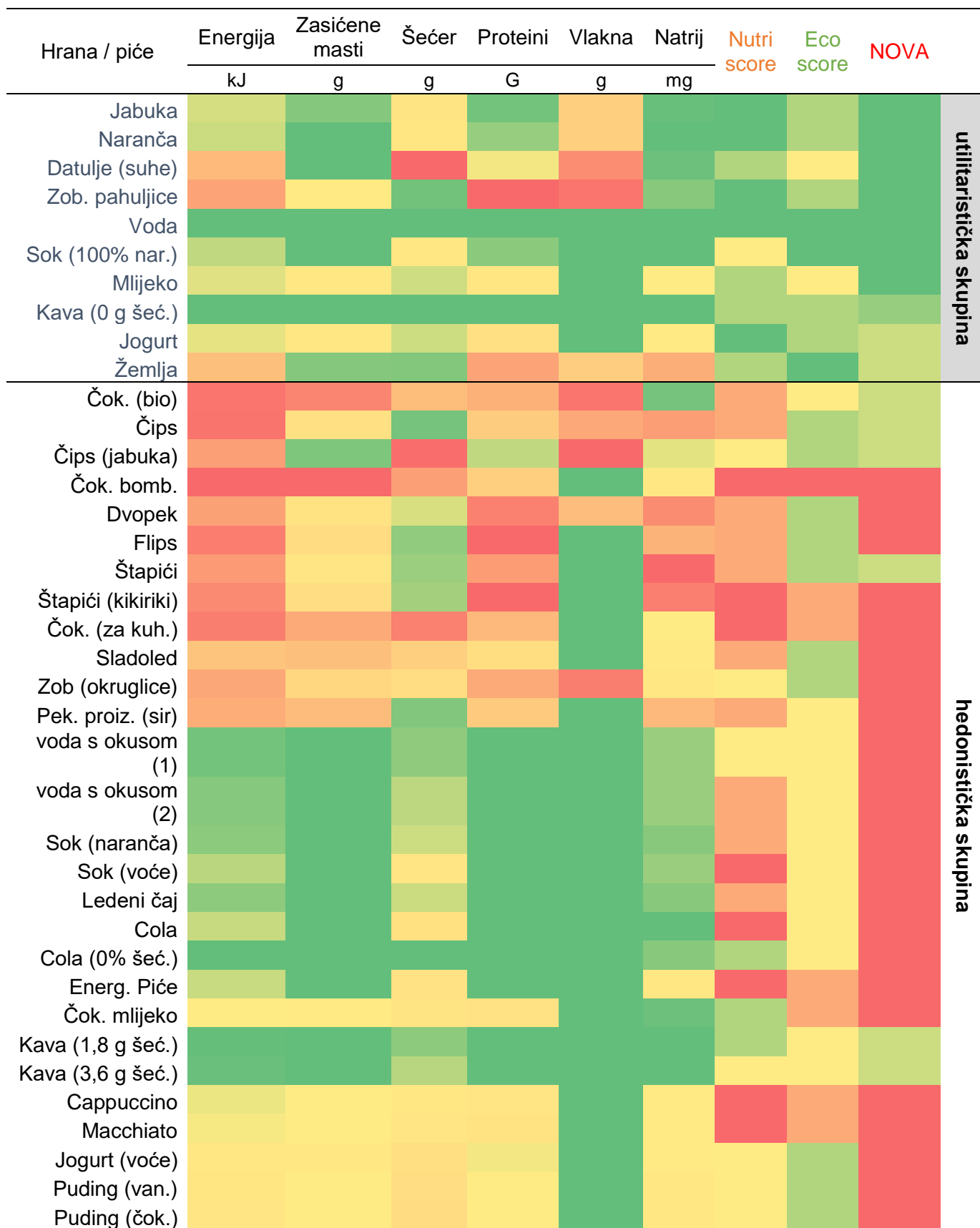
**Slika 13.** Zastupljenost NOVA score kategorija za utilitarističke i hedonističke proizvode

Slike 11-13 prikazuju zastupljenost Nutri score, Eco score i NOVA score kategorija za utilitarističke i hedonističke proizvode. Iz rezultata za Nutri score (slika 11) vidljivo je da je A kategorija najzastupljenija (50 %) kod utilitarističkih namirnica, dok D i E kategorije uopće nisu zastupljene. Graf također prikazuje da nijedna namirnica nije imala oznaku A za hedonističku kategoriju namirnica, dok je najzastupljenija D kategorija (35,7 %), a zatim slijedi E kategorija (28,6 %). Prema Ovrebo i sur. (2023) većina voća klasificirana je u A kategoriju, dok je više od 80 % slane i slatke hrane kao što su čips i čokolada klasificirano u D ili E kategoriju. Nadalje, većina (93 %) zaslađenih pića klasificirana je u D ili E kategoriju, dok je 95 % umjetno zaslađenih pića svrstano u C kategoriju što je sukladno rezultatima ovog istraživanja.

Prema Eco score klasifikaciji (slika 12) najzastupljenija je B kategorija (50 %), nakon koje slijedi odmah A kategorija (30 %), dok nijednoj namirnici nisu dodijeljene kategorije D i E za utilitarističku kategoriju namirnica. Nasuprot tome, kod hedonističke kategorije namirnica nije prisutna A kategorija, dok je najzastupljenija C kategorija (39,3 %).

Nadalje, iz grafa zastupljenosti NOVA score kategorija (slika 13) može se uočiti da je za utilitarističku kategoriju hrane najviše zastupljena 1 kategorija (70 %), a kategorija 4 nije prisutna. Suprotno tome, kod hedonističke kategorije hrane najzastupljenija je 4 kategorija (79 %), a kategorije 1 i 2 nisu zastupljene među odabranim namirnicama.





**Slika 14.** Toplinska mapa kvalitativnih sličnosti/razlika u energetske-nutritivnom sastavu prema sustavu boja za klasifikaciju hrane i pića, ekološkom otisku te stupnju procesiranja

Na prikazanoj toplinskoj mapi (slika 14) vidljivo je da se boje izmjenjuju od tamno zelene do svijetlo zelene, žute, narančaste te crvene. Crvena boja označava vrlo visoke vrijednosti, žuta srednje vrijednosti, dok zelene nijanse odgovaraju nižim vrijednostima, točnije tamno zelena označava najniže vrijednosti. Toplinska mapa je podatkovna matrica koja pomoću gradijenta boja vizualizira vrijednosti što omogućava dobar pregled najvećih i najmanjih vrijednosti u matrici (Metsalu i Vilo, 2015). Dakle, vizualno, pomoću boja omogućava izdvajanje promatranih namirnica prema sličnosti/razlikama.

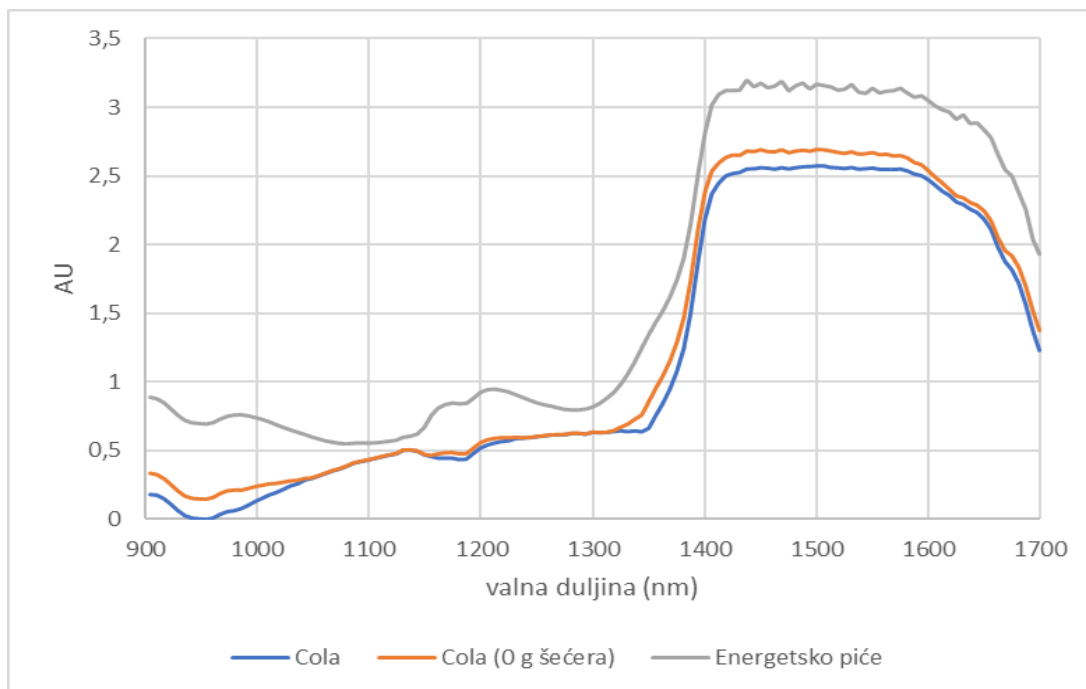
U gornjem dijelu toplinske mape nalaze se namirnice utilitarističke skupine te se primjećuje dominantno zelena i žuta boja što ukazuje na niske vrijednosti većine promatranih parametara. Primjerice, primjećuje se pojava crvene boje za proteine i vlakna kod zobnih pahuljica, što upućuje na visok udio proteina i vlakana, što je poželjno, dok zelena boja kod vlakana većine hedonističkih namirnica upućuje na nizak udio vlakana u tim namirnicama što je nepoželjna karakteristika. Zob ima jedinstven sastav uz visok udio proteina (11-15 %) (Rasane i sur., 2013) te visok sadržaj vlakana, oko 10 do 15 %. Prehrana bogata vlaknima povezana je s većom mikrobnom raznolikošću (Fabiano i sur., 2023).

U donjem dijelu toplinske mape prisutne su namirnice hedonističke skupine te dominiraju narančasta, žuta i crvena što pokazuje da su vrijednosti promatranih parametara veće.

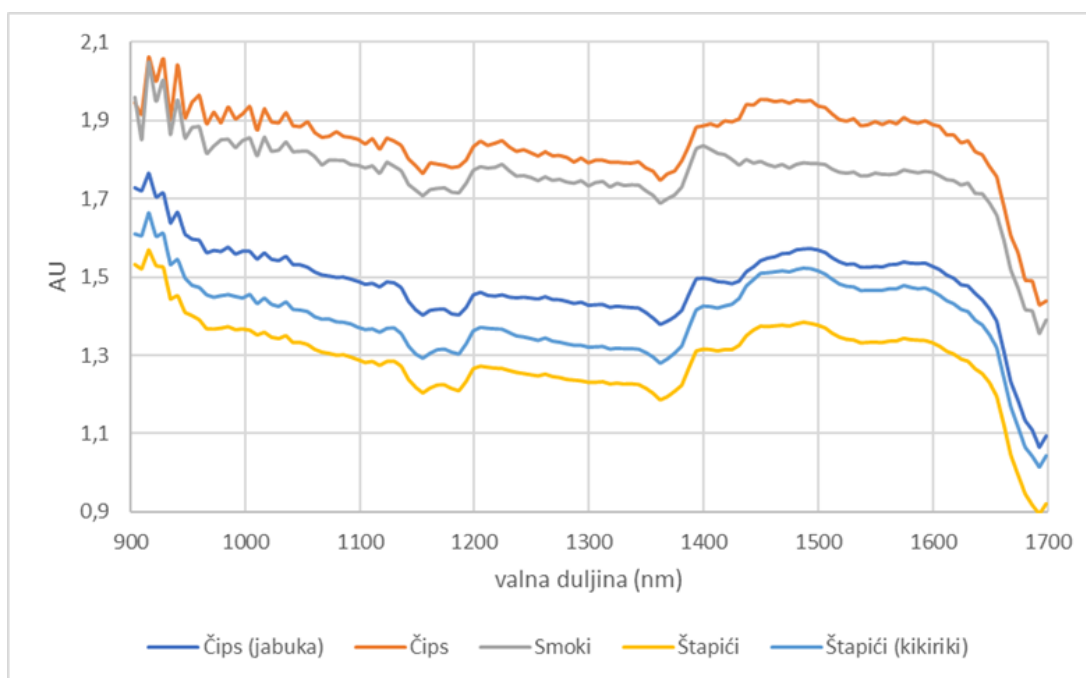
### **4.3. REZULTATI BLISKO-INFRACRVENE SPEKTROSKOPIJE**

Hrana predstavlja složenu matricu koja se sastoji od vode, proteina, ugljikohidrata, masti i soli (Kucharska-Ambrožej i Karpinska, 2020) te se blisko-infracrvena spektroskopija pokazala izvrsnim alatom za praćenje kvalitete hrane i/ili pića jer se u NIR području mogu pratiti vibracije veza (O–H, N–H, C–H i S–H) u različitim overtonima (Granato i sur., 2018).

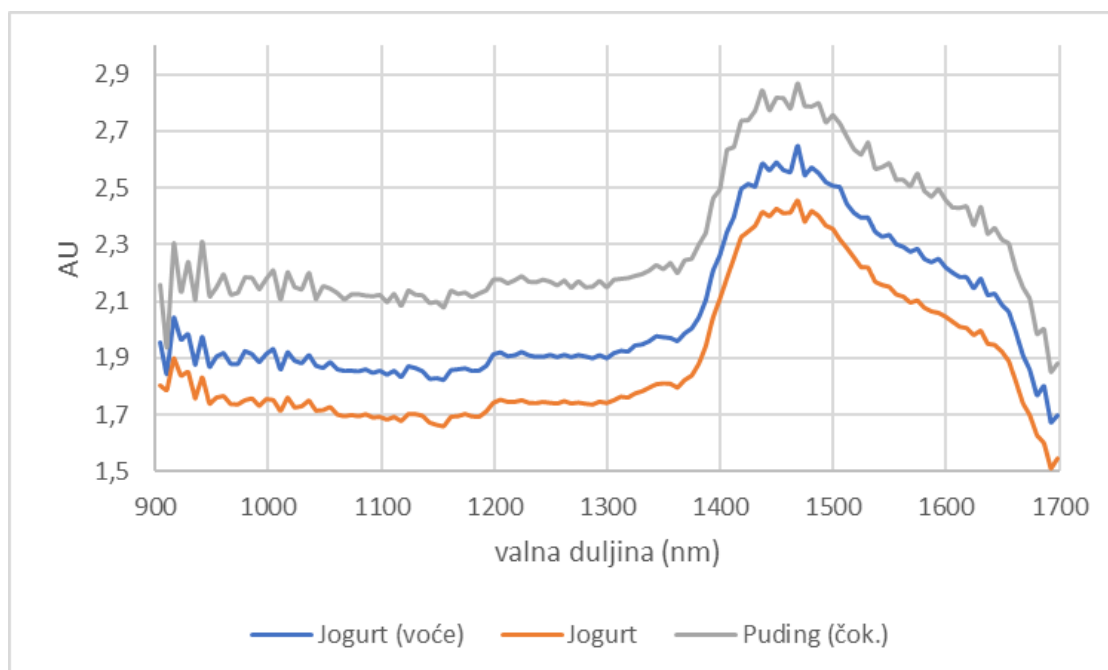
Kako bi se utvrdilo potencijalno grupiranje uzoraka na osnovu NIR spektara, korišteni su sirovi apsorpcijski spektri (bez dodatne obrade) koji su za neku od hrane i pića prikazani na slikama u nastavku.



**Slika 15.** NIR spektri za tri pića snimljeni laboratorijskim uređajem



**Slika 16.** NIR spektri grickalica snimljeni laboratorijskim NIR uređajem



**Slika 17.** NIR spektri jogurta i pudinga snimljeni laboratorijskim NIR uređajem

Apsorpcijske krivulje određene hrane i pića pokazuju *pikove* karakteristične za određene funkcionalne skupine.

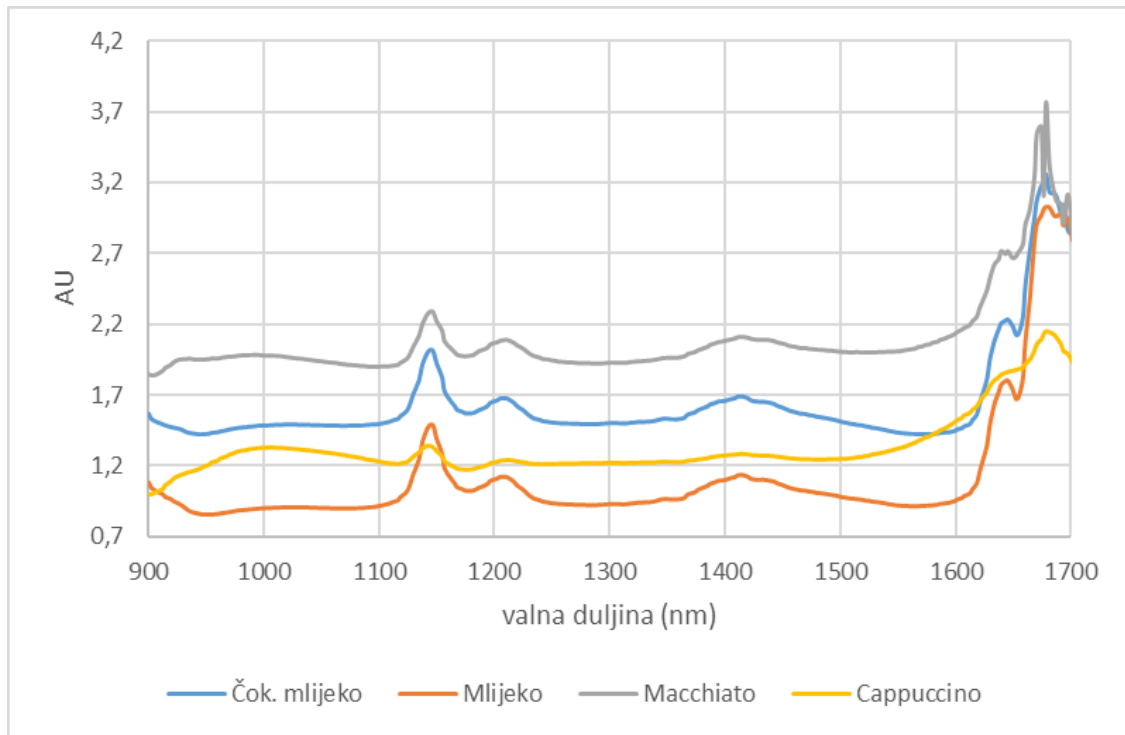
Upravo iz spektara vidljivo je kako su najveće spektralne varijance u području od 1400-1600 nm, a ono predstavlja prvi overton (prizvuk) rastezanja O–H veze kojem dominantno doprinosi voda (Folli i sur., 2022).

Na slici 15 vidljivo je da je trend krivulja sličan za promatrana tri pića. Primjećuje se prvi *pik* pri otprilike 1150 - 1200 nm valne duljine što prema apsorpcijskoj vrpici (prilog 2) odgovara C-H vezi, a upućuje na prisutnost ugljikohidrata. Pri valnoj duljini od približno 1400-1600 nm pojavljuje se najširi *pik* koji ukazuje na prisutnost O-H skupine, odnosno hidroksilne skupine, dakle označava prisutnost vode (prilog 2). Slične rezultate dobili su Minaee i sur. (2016) za šećernu repu gdje NIR spektri imaju *pikove* na istim valnim duljinama, koji se povezuju s apsorpcijskim vrpicama vode i šećera, čime su također bogata analizirana pića.

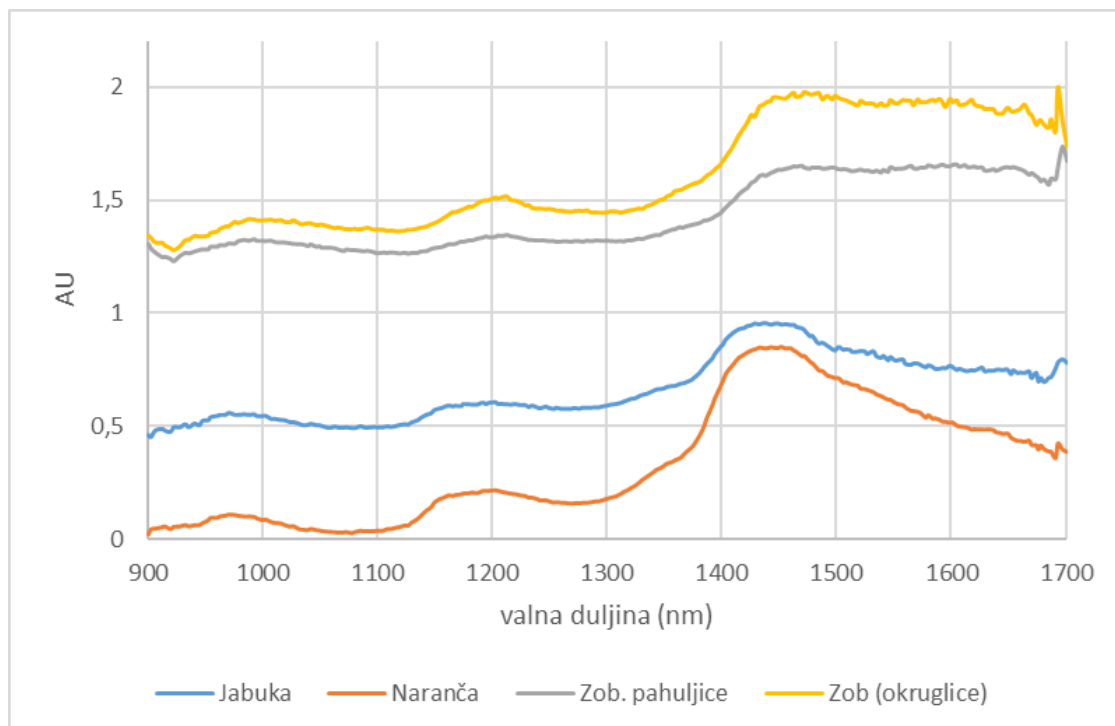
Također, trend krivulja za grickalice (slika 16) pokazuje sličnosti, odnosno krivulje za promatrane grickalice se prilično ujednačeno prate. Zabilježene su značajne vibracije u području ispod 1000 nm, što je u korelaciji s trećim overtonom O–H veze (prilog 2). Nadalje, pri 1120-1150 nm uočava se *pik*, koji prema apsorpcijskoj vrpici odgovara C-H vezi i govori o prisutnosti ugljikohidrata u promatranim namirnicama. Također, pri valnoj duljini od otprilike 1400-1600 nm pojavljuje se *pik*, koji odgovara OH-skupini, a karakterističan je za prisutnost vode u uzorcima (prilog 2).

Na slici 17 vidljiv je sličan trend krivulja za jogurt, čokoladni puding te voćni jogurt. Kao kod grickalica, primjećuju se vibracije u valnom području ispod 1000 nm, što korelira s trećim

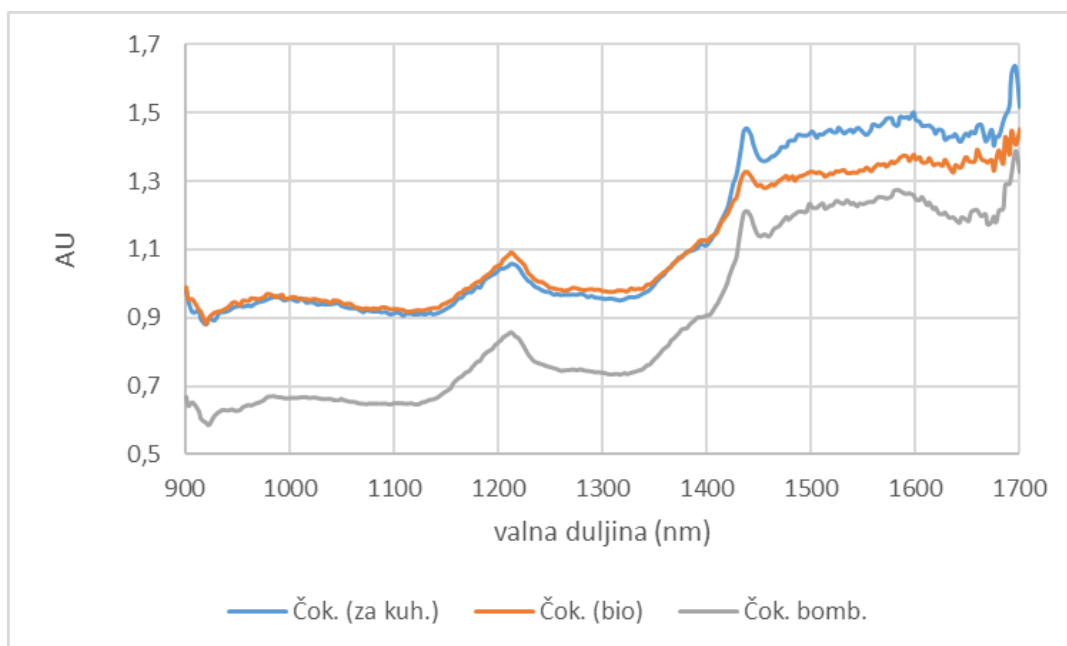
overtonom O–H veze. Kod jogurta su vidljive intenzivne trake u području oko 1180 nm koje se povezuju s drugim overtonom O–H veze, što je u skladu s prethodnim istraživanjima (Xu i sur., 2013), dok se u području od 1400-1600 nm pojavljuje *pik* koji označava prisutnost vode.



**Slika 18.** NIR spektri napitaka snimljeni prijenosnim uređajem



**Slika 19.** NIR spektri snimljeni prijenosnim uređajem voća i zobenih pahuljica (u dvije forme)

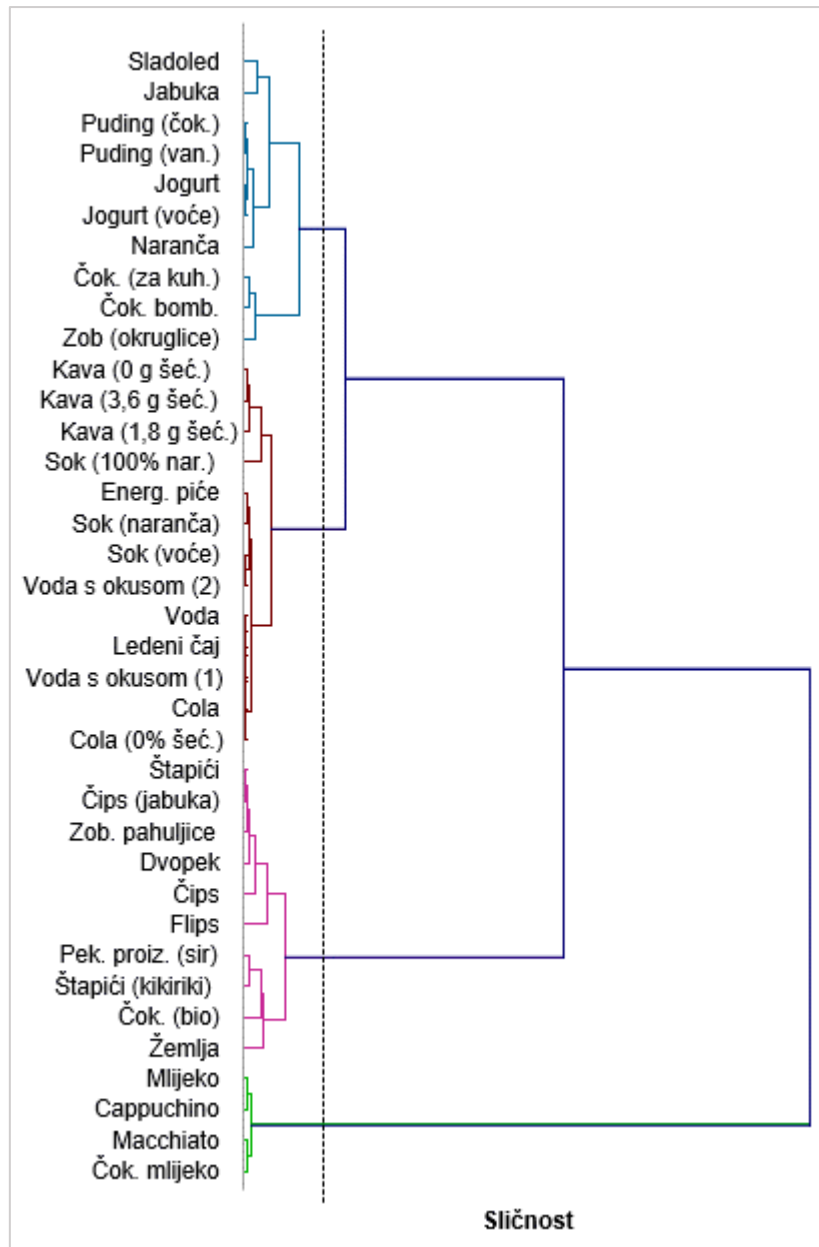


**Slika 20.** NIR spektri različitih vrsta čokolade snimljeni prijenosnim uređajem

Kod promatranih napitaka (slika 18) vidljivo je da je trend krivulja za sve napitke osim za cappuccino sličan, dakle krivulje prilično ujednačeno prate jedna drugu. Prvi *pik* pojavljuje se pri valnoj duljini od približno 1150 nm koji prema apsorpcijskoj vrpici iz priloga 2. upućuje na prisutnost CH- veza, a one su karakteristične za ugljikohidrate te govore o njihovoj prisutnosti u ovim napitcima. Zatim, pri otprilike 1400 nm vidljiv je *pik*, što prema apsorpcijskoj vrpici odgovara OH – skupini, odnosno označava prisutnost vode. Također, pri 1680 nm uočava se *pik*, što prema apsorpcijskoj vrpici (prilog 2) odgovara C-H vezi, dakle upućuje na prisutnost ugljikohidrata.

Na slici 19 trend krivulja prilično je sličan za jabuku i naranču, odnosno za zobene pahuljice i zobene okruglice. Pri valnoj duljini od 1150-1200 nm uočava se *pik* koji prema apsorpcijskoj vrpici (prilog 2) upućuje na prisutnost C-H veza, one su karakteristične za ugljikohidrate. Zatim pri otprilike 1400-1500 nm vidljiv je *pik* koji prema apsorpcijskoj vrpici upućuje na prisutnost OH-skupine, tj. hidroksilne skupine, dakle označava prisutnost vode u ovim uzorcima.

Na promatranom spektru (slika 20) krivulje se ujednačeno prate za različite vrste čokolade. Prema literaturi se dvije regije u području između 1100 – 1500 nm povezuju s mastima, a to su vibracije u regiji 1140-1250 nm i 1350-1500 nm jer se odnose na najzastupljenije spojeve u uljima kao što su slobodne masne kiseline i nezasićene molekule (Pereira i sur., 2019) te područje triacilglicerola i slobodnih masnih kiselina, što je vidljivo i u NIR spektrima promatranih čokolada. U tim NIR područjima se prate drugi overtoni C–H vibracija i veza – CH<sub>2</sub>, –CH<sub>3</sub> i –CH=CH dok područje od 1300 – 1500 nm prati C–H rastezanje (Balbino i sur., 2022; Folli i sur., 2022), a upravo C–H veze se povezuju i s ugljikohidratima i šećerima (Gajdoš Kljusurić i sur., 2019).



**Slika 21.** Dendrogram grupiranja uzoraka prema snimljenim NIR spektrima u valnom području 900 – 1700 nm.

Prema slici 21, hrana i piće su se raspodijelile u četiri osnovne skupine: (i) hrana u kojoj dominiraju šećeri, (ii) pića, (iii) hrana bogata ugljikohidratima i soli te (iv) proteinski bogati napitci. Prva skupina, hrana koja obiluje šećerom, uključuje voće (Jabuka, Naranča), mliječne proizvode (običan i voćni jogurt, pudinge), slatkiše (čokolade (bomboni i za kuhanje) i sladoled) te zobene okruglice. Drugu skupinu čine svi uključeni napitci osim onih na bazi mlijeka koji čine četvrtu skupinu i uključuju mlijeko, čokoladno mlijeko te kupovne pripremljene napitke (Cappuccino i Macchiato). Treća skupina obuhvaća hranu bogatu ugljikohidratima, a uključuje zobene pahuljice, grickalice (čips, štapići, flips), pekarske proizvode koji također sadrže velike količine soli.

Kako bi se informacije sadržane u bliskoinfracrvenom spektru povezale s ostalim prikupljenim podacima (o energetske-nutritivnom sadržaju hrane i pića te njihovim klasifikacijama u sustavu boja za klasifikaciju hrane i pića, ekološkom otisku te stupnju procesiranja), nužno je primijeniti kemometrijske analize. Kemometrija je sukladno IUPAC definiciji primjena statistike u analizi kemijskih podataka (Ukić, 2016), što svakako skup prikupljenih podataka i predstavlja. Pri tome će se koristiti alati multivarijatne analize.

U analizi kemijskih podataka postoji nekoliko statističkih metoda koje se najčešće koriste, a to su: (i) analiza glavnih komponenata (engl. *Principal Components Analysis*, PCA), (ii) analiza zajedničkih komponenata i određene težine (engl. *Common Components and Specific Weight Analysis*, CCSWA), (iii) faktorska diskriminativna analiza (engl. *Factorial Discriminant Analysis*, FDA), (iv) kanonička korelacijska analiza (engl. *Canonical Correlation Analysis*, CCA), (v) regresija glavnih komponenata (engl. *Principal Component Regression*, PCR) te (vi) metoda parcijalnih najmanjih kvadrata (engl. *Partial Least Squares*, PCR) (Matijević i Blažić, 2008). U ovom radu, pri analizi dobivenih podataka od ovih navedenih statističkih metoda koristit će se analiza glavnih komponenata (PCA) i parcijalna regresija metodom najmanjih kvadrata (PLS).

#### **4.4. REZULTATI MULTIVARIJATNE ANALIZE**

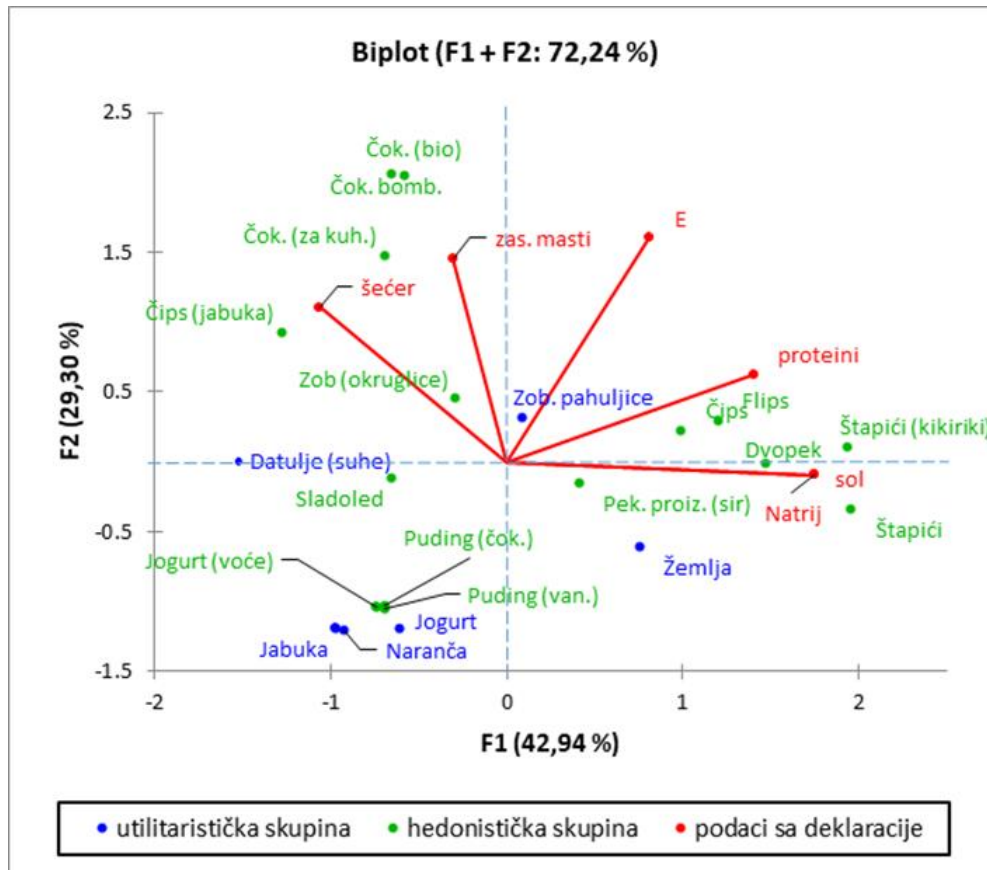
Simultana analiza i vizualizacija složenih podataka koji sadrže veći broj zavisnih i/ili nezavisnih varijabli u različitim stupnjevima međusobne korelacije predstavlja opis multivarijatne analize (Kurtanjek i Gajdoš Kljusurić, 2014). Upravo navedeno je odlika i prikupljenih podataka o energetske-nutritivnom sastavu izabranog skupa hrane i pića, njihovim skupinama prema sustavu boja za klasifikaciju hrane i pića (Nutri score), ekološkom otisku (Eco score) te stupnju procesiranja (NOVA) te NIR spektara za hranu i pića iz utilitarističke i hedonističke skupine.

##### **4.4.1. Analiza glavnih komponenata**

Analiza glavnih komponenata (PCA) je statistička metoda koja se najčešće primjenjuje kod obrade podataka s više varijabli. S obzirom na to da je cilj da se što veći broj varijabli objasni pomoću što manjeg broja varijabli, ova metoda analizira korelaciju unutar jednog skupa varijabli i posljedičnu redukciju dimenzionalnosti prostora. U slučaju da korelacija ne postoji, PCA metoda neće se primijeniti. Koristi se u svrhu pojednostavljenja signala i pripreme za obradu (Matijević i Blažić, 2008). Pomoću ove analize omogućava se kvalitativno razlikovanje uzoraka obuhvaćenih analizom, uzorci se grupiraju, što upućuje na postojanje sličnosti i/ili razlika između njih.



Analiza glavnih komponenta provedena je (i) na osnovu energetskog i nutritivnog sastava hedonističke i utilitarističke kategorije (slika 22) te (ii) na osnovu klasifikacije hrane i pića prema sustavu boja, ekološkom otisku te stupnju procesiranja (slika 23).



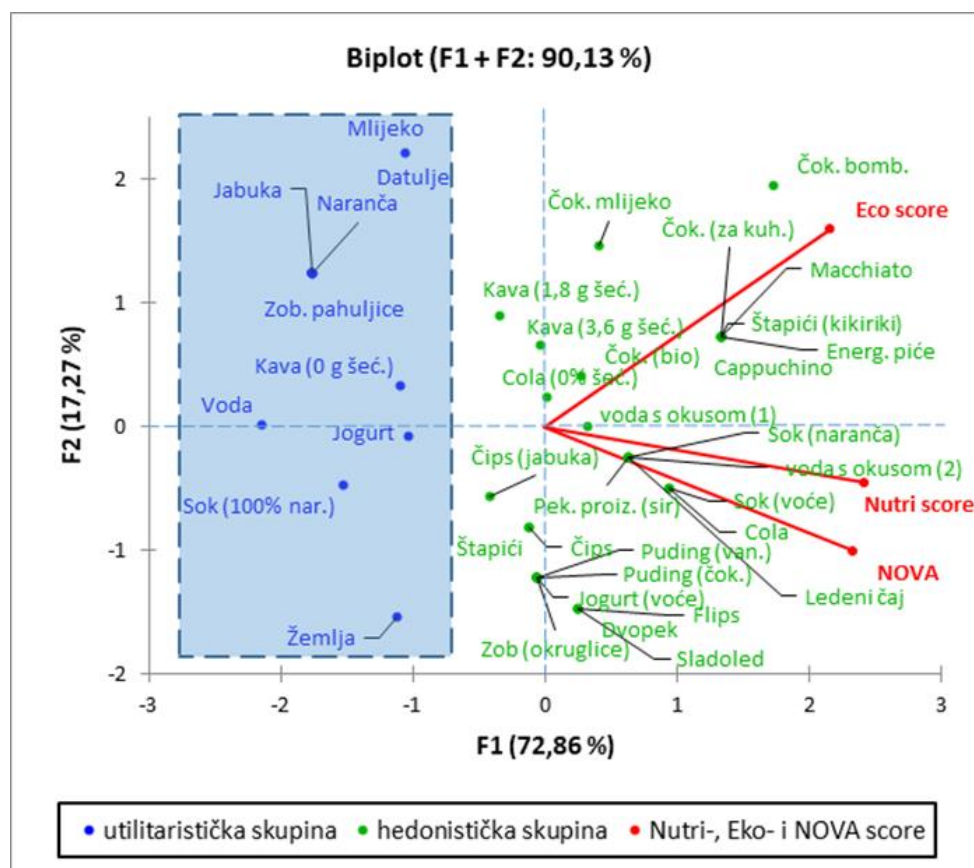
**Slika 22.** Analiza glavnih komponenta analizirane hrane utilitarističke i hedonističke skupine

Na slici 22 prikazana je PCA analiza gdje su kao ulazni podaci korišteni NIR spektri kojima su kao sekundarne varijable pridružene vrijednosti kemijskog sastava (energija, sadržaj proteina, zasićenih masti, šećera, soli te natrija). U 1. i 2. kvadrantu pozicionirale su se većinom namirnice hedonističke skupine, što ukazuje na više vrijednosti energije i sadržaja navedenih nutrijenata u tim namirnicama, dok u 3. i 4. kvadrantu nema jasne podjele između hedonističke i utilitarističke skupine, zastupljene su obje kategorije. Namirnice poput čokolade, čipsa od jabuke i zobenih okruglica grupirale su se u 2. kvadrantu što ukazuje na njihovu međusobnu sličnost, dakle u ovom slučaju veći sadržaj šećera i zasićenih masti. Iznimno visoke udjele soli (i natrija) imaju grickalice i pekarski proizvodi koji su vrlo blizu smješteni u koordinatnom sustavu što govori o njihovoj sličnosti.

Kvalitativni prikaz odnosa pomoću PCA pokazuje da u pudingu i sladoledu ima šećera i zasićenih masti, ali ne toliko koliko u čokoladi i čokoladnim bombonima.

Jabuka, naranča i datulje su se smjestile u 3. kvadrantu, dakle nasuprot hrani u 1. kvadrantu, stoga se može zaključiti da se međusobno jako razlikuju, odnosno uzorci voća imaju manje količine proteina, manje soli, te imaju niže energetske vrijednosti.

Na osnovu navedenog može se očekivati povezanost NIR spektara s raspodjelom hrane i pića prema sustavu boja, ekološkom otisku i stupnju procesiranja (slika 23).



**Slika 23.** Analiza glavnih komponenta analiziranih uzoraka iz utilitarističke i hedonističke skupine

Na temelju toga NIR spektrima su pridodane Nutri- Eco- i NOVA score vrijednosti. Dobiveni biplot (združeni prikaz) s hranom i pićem pokazuje da je došlo do razdvajanja utilitarističke i hedonističke skupine na temelju NIR spektara i raspodjele po navedenim klasifikacijama. U lijevom dijelu koordinatnog sustava (2. i 3. kvadrantu) pozicionirale su se sve namirnice utilitarističke skupine, dok su se namirnice hedonističke skupine grupirale pretežno u desnom dijelu koordinatnog sustava. Navedeno ukazuje na niže vrijednosti Nutri-, Eco- te NOVA score-a u hrani i piću u lijevim kvadrantima. Izrazito visoke Nutri score vrijednosti imaju namirnice u 4. kvadrantu kao što su zaslađeni napitci (ledeni čaj, kola, voćni sok), dok namirnice smještene

u 1. kvadrantu poput čokolade, čokoladnog mlijeka, kave, macchiato i grickalice imaju veće Eco score vrijednosti.

Kvalitativni prikaz PCA analize s dvije glavne komponente opisuje oko 72-90 % svih varijacija u promatranom skupu podataka.

Iz navedenih podataka jasno je vidljivo da PCA analiza dobro pokazuje razlike u sadržaju energije i nutrijenata, kao i raspodjelu po klasifikacijama među analiziranim skupinama.

#### 4.4.2. Kvantitativna analiza

Parcijalna regresija metodom najmanjih kvadrata (PLS) je najčešće korištena metoda kvantitativne analize koja povezuje NIR spektre s promatranim parametrima (Beć i sur., 2022) i pokazuje visoku razinu korelacije između zavisnih i nezavisnih varijabli. Ova metoda najučinkovitija je kod predviđanja rezultata (Matijević i Blažić, 2008). Kreirani su PLS modeli gdje su se kao ulazne varijable koristile valne duljine NIR spektara, dok su izlazne varijable kemijski sastav i klasifikacije hrane.

U tablicama koje slijede korišteni su parametri poput minimuma, maksimuma, srednje vrijednosti, standardne devijacije i koeficijent determinacije ( $R^2$ ) za analizirane uzorke hrane (tablica 2) i pića (tablica 3).

**Tablica 2.** Rezultati regresijske analize za analizirane uzorke hrane

Varijabla	Minimum	Maksimum	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Laboratorijski NIR	Mikro NIR
					$R^2$	$R^2$
Energija (kJ)	196,7	2603,0	1367,7	828,5	0,994	0,823
Zasićene masti (g)	0,0	34,0	6,8	9,5	0,999	0,856
Šećer (g)	0,7	61,2	14,6	17,7	1,000	0,678
Proteini (g)	0,3	14,0	6,5	4,5	0,916	0,518
Sol (mg)	0,0	3100,0	766,1	1012,8	0,960	0,684
Vlakna (g)	0,0	11,0	2,9	4,0	0,991	0,164
Na (mg)	0,0	1240,0	306,5	405,1	0,960	0,684
Nutri score	1,0	5,0	3,2	1,4	0,998	0,628
Eco score	1,0	5,0	2,4	0,9	0,911	0,551
Nova score	1,0	4,0	3,3	1,0	1,000	0,571

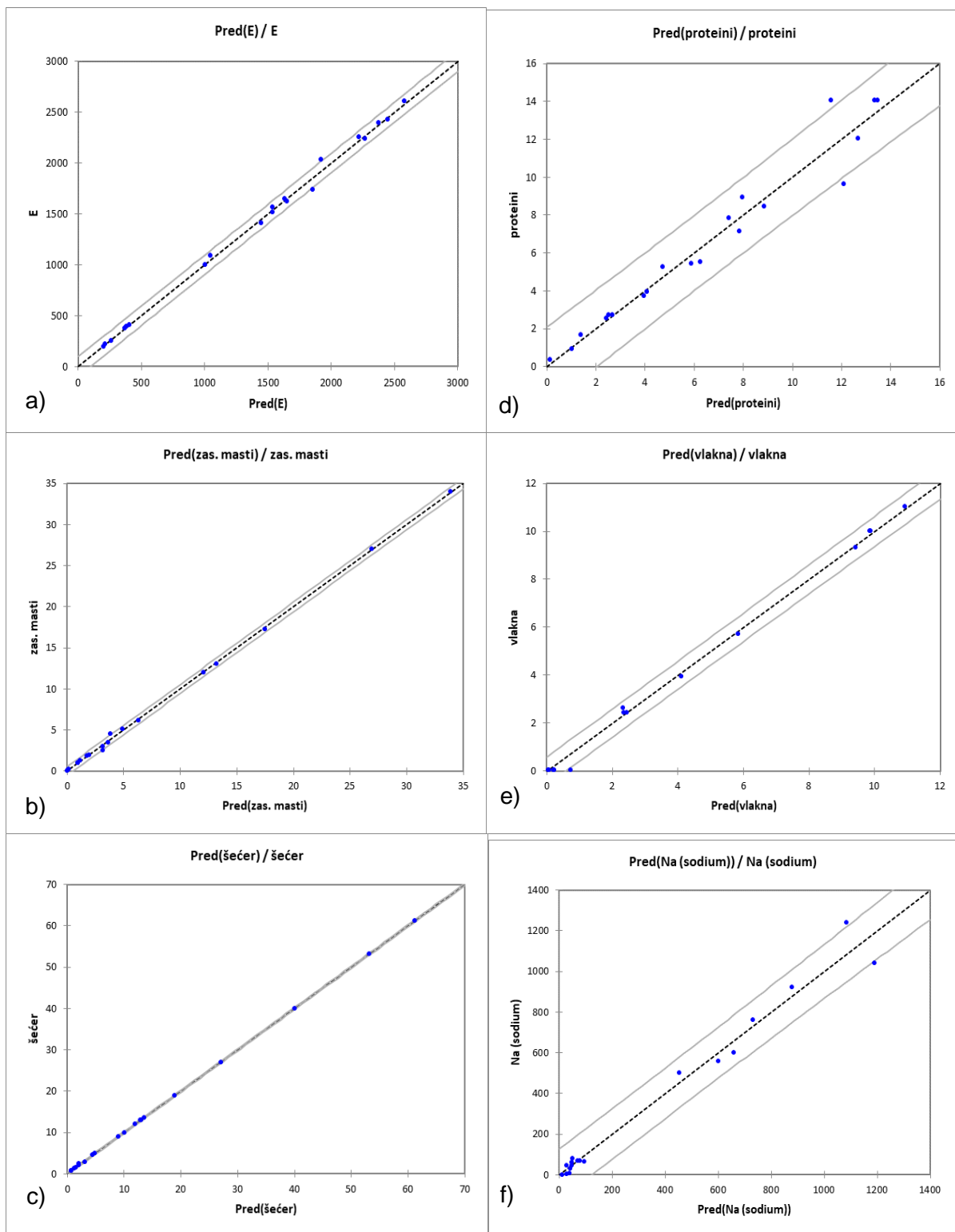
$R^2$  – koeficijent determinacije za validaciju

**Tablica 3.** Rezultati regresijske analize za analizirane uzorke pića

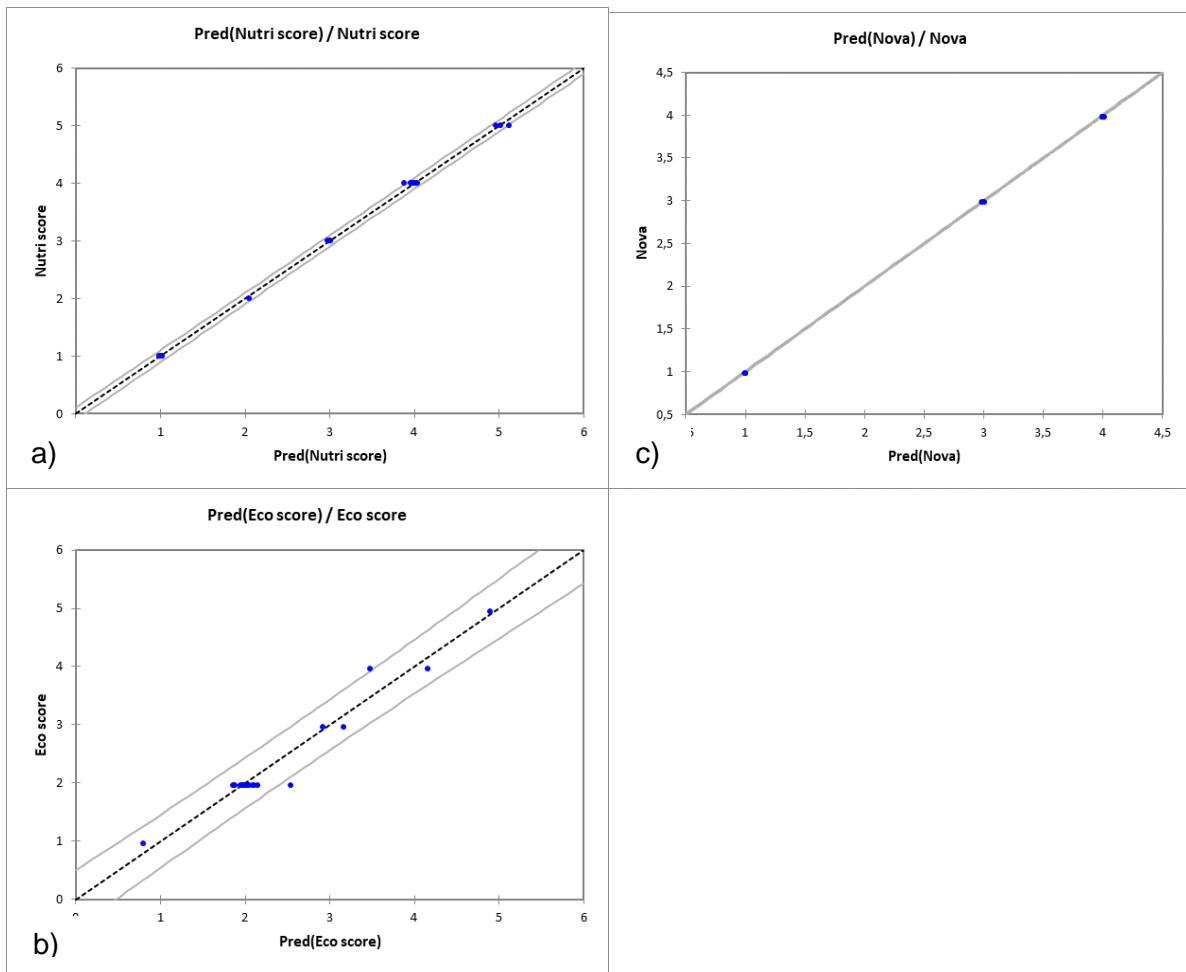
Varijabla	Minimum	Maksimum	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Laboratorijski NIR	Mikro NIR
					R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>
Energija (kJ)	0,0	311,0	123,0	109,5	0,983	0,230
Zasićene masti (g)	0,0	1,9	0,3	0,6	0,996	0,223
Šećer (g)	0,0	11,2	5,4	4,0	0,961	0,070
Proteini (g)	0,0	3,5	0,8	1,5	1,000	0,526
Sol (mg)	0,0	200,0	40,9	58,2	0,999	0,114
Vlakna (g)	0,0	0,1	0,0	0,0	0,983	0,390
Na (mg)	0,0	80,0	16,4	23,3	0,999	0,114
Nutri score	1,0	5,0	3,4	1,4	0,918	0,319
Eco score	1,0	4,0	2,9	0,9	0,981	0,451
Nova score	1,0	4,0	3,2	1,2	0,959	0,524

R<sup>2</sup> – koeficijent determinacije za validaciju

Koeficijent determinacije (R<sup>2</sup>) daje podatke o tome koliko je model reprezentativan, što se vrijednost više približava 1, model se smatra reprezentativnijim (Gajdoš Kljusurić i sur., 2017). Iz tablice 2 primjećuje se da su R<sup>2</sup> vrijednosti za uzorke hrane za laboratorijski NIR bliže jedinici, svi parametri su imali koeficijent determinacije veći od 0,9, dok to nije slučaj kod prijenosnog mikro NIR uređaja, vrijednosti za koeficijent determinacije su znatno niže. Prema podacima iz tablice 3 također se mogu primijetiti vrlo visoki koeficijenti determinacije (veći od 0,9) za laboratorijski NIR, a značajno niže vrijednosti za prijenosni NIR. Iako su u većini slučajeva koeficijenti determinacije viši za prijenosni NIR uređaj (Cozzolino 2021), u ovom radu to nije slučaj, a razlog tome može biti nepreciznost prilikom samog mjerenja, kao npr. greška mjeritelja ili utjecaj mjerne okoline (npr. mjerenje ispod izvora svjetlosti, uz prozor i sl.).

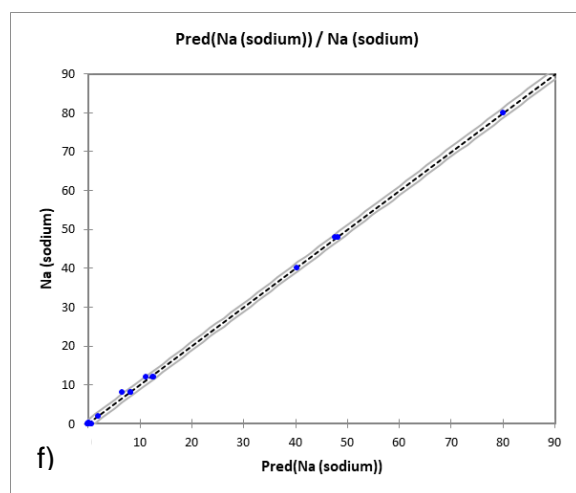
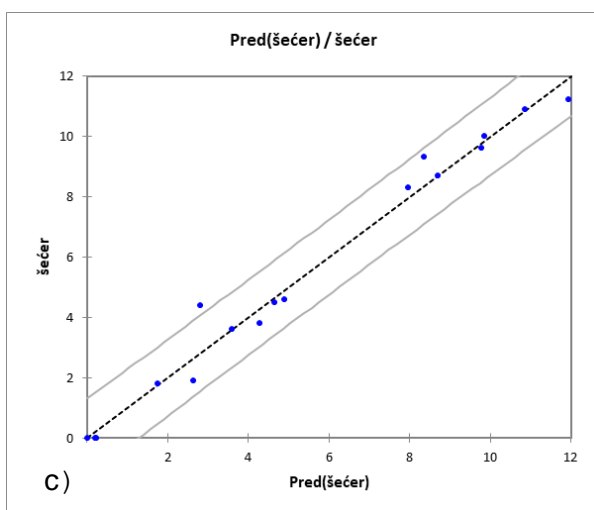
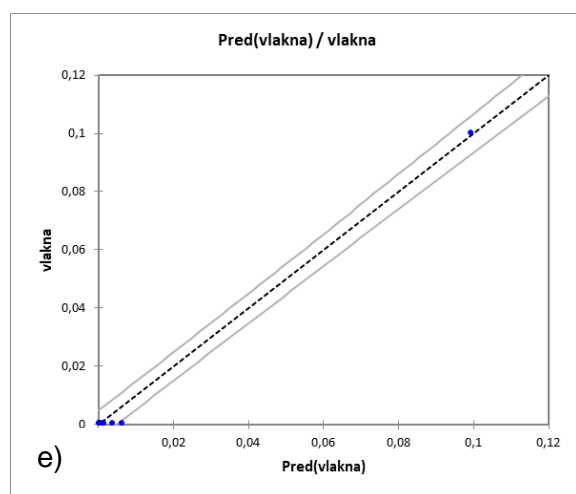
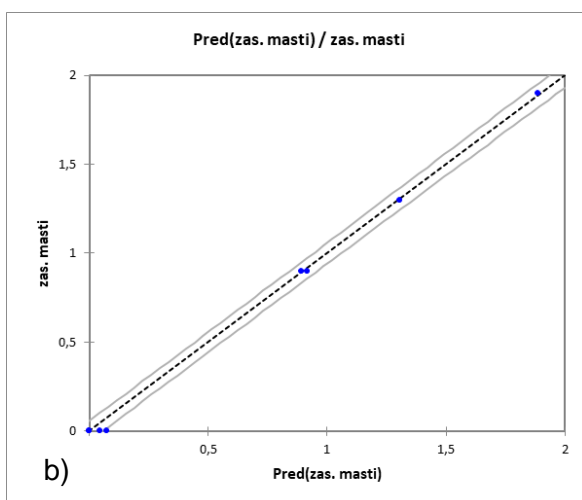
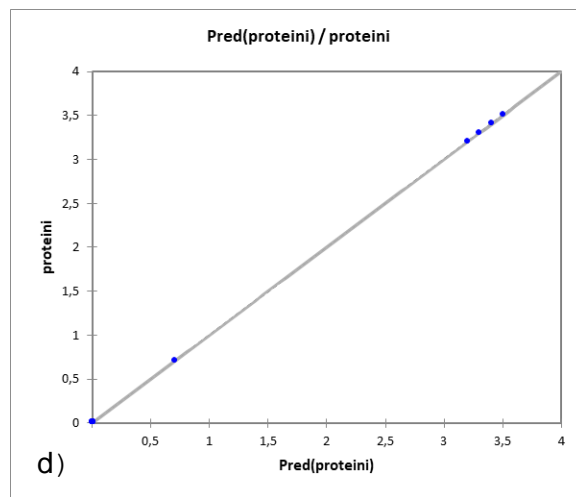
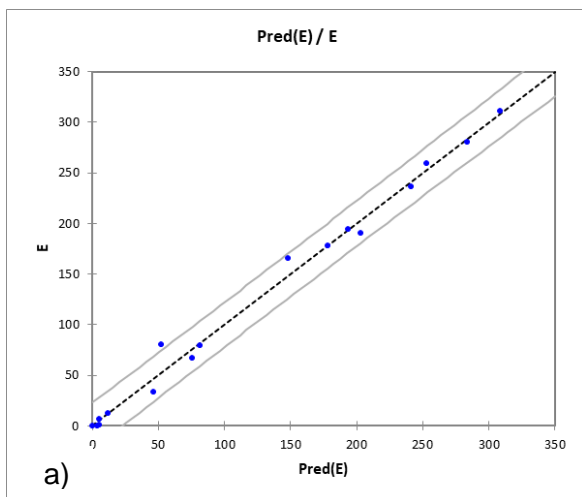


**Slika 24.** Prikaz PLS modela za hranu s pripadnim intervalom pouzdanosti za a) energiju, b) zasićene masti, c) šećeri, d) proteini, e) vlakna, f) natrij prema ulaznim podacima laboratorijskog NIR instrumenta

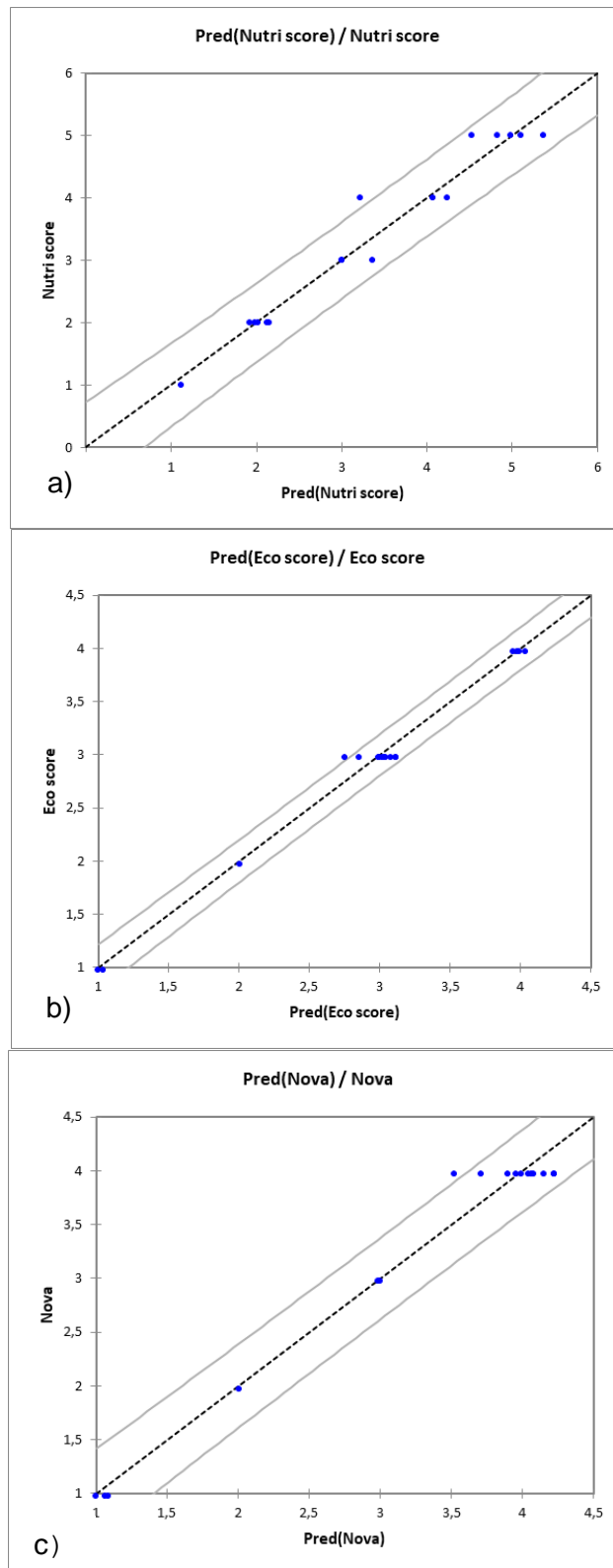


**Slika 25.** PLS modeli s pripadnim intervalom pouzdanosti za hranu svrstanu prema a) sustavu boja za klasifikaciju (Nutri score), b) ekološkom otisku (Eco score), c) stupnju procesiranja (NOVA score) prema ulaznim podacima laboratorijskog NIR instrumenta

PLS modeli za hranu prema ulaznim podacima laboratorijskog NIR instrumenta (slike 24 i 25) pokazuju vrlo čvrstu linearnu vezu između zavisnih i nezavisnih varijabli. Koeficijent determinacije za osam promatranih parametara je veći od 0,960, dok je za dva preostala parametra veći od 0,911. Najveći koeficijent determinacije pokazuju modeli za šećer i klasifikaciju prema stupnju procesiranja, a najraspršeniji podaci su za proteine i klasifikaciju prema ekološkom otisku.



**Slika 26.** Prikaz PLS modela za piće s pripadnim intervalom pouzdanosti za a) energiju, b) zasićene masti, c) šećeri, d) proteini, e) vlakna, f) natrij prema ulaznim podacima laboratorijskog NIR instrumenta



**Slika 27.** PLS modeli s pripadnim intervalom pouzdanosti za piće svrstano prema a) sustavu boja za klasifikaciju (Nutri score), b) ekološkom otisku (Eco score), c) stupnju procesiranja (NOVA score) prema ulaznim podacima laboratorijskog NIR instrumenta



Slike 26 i 27 pokazuju linearne regresijske modele za piće prema ulaznim podacima laboratorijskog NIR uređaja, te svi modeli imaju koeficijent determinacije veći od 0,9, a 90 % promatranih parametara ima koeficijent determinacije veći od 0,95. Na temelju navedenog utvrđeno je da postoji izvrsna linearna zavisnost između NIR spektara uzoraka pića i vrijednosti za kemijski sastav hrane te za klasifikaciju hrane prema sustavu boja, ekološkom otisku i stupnju procesiranja.

Primjena PLS modela za prijenosni NIR uređaj za hranu (prilog 3 i 4) i pića (prilog 5 i 6) pokazala je znatno niže vrijednosti koeficijenta determinacije u odnosu na laboratorijski NIR uređaj, stoga su prikazani samo PLS modeli za laboratorijski uređaj. S obzirom na koeficijent determinacije manji od 0,9 PLS modeli za mikro NIR ne pokazuju značajnu linearnu vezu između NIR spektara te promatranih parametara što ukazuje na moguće greške prilikom mjerenja ili manju preciznost uređaja.

Metoda NIR spektroskopije pokazala je da ima potencijal u razlikovanju utilitarističke i hedonističke hrane, posebno laboratorijski NIR uređaj koji osim na kvalitativnoj razini pokazuje potencijal i na kvantitativnoj razini.

## 5. ZAKLJUČCI

Na osnovu provedenog istraživanja i dobivenih rezultata može se zaključiti sljedeće:

1. Usporedbom energetske-nutritivne vrijednosti za hranu i piće utvrđene su razlike između utilitarističke (UH) i hedonističke (HH) kategorije. Razlike su znatno izraženije za hranu nego za pića, gdje su vrijednosti znatno veće u hedonističkoj u odnosu na utilitarističku kategoriju, posebno energetske vrijednosti gdje je medijan 2,7 puta veći za HH u usporedbi s UH (UH 700 kJ/100 g, HH 1900 kJ/100 g), dok su vrijednosti za vlakna veća za utilitarističku skupinu.
2. Prema sustavu označavanja bojom (Nutri-score, NOVA i Eco score), najveći udio hrane i pića u utilitarističkoj kategoriji hrane označen je A kategorijom (50 %) (ima A oznaku) prema klasifikaciji prema sustavu boja (Nutri score), oznaku B (50 %) za klasifikaciju prema ekološkom otisku, odnosno 1 (70 %) za klasifikaciju prema stupnju procesiranja (NOVA). Prema navedenim oznakama utilitaristička skupina spada u namirnice s visokom nutritivnom vrijednosti, niskim ekološkim otiskom te minimalno prerađene/nepcerađene.
3. Kod hedonističke kategorije, prema promatranim parametrima sustava označavanja bojom, HH ima najveću učestalost oznaka D (35,7 %) i E (28,6 %) za Nutri score, oznaku C (39,3 %) prema ekološkom otisku te oznaku 4 (79 %) prema stupnju procesiranja. Označavanje hrane prema navedenim klasifikacijama pokazuje da hedonističke namirnice imaju nižu nutritivnu vrijednost i ekološki otisak te spadaju u ultra procesiranu hranu.
4. NIR spektri snimljeni laboratorijskim i prijenosnim uređajem pokazuju *pikove* koji odgovaraju apsorpcijskim vrpama karakterističnim za vodu, ugljikohidrate, masti i proteine.
5. Analiza glavnih komponenata (PCA) uzoraka hrane i pića, na osnovu NIR spektara i energetske-nutritivnog sastava, rezultirala je grupiranjem namirnica s visokim, odnosno niskim sadržajem energije i nutrijenata, međutim nema jasne podjele između utilitarističke i hedonističke skupine. Nadalje, PCA analiza je omogućila uspješno kvalitativno razlikovanje utilitarističke i hedonističke skupine na temelju klasifikacije prema sustavu boja, ekološkom otisku i stupnju procesiranja.
6. Primjenom PLS modela utvrđena je linearna zavisnost između NIR spektara i kemijskog sastava te klasifikacije prema sustavu boja, ekološkom otisku i stupnju procesiranja. PLS modeli za laboratorijski NIR uređaj imaju izvrstan kvantitativni potencijal ( $R^2 > 0,9$ ), dok je za prijenosni NIR uređaj utvrđena manja primjenjivost.
7. NIR spektroskopija pokazala je potencijal u kvalitativnom i kvantitativnom pogledu što pruža širok spektar mogućnosti za primjenu u praktične svrhe.

## 6. LITERATURA

Al-Farsi M, Lee CY (2008) Nutritional and functional properties of dates: a review. *Crit Rev Food Sci Nutr* **48**, 877-887. <https://doi.org/10.1080/10408390701724264>

Aliasghari F, Yaghin NL, Mahdavi R (2019) Relationship between hedonic hunger and serum levels of insulin, leptin and BDNF in the Iranian population. *Physiol Behav* **199**, 84-87. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.11.013>

Baik JH (2021) Dopaminergic control of the feeding circuit. *Endocrinol Metab* **36**, 229-239. <https://doi.org/10.3803/EnM.2021.979>

Balbino S, Vincek D, Trtanj I, Egredija D, Gajdoš-Kljusurić J, Kraljić K i sur. (2022) Assessment of pumpkin seed oil adulteration supported by multivariate analysis: Comparison of GC-MS, colourimetry and NIR spectroscopy data. *Foods* **11**, 835. <https://doi.org/10.3390/foods11060835>

Beć KB, Grabska J, Huck CW (2022) Miniaturized NIR spectroscopy in food analysis and quality control: Promises, challenges, and perspectives. *Foods* **11**, 1465. <https://doi.org/10.3390/foods11101465>

Bouza E, Kestler M, Beca T, Mariscal G, Rodríguez-Créixems M, Bermejo J i sur. (2015) The NOVA score: a proposal to reduce the need for transesophageal echocardiography in patients with enterococcal bacteremia. *Clin Infect Dis* **60**, 528-535. <https://doi.org/10.1093/cid/ciu872>

Burnett MS, Lunsford DA (1994) Conceptualizing guilt in the consumer decision-making process. *J Consum Mark* **11**, 33-43. <https://doi.org/10.1108/07363769410065454>

Campos A, Port JD, Acosta A (2022) Integrative hedonic and homeostatic food intake regulation by the central nervous system: Insights from neuroimaging. *Brain Sci* **12**, 431. <https://doi.org/10.3390/brainsci12040431>

Chmurzynska A, Młodzik-Czyżewska MA, Radziejewska A, Wiebe DJ (2021) Hedonic hunger is associated with intake of certain high-fat food types and BMI in 20- to 40-year-old adults. *J Nutr* **151**, 820-825. <https://doi.org/10.1093/jn/nxaa434>

Cozzolino D (2021) The ability of near infrared (NIR) spectroscopy to predict functional properties in foods: Challenges and opportunities. *Molecules* **26**, 6981. <https://doi.org/10.3390/molecules26226981>

Cramer L, Antonides G (2011) Endowment effects for hedonic and utilitarian food products. *Food Qual Prefer* **22**, 3-10. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2010.05.020>

Cummings DE, Purnell JQ, Frayo RS, Schmidova K, Wisse BE, Weigle DS (2001) A

preprandial rise in plasma ghrelin levels suggests a role in meal initiation in humans. *Diabetes* **50**, 1714-1719. <https://doi.org/10.2337/diabetes.50.8.1714>

Dhar R, Wertenbroch K (2000) Consumer choice between hedonic and utilitarian goods. *J Marketing Res* **37**, 60-71. <https://doi.org/10.1509/jmkr.37.1.60.18718>

Fabiano GA, Shinn LM, Antunes AEC (2023) Relationship between oat consumption, gut microbiota modulation, and short-chain fatty acid synthesis: an integrative review. *Nutrients* **15**, 3534. <https://doi.org/10.3390/nu15163534>

Folli GS, Santos LP, Santos FD, Cunha PHP, Schaffel IF, Borghi FT i sur. (2022) Food analysis by portable NIR spectrometer. *Food Chem Adv* **1**, 100074. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100074>

Gaćina N (2015) Hormonalne molekule probavnih sustava i regulacija apetita. *Zbornik radova Veleučilišta u Šibeniku* **9**, 185-192. <https://hrcak.srce.hr/142293>

Gajdoš Kljusurić J, Jurina T, Valinger D, Benković M, Jurinjak Tušek A (2019) NIR spectroscopy and management of bioactive components, antioxidant activity, and macronutrients in fruits. U: Srivastava AK, Chengxiao H (ured.) *Fruit Crops: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints*, Elsevier, Lahti, str. 95-110.

Gajdoš Kljusurić J, Valinger D, Jurinjak Tušek A, Benković M, Jurina T (2017) Application of near infrared spectroscopy (NIRs), PCA and PLS models for the analysis of dried medicinal plants. U: Méndez-Vilas A (ured.) *Science within Food: Up-to-date Advances on Research and Educational Ideas*, Formatex Research Center, Badajoz, str. 28-35.

Granato D, Putnik P, Kovačević DB, Santos JS, Calado V, Rocha RS, Da Cruz AG, Jarvis B, Rodionova OY, Pomerantsev (2018) Trends in chemometrics: Food authentication, microbiology, and effects of processing. *Compr Rev Food Sci F* **17**, 663-677. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12341>

hedonizam. *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2013. – 2024. <https://enciklopedija.hr/clanak/hedonizam>. Pristupljeno 25. listopada 2023.

Hirschman EC, Holbrook MB (1982) Hedonic consumption: Emerging concepts methods and propositions. *J Marketing* **46**, 92-101. <https://doi.org/10.1177/002224298204600314>

Katalenić M (2007) Što je hrana?. *Hrvatski Časopis za javno zdravstvo* **3**, 1-2. <https://hrcak.srce.hr/298463>

Kimura, M, Moriyasu A, Makizako H (2022) Positive association between high protein food intake frequency and physical performance and higher-level functional capacity in daily life. *Nutrients* **14**, 72. <https://doi.org/10.3390/nu14010072>

- Kizil R, Irudayaraj J (2018) Spectroscopic technique: Fourier transform Raman (FT-Raman) spectroscopy. U: Sun DW (ured.) Modern Techniques for Food Authentication, 2.izd, Academic Press, str. 193-217.
- Kucharska-Ambrožej K, Karpinska J (2020) The application of spectroscopic techniques in combination with chemometrics for detection adulterion of some herbs and spices. *Microchem J* **153**, 104278. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104278>
- Kurtanjek Ž, Gajdoš Kljusurić J (2014) Statistical modelling of anthropometric characteristics evaluated on nutritional status. U: Granato D, Ares G (ured.) Mathematical and Statistical Methods in Food Science and Technology, John Wiley and Sons, Oxford, str. 285-302.
- Leidy HJ (2014) Increased dietary protein as a dietary strategy to prevent and/or treat obesity. *Mo Med* **111**, 54-58.
- Lim EAC, Ang SH (2008) Hedonic vs. Utilitarian consumption: A cross-cultural perspective based on cultural conditioning. *J Bus Res* **61**, 225-232. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2007.06.004>
- Lin M, Rasco B, Cavinato AG, Al-Holy M (2009) Infrared (IR) spectroscopy-near-infrared spectroscopy and mid-infrared spectroscopy. U: Sun DW (ured.) Infrared Spectroscopy for Food Quality Analysis and Control, Academic Press, Cambridge/Massachusetts, str. 119-143.
- Lutter M, Nestler EJ (2009) Homeostatic and hedonic signals interact in the regulation of food intake. *J Nutr* **139**, 629-632. <https://doi.org/10.3945/jn.108.097618>
- Maehle N, Iversen N, Hem L, Otnes C (2015) Exploring consumer preferences for hedonic and utilitarian food attributes. *Brit Food J* **117**, 3039-3063. <https://doi.org/10.1108/BFJ-04-2015-0148>
- Manley M, Baeten V (2018) Spectroscopic technique: Near-infrared (NIR) spectroscopy. U: Sun DW (ured.) Modern Techniques for Food Authentication, 2.izd., Academic Press, str. 51-102.
- Matić N (2022) Primjena linearne regresije na predviđanje COVID-19 pandemije (diplomski rad), Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
- Matijević B, Blažić M (2008) Primjena spektroskopskih tehnika i kemometrijskih metoda u tehnologiji mlijeka. *Mljekarstvo* **58**, 151-169. <https://hrcak.srce.hr/23058>
- Metsalu T, Vilo J (2015) ClustVis: a web tool for visualizing clustering of multivariate data using principal component analysis and heatmap. *Nucleic Acids Res* **43**, 566-570. <https://doi.org/10.1093/nar/gkv468>
- Minaee S, Bagherpour H, Noghabi MA, Fardvani ME, Forughimanesh F (2016) A comparative

study concerning linear and nonlinear models to determine sugar content in sugar beet by near infrared spectroscopy (NIR). *J Food Biosci Technol* **6**, 13-22.

Monteleone P, Piscitelli F, Scognamiglio P, Monteleone AM, Canestrelli B, Di Marzo V, Maj M (2012) Hedonic eating is associated with increased peripheral levels of ghrelin and the endocannabinoid 2-arachidonoyl-glycerol in healthy humans: A pilot study. *J Clin Endocrinol Metab* **97**, 917–924. <https://doi.org/10.1210/jc.2011-3018>

Monteleone P, Scognamiglio P, Monteleone AM, Perillo D, Canestrelli B, Maj M (2013) Gastroenteric hormone responses to hedonic eating in healthy humans. *Psychoneuroendocrino* **38**, 1435-1441. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2012.12.009>

Mørk T, Lähteenmäki L, Grunert KG (2019) Determinants of intention to reduce salt intake and willingness to purchase salt-reduced food products: Evidence from a web survey. *Appetite* **139**, 110-118. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2019.04.018>

Okada EM (2005) Justification effects on consumer choice of hedonic and utilitarian goods. *J Marketing Res*, **42**, 43–53. <https://doi.org/10.1509/jmkr.42.1.43.56889>

Otterbring T, Folwarczny M, Gidlöf K (2023) Hunger effects on option quality for hedonic and utilitarian food products. *Food Qual Prefer* **103**, 104693. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104693>

Otto TW, Saupe R, Weiss A, Stock V, Wiesner K, Lampe U, Fleischer M, Gessner T (2008) Dual detector optical MEMS spectrum analyzer: advances, applications and prospects. *Proc SPIE – Int Soc Opt Engl* **6887**. <https://doi:10.1117/12.768356>

Øvrebø B, Brantsæter AL, Lund-Iversen K, Andersen LF, Paulsen MM, Abel MH (2023) How does the updated Nutri-Score discriminate and classify the nutritional quality of foods in a Norwegian setting?. *Int J Behav Nutr Phys Act* **20**, 122. <https://doi.org/10.1186/s12966-023-01525-y>

Ozaki Y, Genkawa T, Futami Y (2016) Near-infrared spectroscopy. U: Lindon JC, Tranter GE, Koppenaal DW (ured.) *Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry*, 3.izd., Academic Press, str. 40-49.

Pereira CG, Leite AIN, Andrade J, Bell MJV, Anjos V (2019) Evaluation of butter oil adulteration with soybean oil by FT-MIR and FT-NIR spectroscopies and multivariate analyses. *LWT* **107**, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.02.072>

Perelló M, Zigman JM (2012) The role of ghrelin in reward-based eating. *Biol Psychiat* **72**, 347-353. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2012.02.016>

Pistorius M, Foote N (2021) Eco-score makes its entry in EU's front-of-pack labelling debate –

Euractiv. <https://www.euractiv.com/section/agriculture-food/news/eco-score-makes-its-entry-in-eus-front-of-pack-labelling-debate/>. Pristupljeno 15. prosinca 2023.

Porep JU, Kammerer DR, Carle R (2015) On-line application of near infrared (NIR) spectroscopy in food production. *Trends Food Sci Tech* **46**, 211-230. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.10.002>

Raghunathan R, Naylor R, Hoyer WD (2006) The unhealthy = tasty intuition and its effects on taste inferences, enjoyment, and choice of food products. *J Marketing* **70**, 170-184. <https://doi.org/10.1509/jmkg.70.4.170>

Ramanathan S, Menon G (2006) Time-varying effects of chronic hedonic goals on impulsive behavior. *J Marketing Res* **43**, 628-641. <https://doi.org/10.1509/jmkr.43.4.628>

Rasane P, Jha A, Sabikhi L, Kumar A, Unnikrishnan VS (2015) Nutritional advantages of oats and opportunities for its processing as value added foods – a review. *J Food Sci Technol* **52**, 662-675. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1072-1>

Reich G (2005) Near-infrared spectroscopy and imaging: Basic principles and pharmaceutical applications. *Adv Drug Deliv Rev* **57**, 1109-1143. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2005.01.020>

Settembri M (2020) Što je oznaka Nutri-score i zašto ju Nestlé podržava? – Nestlé. <https://www.nestle.hr/prehrana/nestle-nutri-score>. Pristupljeno 20. ožujka 2024.

Shao A, Li H (2021) How do utilitarian versus hedonic products influence choice preferences: Mediating effect of social comparison. *Psychol Mark* **38**, 1250-1261. <https://doi.org/10.1002/mar.21520>

Smajić A (2021) Prikaz podataka i tehnike vizualizacije (završni rad), Fakultet informatike, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, Pula.

Smith BC (2011) Fundamentals of Fourier transform infrared spectroscopy, 2.izd., Taylor & Francis, London, str. 8-12.

Stankevich A (2017) Explaining the consumer decision-making process: Critical literature review. *Journal of International Business Research and Marketing* **2**, 7-14. <https://doi.org/10.18775/jibrm.1849-8558.2015.26.3001>

Thompson JM (2018) Infrared spectroscopy, 1.izd., Taylor & Francis, London, str. 4.

Ukić Š (2016) Nazivlje u kemometriji/kemometrici?. *Kemija u industriji* **65**, 181-182. <https://hrcak.srce.hr/154257>

utilitarizam. *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2013. – 2024. <https://www.enciklopedija.hr/clanak/utilitarizam>. Pristupljeno 25. listopada 2023.

Volkow ND, Wang GJ, Baler RD (2011) Reward, dopamine and the control of food intake: implications for obesity. *Trends Cogn Sci* **15**, 37-46. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.11.001>

Vučemilović Lj, Vujić Šisler Lj (2007) Prehrambeni standard za planiranje prehrane djece u dječjem vrtiću – jelovnici i normativi: preporuke i smjernice za stručnjake koji rade na planiranju i pripremanju prehrane djece u dječjem vrtiću. Hrvatska udruga medicinskih sestara: Podružnica medicinskih sestara dječjih vrtića grada Zagreba: Gradski ured za obrazovanje, kulturu i šport - sektor - predškolski odgoj, Zagreb.

Wakefield KL, Inman JJ (2003) Situational price sensitivity: The role of consumption occasion social context and income. *J Retailing* **79**, 199-212. <https://doi.org/10.1016/j.jretai.2003.09.004>

Wang W, Paliwal J (2007) Near-infrared spectroscopy and imaging in food quality and safety. *Sens Instrum Food Qual Saf* **1**, 193-207. <https://doi.org/10.1007/s11694-007-9022-0>

Xu L, Yan SM, Cai CB, Wang ZJ, Yu XP (2013) The feasibility of using near-infrared spectroscopy and chemometrics for untargeted detection of protein adulteration in yogurt: Removing unwanted variations in pure yogurt. *J Anal Methods Chem* **2013**, 201873. <https://doi.org/10.1155/2013/201873>



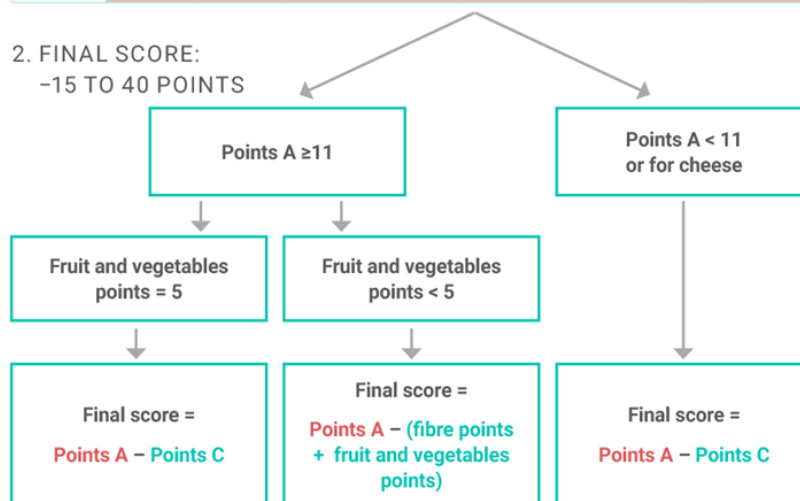
# 7. PRILOZI

Prilog 1. Tablice za računanje Nutri-score-a

Points A			Specific cut-offs: beverages			Specific cut-offs: fats	
Points	Energy (kJ)	Sugars (g)	Energy (kJ)	Sugars (g)	Saturated fat (g)	Saturated fat/lipids (%)	Sodium (mg)
0	≤ 335	≤ 4.5	≤ 0	≤ 0	≤ 1	< 10	≤ 90
1	> 335	> 4.5	≤ 30	≤ 1.5	> 1	< 16	> 90
2	> 670	9	≤ 60	≤ 3	> 2	< 22	> 180
3	> 1005	> 13.5	≤ 90	≤ 4.5	> 3	< 28	> 270
4	> 1340	> 18	≤ 120	≤ 6	> 4	< 34	> 360
5	> 1675	> 22.5	≤ 150	≤ 7.5	> 5	< 40	> 450
6	> 2010	> 27	≤ 180	≤ 9	> 6	< 46	> 540
7	> 2345	> 31	≤ 210	≤ 10.5	> 7	< 52	> 630
8	> 2680	> 36	≤ 240	≤ 12	> 8	< 58	> 720
9	> 3015	> 40	≤ 270	≤ 13.5	> 9	< 64	> 810
10	> 3350	> 45	> 270	> 13.5	> 10	≥ 64	> 900
	0-10 (a)	0-10 (b)	0-10 (a)	0-10 (b)	0-10 (c)	0-10 (c)	0-10 (d)
<b>Total</b>	<b>Points A = (a) + (b) + (c) + (d) [0-40]</b>						

Points C				
Points	Fruit, vegetables (%)	Fruit, vegetables (%)	Fibre (g)	Protein (g)
0	≤ 40	≤ 40	≤ 0.7	≤ 1.6
1	> 40	-	> 0.7	> 1.6
2	> 60	> 40	> 1.4	> 3.2
3	-	-	> 2.1	> 4.8
4	-	> 60	> 2.8	> 6.4
5	> 80	-	> 3.5	> 8.0
6	-	-	-	-
7	-	-	-	-
8	-	-	-	-
9	-	-	-	-
10	-	>80	-	-
	0-5 (a)	0-10 (a)	0-5 (b)	0-5 (c)
<b>Total</b>	<b>Points C = (a) + (b) + (c) [0-15]</b>			

2. FINAL SCORE:  
-15 TO 40 POINTS



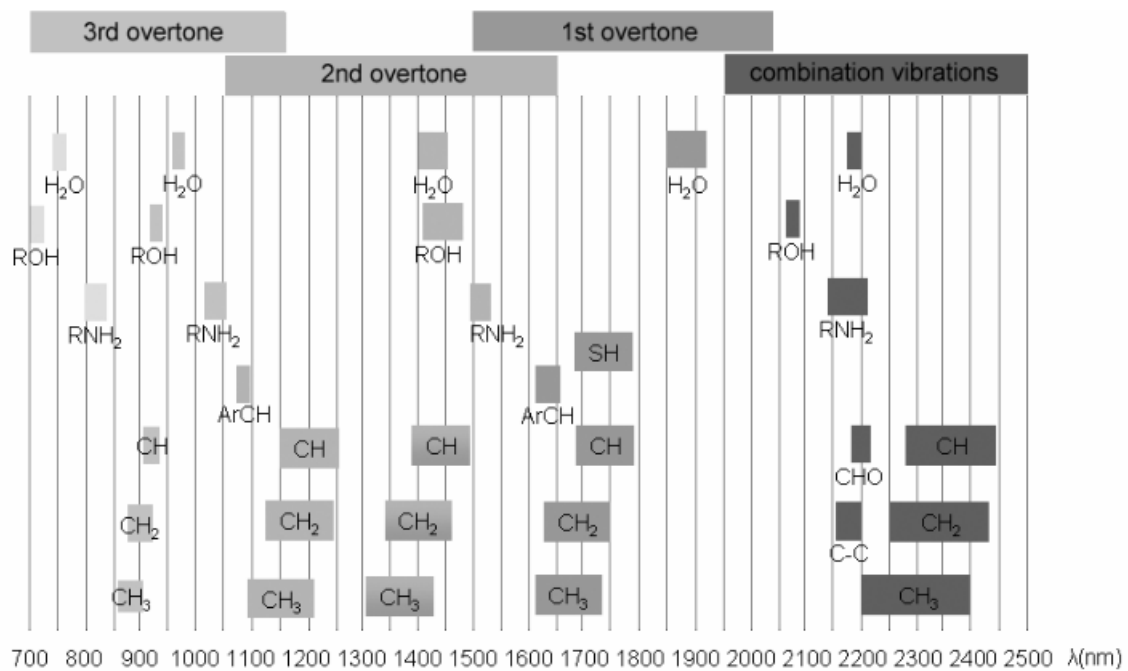
3. ATTRIBUTION OF COLOURS

Foods (points)	Beverages (points)	Colour
Min to -1	Water	Dark green
0 to 2	Min to 1	Light green
3 to 10	2 to 5	Yellow
11 to 18	6 to 9	Light orange
19 to max	10 to max	Dark orange

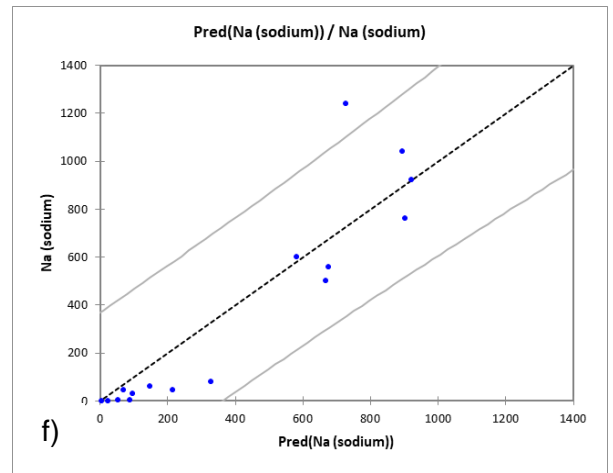
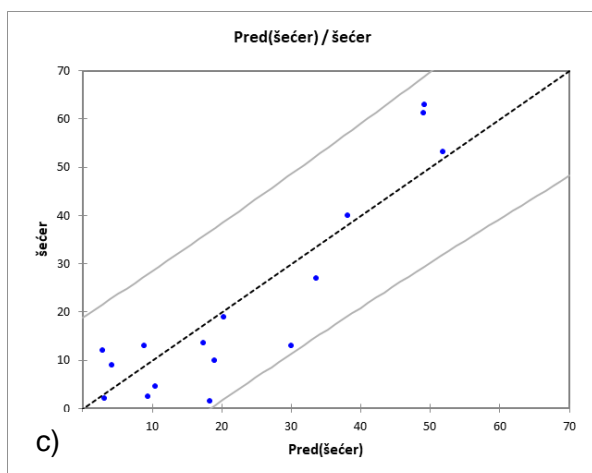
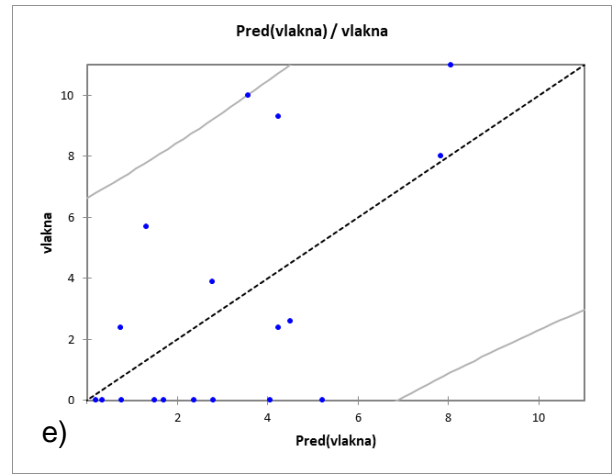
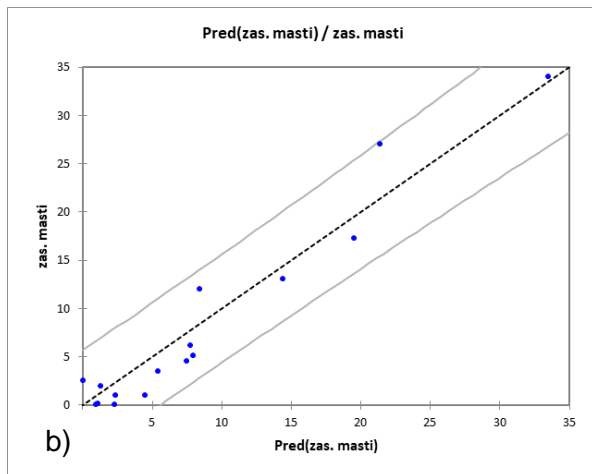
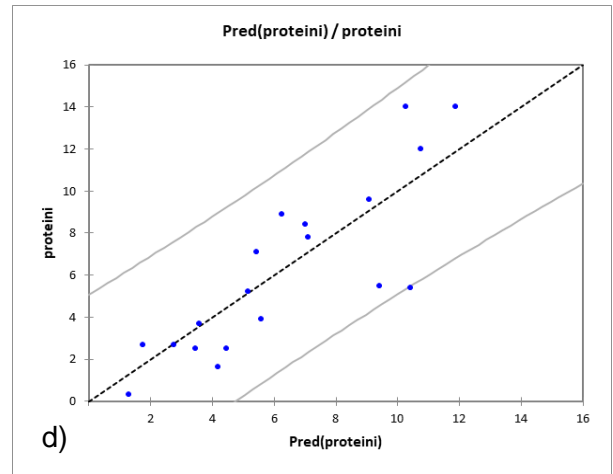
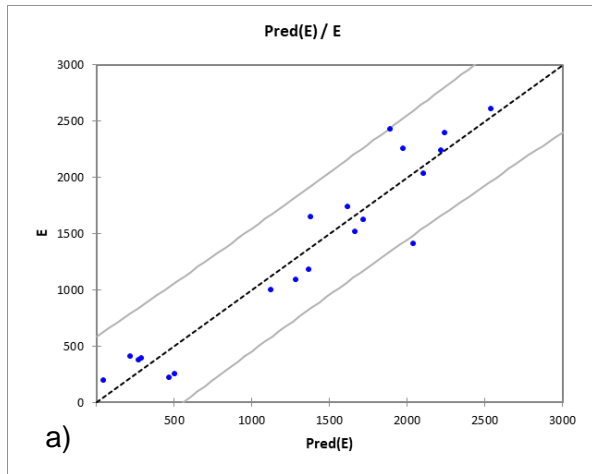


Dark green: highest quality      Dark orange: lowest quality

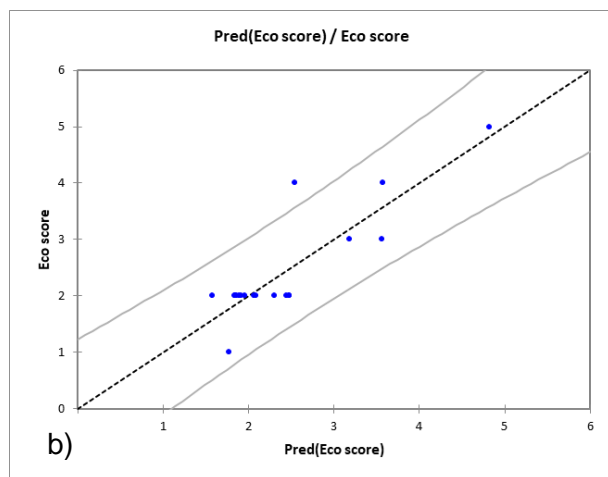
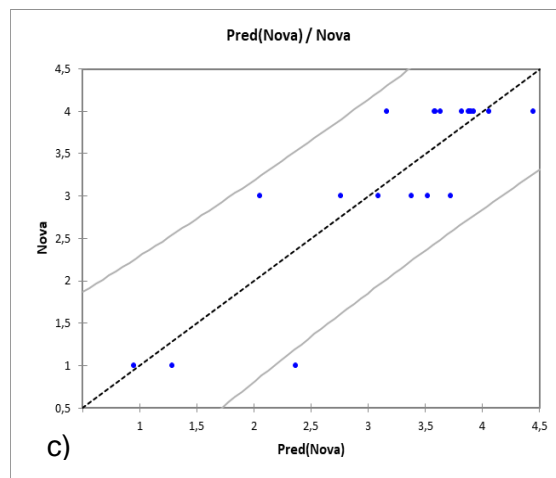
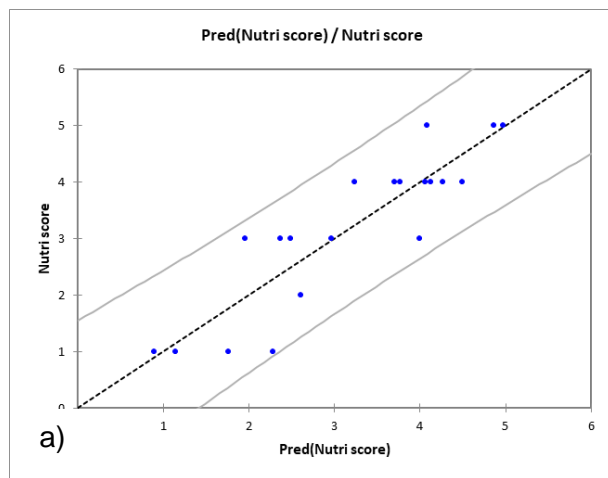
**Prilog 2.** NIR apsorpcijska vrpca (Otto i sur., 2008)



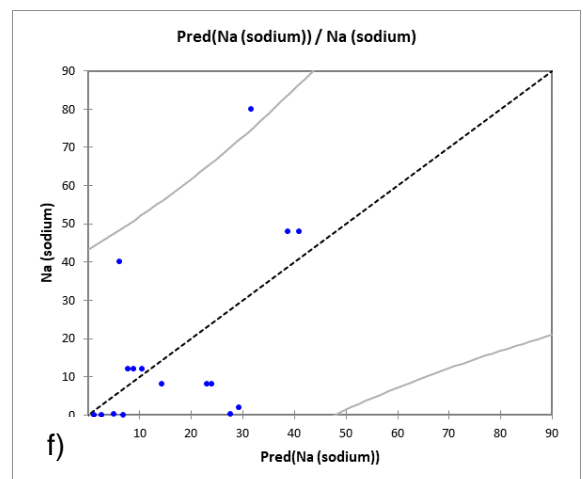
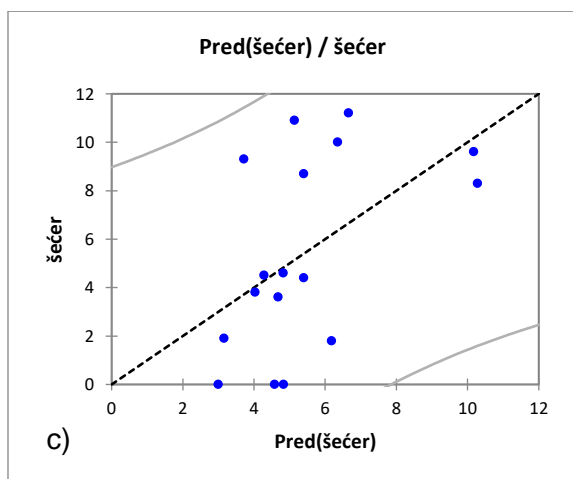
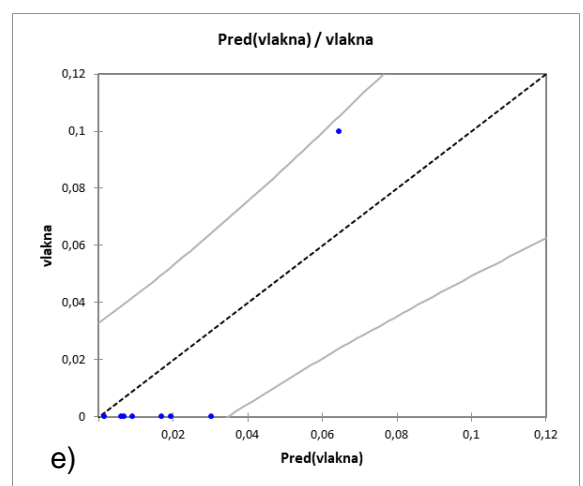
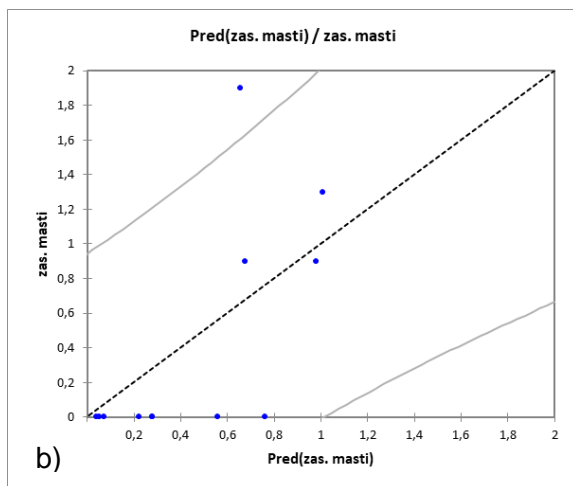
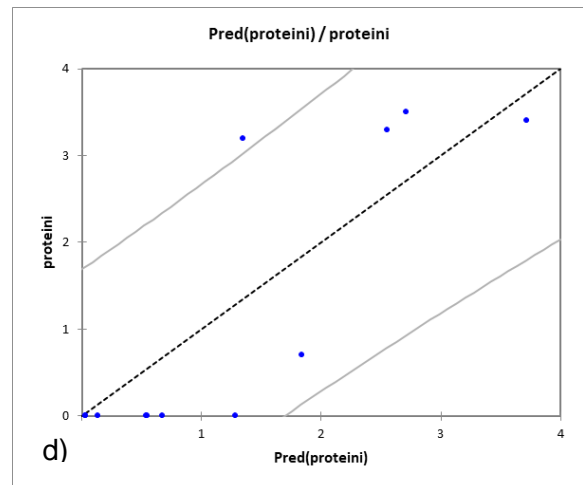
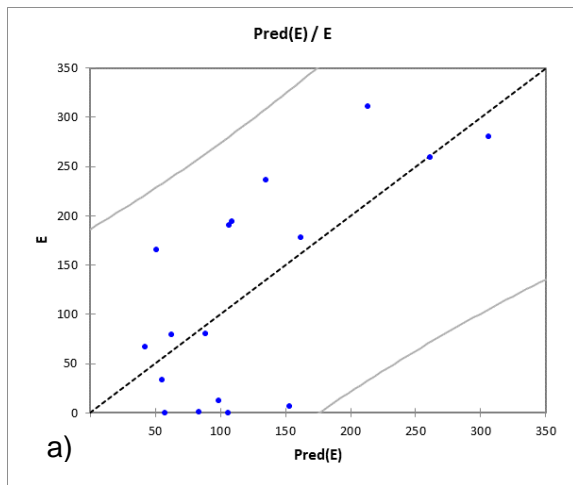
**Prilog 3.** Prikaz PLS modela za hranu s pripadnim intervalom pouzdanosti za a) energiju, b) zasićene masti, c) šećeri, d) proteini, e) vlakna, f) natrij prema ulaznim podacima prijenosnog NIR instrumenta



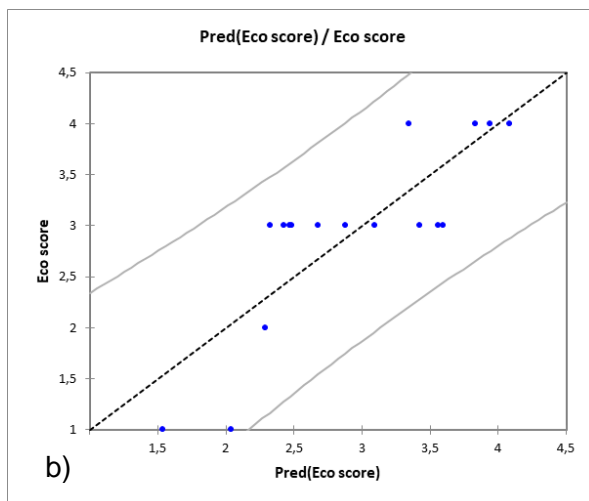
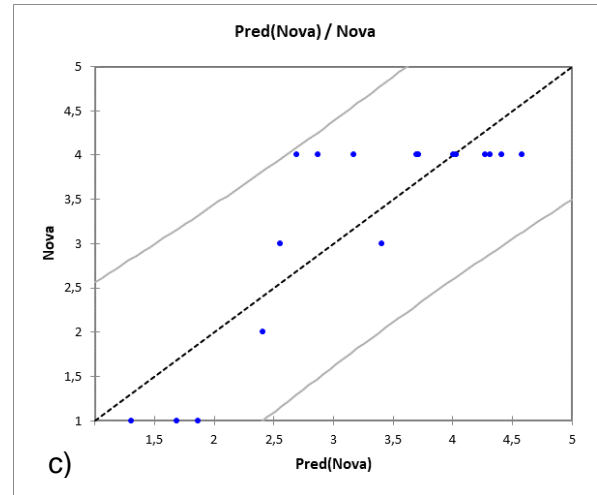
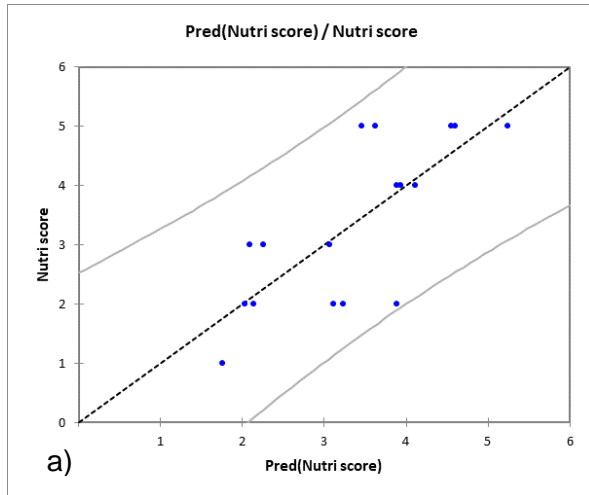
**Prilog 4.** PLS modeli s pripadnim intervalom pouzdanosti za hranu svrstanu prema a) sustavu boja za klasifikaciju (Nutri score), b) ekološkom otisku (Eco score), c) stupnju procesiranja (NOVA score) prema ulaznim podacima prijenosnog NIR instrumenta



**Prilog 5.** Prikaz PLS modela za piće s pripadnim intervalom pouzdanosti za a) energiju, b) zasićene masti, c) šećeri, d) proteini, e) vlakna, f) natrij prema ulaznim podacima prijenosnog NIR instrumenta



**Prilog 6.** PLS modeli s pripadnim intervalom pouzdanosti za piće svrstani prema a) sustavu boja za klasifikaciju (Nutri score), b) ekološkom otisku (Eco score), c) stupnju procesiranja (NOVA score) prema ulaznim podacima prijenosnog NIR instrumenta



## IZJAVA O IZVORNOSTI

Ja, Paula Baterl, izjavljujem da je ovaj diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio/la drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.

---

Vlastoručni potpis