

Procjena učinkovitosti senzorskog panela - natjecanje Zzzagimed 2020

Šarić, Sara

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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:159:934106>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-30**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 6. srpnja 2021.

Sara Šarić

1346/PI

**PROCJENA UČINKOVITOSTI
SENZORSKOG PANELA-
natjecanje Zzzagimed 2020**

SADRŽAJ

1.	UVOD	1
2.	TEORIJSKI DIO	2
2.1.	SENZORSKA ANALIZA	2
2.2.	TESTOVI U SENZORSKIM ANALIZAMA	3
2.2.1.	Testovi razlika	3
2.2.2.	Testovi sklonosti.....	4
2.2.3.	Opisni (deskriptivni) testovi.....	5
2.3.	SENZORSKI PANEL	5
2.3.1.	Odabir panelista.....	6
2.3.2.	Trening panelista	7
2.3.3.	Odabir i trening panelista za testove razlika	9
2.3.4.	Odabir i trening panelista za deskriptivne testove.....	9
2.3.5.	Nadzor učinkovitosti panela	10
2.4.	PROSTORIJE ZA PROVOĐENJE SENZORSKE ANALIZE	12
3.	EKSPERIMENTALNI DIO.....	13
3.1.	MATERIJAL	13
3.2.	METODE RADA	14
4.	REZULTATI I RASPRAVA	15
4.1.	UNIVARIJANTNA ANALIZA	19
4.1.1.	Linijski dijagrami	19
4.1.2.	Histogrami aritmetičke sredine i standardne devijacije	24
4.1.3.	Dijagram profila (Profile plot)	27
4.1.4.	Grafovi temeljeni na rezultatima jednofaktorske ANOVA-e.....	31
4.1.5.	Dijagram „Ljuska jajeta“	37
4.2.	MULTIVARIJANTNA ANALIZA.....	41
4.2.1.	Tucker-dijagrami	41
4.2.2.	Manhattan dijagrami.....	45
4.3.	UKUPNA ANALIZA- TROFAKTORSKA ANOVA	48
5.	ZAKLJUČCI	52
6.	LITERATURA	53

Rad je izrađen u Laboratoriju za kontrolu kvalitete u prehrambenoj industriji na Zavodu za poznavanje i kontrolu sirovina i prehrambenih proizvoda Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod mentorstvom dr. sc. Nade Vahčić, red. prof. Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

ZAHVALA

Zahvaljujem svojoj mentorici, prof.dr.sc. Nadi Vahčić, na vodstvu i pomoći pri izradi ovog rada te na svim upućenim konstruktivnim kritikama i korisnim savjetima.

Zahvaljujem i svojoj obitelji; suprugu Marku na bezuvjetnoj podršci još od srednjoškolskih dana, majci Jasminki na koju sam se bez pitanja mogla osloniti u svakom trenutku, ocu Mili na svakoj riječi ohrabrenja, sestri Karli na najčvršćem prijateljstvu koje imam i sestri Marti od koje učim biti bezbrižna i vesela.

Posebno zahvaljujem svom sinu Brunu, koji je na samom početku moga studiranja iznenada unio neizmjernu radost i snažnu motivaciju u moj život.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Diplomski rad

Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Zavod za poznavanje i kontrolu sirovina i prehrambenih proizvoda
Laboratorij za kontrolu kvalitete u prehrambenoj industriji

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

PROCJENA UČINKOVITOSTI SENZORSKOG PANELA - natjecanje Zzzagimed 2020

Sara Šarić, 1346/PI

Sažetak: Senzorska analiza je znanstvena disciplina koja se bavi procjenom svojstava proizvoda pomoću osjetila. Senzorsku analizu provodi senzorski panel koji je sastavljen od prethodno odabranih i obučeni senzorskih analitičara. Za dobivanje mjerodavnih rezultata senzorske analize, nužno je provjeravati učinkovitost i pouzdanost senzorskog panela. Dostupno je više komercijalnih programa koji mogu poslužiti u tu svrhu, a jedan od njih je i PanelCheck, koji je korišten u izradi ovog rada. Cilj ovog istraživanja je statistička procjena učinkovitosti senzorskog panela i senzorskih analitičara, čime se dobiva pregled nad učinkovitošću panela kao cjeline te panelista pojedinačno. Dobiveni rezultati pokazali su da je panel koji je senzorski procjenjivao uzorke meda potrebno dodatno podučavati, te podvrgnuti svakog člana panela dodatnim treninzima.

Ključne riječi: senzorska analiza, senzorski panel, ocjenjivači, PanelCheck

Rad sadrži: 54 stranice, 46 slika, 5 tablica, 19 literaturnih navoda

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u: Knjižnica Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta, Kačićeva 23, Zagreb

Mentor: prof.dr.sc. Nada Vahčić

Stručno povjerenstvo za ocjenu i obranu:

1. Prof.dr.sc. Draženka Komes
2. Prof.dr.sc. Nada Vahčić
3. Prof.dr.sc. Ksenija Marković
4. Prof.dr.sc. Jasenka Gajdoš Kljusurić (zamjena)

Datum obrane: 6. srpnja 2021.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Graduate Thesis

University of Zagreb
Faculty of Food Technology and Biotechnology
Department of Food Quality Control
Laboratory for Food Quality Control

Scientific area: Biotechnical Sciences

Scientific field: Food Technology

PANEL PERFORMANCE ASSESSMENT - Zzzagimed 2020 competition

Sara Šarić, 1346/PI

Abstract: Sensory analysis is a scientific discipline involved with the assessment of the attributes of a product by the senses. Sensory analysis is performed by a sensor panel which is composed of previously selected and trained sensor analysts. To obtain relevant results of the sensory analysis, it is necessary to check the efficiency and reliability of the sensor panel. There are several commercial programs available that can serve this purpose, and one of them is PanelCheck, which was used in the creation of this paper. The aim of this research is to evaluate the effectiveness of the sensor panel as an entirety, and assessors separately. This provides an overview of the effectiveness of the entire panel and the panelists individually. The obtained results showed that the panel needed to be further taught. Also, each member of the panel should be subjected to additional training.

Keywords: sensory analysis, sensor panel, assessors, PanelCheck

Thesis contains: 54 pages, 46 figures, 5 tables, 19 references

Original in: Croatian

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

Mentor: prof.dr.sc. Nada Vahčić

Reviewers:

1. PhD. Draženka Komes, Full professor
2. PhD. Nada Vahčić, Full professor
3. PhD. Ksenija Marković, Full professor
4. PhD. Jasenka Gajdoš Kljusurić, Full professor (substitute)

Thesis defended: 6 July 2021

1. UVOD

Potrebe prehrambene industrije u svijetu za novim, kvalitetnijim i poboljšanim proizvodima sve su veće. Posljednjih godina, fokus je na pronalasku zdravijih alternativa brojnih proizvoda; naime, među potrošačima je izražena sve veća svijest o ulozi zdrave hrane i o zdravom načinu života općenito. Osim toga, od velike je važnosti i napredak u smislu pronalaska rješenja za niže troškove proizvodnje i distribucije. S obzirom na to, proizvođačima je, između ostalog, postavljen i izazov osmišljavanja i proizvodnje hrane koja će biti prihvaćena među potrošačima.

Da bi se postigao uspjeh, nužno je da industrija što preciznije prepozna stavove i percepciju potrošača. Ukoliko je proizvod poželjnih senzorskih karakteristika odnosno ugodne boje, okusa, mirisa, teksture i sl., veća je vjerojatnost da će doživjeti uspjeh na tržištu. Senzorska analiza ključna je komponenta tog procesa. Povijesno gledano, senzorska analiza često je bila povezana isključivo sa ekspertima za proizvode, no danas je praksa bitno drugačija; u senzorskoj analizi mogu sudjelovati prethodno istrenirani članovi tima koji rade na razvoju novoga proizvoda. Oni određuju jesu li neki proizvodi slični ili različiti, mjere intenzitet određene senzorske značajke te mjere sveopću kvalitetu ili prihvatljivost proizvoda. Nakon senzorskog ocjenjivanja proizvoda, dobiveni podatci mogu se obraditi statistički. Iz povratnih informacija danih od strane panelista, danas je moguće izvući brojne statističke podatke i njihove grafičke prikaze te ih usmjeriti u poboljšanje proizvodnje, bez većeg poznavanja statistike kao matematičke discipline i principa statističkih analiza podataka.

Cilj ovoga rada je odrediti učinkovitost senzorskog panela. Senzorski ocjenjivači su ocjenjivali uzorke 6 različitih vrsta meda: bagrem, medun, cvjetni, kesten, lipa i livada. Usporedbom njihovih rezultata ponovljenih mjerenja istih uzoraka utvrdit će se moguće razlike između senzorskih analitičara.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. SENZORSKA ANALIZA

Senzorska analiza definirana je kao znanstvena metoda koja se koristi za mjerenje, analizu i interpretaciju odgovora na proizvode koji se doživljavaju kroz osjetila vida, njuha, dodira, okusa i sluha (Stone i Sidel, 2004). Prema definiciji ISO, senzorska analiza je znanost koja se bavi procjenom organoleptičkih svojstava proizvoda pomoću osjetila (ISO 5492:2008).

Područje senzorske analize počelo je ubrzano rasti u drugoj polovici dvadesetog stoljeća, skupa sa ekspanzijom industrije procesirane hrane i prehrambenih proizvoda. Senzorska analiza obuhvaća niz tehnika koje se koriste za točno mjerenje ljudskih odgovora na hranu. Uz to, senzorska analiza minimalizira potencijalne učinke pristranosti uzrokovane, primjerice, identitetom nekog brenda ili ostalim informacijama koje mogu utjecati na percepciju potrošača. Također, omogućava objektivno izdvojiti senzorska svojstva same hrane i dati uvid u senzorske karakteristike nekog proizvoda, osiguravajući na taj način korisne informacije za razvoj proizvoda (Lawless i Heymann, 2010).

Osim u svrhu razvoja proizvoda, senzorska analiza primjenjiva je i na poboljšanje proizvoda, kontrolu kvalitete, razvoj procesa te istraživanja vezana za utjecaj skladištenja na senzorske karakteristike hrane. Senzorsku analizu provodi senzorski panel, kojemu treba pristupiti kao znanstvenom instrumentu, ukoliko želimo dobiti pouzdane i valjane rezultate. Ispitivanja koja se provode panelom moraju se provoditi u kontroliranim uvjetima, koristeći prikladne metode ispitivanja i statističke analize. Samo na taj način, senzorska analiza može dati dosljedne i ponovljive podatke (Watts i sur., 1989).

Senzorska svojstva hrane opažaju se ovim redoslijedom: izgled, miris, konzistencija i tekstura, okus i zvuk.

U slučaju prehrambenih proizvoda, posebno kod mesa, voća i povrća, potrošač često procjenjuje početnu kvalitetu proizvoda po boji i **izgledu**. Izgled i boja ovih proizvoda stoga su primarni pokazatelji opažene kvalitete. U preradi hrane i kuhanju, promijenjena boja ukazuje da je hrana dovoljno obrađena i u korelaciji je s promjenama arome i okusa. Jednostavni primjeri su smeđenje pečene i pržene hrane.

Miris nekog proizvoda osjeti se kada hlapljive molekule nošene plinom dopijevaju u nos te se osjećaju olfaktornim sustavom. Porastom udjela hlapivih molekula u plinu raste i intenzitet mirisa proizvoda.

Konzistencija je mogućnost održavanja cjelovitosti, koherentnosti i tipičnog izgleda proizvoda. Usko je povezana sa viskozitetom i stanjem tvari. Moguće je postaviti gradacijsku grupaciju atributa teksture po kriterijima stanja konzistencije za homogene ili heterogene tekućine, te za krute, semikrute i polukrute tvari.

Tekstura je osjetilna i funkcionalna manifestacija strukturnih, mehaničkih i površinskih svojstava hrane. Teksturu hrane percipiraju osjetila vida (vizualna tekstura), dodira (taktilna tekstura) i zvuka (slušna tekstura). Dok se za uočavanje teksture nekih proizvoda koristi samo jedno od osjetila, u drugim slučajevima tekstura se opaža kombinacijom tih osjetila. Tekstura hrane može biti izuzetno važna za potrošača. Ipak, za razliku od boje i okusa, potrošač uglavnom teksturu ne percipira kao pokazatelja sigurnosti hrane, već kao pokazatelja kvalitete hrane.

Specijalizirani osjetilni organi na jeziku i mekom nepcu sadrže receptore za osjećaj **okusa**. Receptori okusa su smješteni u staničnim membranama, u skupinama od oko 30-50 stanica skupljenih u slojevitom kuglu, tzv. okusni pupoljak. Okus (slatko, slano, kiselo i gorko) nastaje zahvaljujući topljivim spojevima koje receptori detektiraju pomoću vršaka živaca u mekim membranama.

Slušni osjećaj ne utječe značajno na percepciju hrane, iako mnogi **zvukovi** mogu biti opaženi tokom konzumacije hrane. Zvuk obično daje informaciju o strukturi proizvoda. Mjeri se po glasnoći i postojanosti zvuka koji nastaje od hrane (Lawless i Heymann, 2010).

2.2. TESTOVI U SENZORSKIM ANALIZAMA

2.2.1. Testovi razlika

Testovi razlika su najjednostavniji testovi u senzorskim analizama. Još se nazivaju i diskriminativnim testovima ili testovima diferencije. Ovi testovi pokušavaju odgovoriti postoji li između dvije vrste proizvoda razlika koju je moguće percipirati. Radi se o testovima diskriminacije ili jednostavnim postupcima ispitivanja razlika. Analiza se obično temelji na statistici frekvencija i proporcija (brojanje točnih i pogrešnih odgovora). Iz rezultata ispitivanja, zaključuju se razlike na temelju udjela osoba koje su u mogućnosti odabrati testni proizvod ispravno iz niza sličnih ili kontrolnih proizvoda. U testovima diferencije postavljaju se 3 pitanja:

- a) Postoji li razlika?
- b) Kako bi opisali razliku?
- c) Kolika je razlika?

Testovi razlika dijele se u 2 podskupine: opći testovi razlika i testovi razlika s obzirom na obilježje. Testovi iz skupine općih testova razlika su: duo-trio test (ISO 10399:2017), test dva od pet, test trokuta (ISO 4120:2004), jednostavni test razlika i test „A-ne A“ (ISO 8588:2017). Test trokuta jedan je od najčešće korištenih testova razlike. Ocjenjivač dobiva tri uzorka koji se vizualno ne razlikuju, no jedan od datih uzoraka je različit od ostala dva. Ocjenjivač zatim treba odrediti koji je od ponuđenih uzoraka različit. Test trokuta smatra se statistički učinkovitim, no donekle je pod utjecajem posljedica senzornog umora i pamćenja (Meilgaard i sur., 2016).

Testovi koji se ubrajaju u podskupinu testova razlike s obzirom na obilježje su: test nizanja parova, jednostavni test nizanja (ISO 8587:2006), test uspoređenja u paru (ISO 5495:2005), test višestrukog uspoređenja u paru i testovi razlika na više uzoraka (Stone i Sidel, 2004).

2.2.2. Testovi sklonosti

U postupku ocjenjivanja proizvoda, obično (no ne i uvijek), nakon testova diskriminacije i opisnih testova slijede ispitivanja prihvaćanja odnosno testovi sklonosti. Testovi diskriminacije i opisni testovi smanjuju broj alternativnih proizvoda na neki ograničen podskup koji se dalje podvrgava testovima sklonosti. „Ispitivanje prihvaćanja“ podrazumijeva praćenje mjere u kojoj se proizvod sviđa ispitanicima. Sklonost tj. preferencija je izraz privlačnosti jednog proizvoda u odnosu na drugi. Sklonost se može mjeriti izravno usporedbom dvaju ili više proizvoda međusobno, tj. određivanjem poželjnijeg proizvoda od dvaju ili više ponuđenih. (Stone i Sidel, 2004).

Testovi sklonosti nastoje kvantificirati stupanj naklonosti/nenaklonosti ispitanika prema određenom proizvodu. Nazivaju se još i hedonističke odnosno afektivne metode ispitivanja. Najjednostavniji način izvođenja ovakvog testiranja je ponuditi ispitanicima izbor između alternativnih proizvoda i provjeriti postoji li jasna preferencija većine ispitanika. Nedostatak ovakvih testova jest to što ne daju dovoljno informacija o magnitudi naklonosti/nenaklonosti od strane ispitanika. Najčešće se upotrebljavaju razne hedonističke ljestvice (skale) (Lawless i Heymann, 2003).

2.2.3. Opisni (deskriptivni) testovi

Deskriptivna analiza jedna je od najsofisticiranijih metoda dostupnih senzorskim stručnjacima. Ova senzorska metodologija pruža kvantitativne opise proizvoda, temeljene na percepciji skupine kvalificiranih ispitanika. Rezultati testova deskriptivne analize pružaju cjelovite senzorne opise niza proizvoda, pružaju osnovu za mapiranje sličnosti i razlika proizvoda te pružaju osnovu za određivanje onih osjetnih svojstava koja su važna za prihvaćanje. Rezultati omogućuju povezivanje specifičnih sastojaka ili varijabli procesa sa specifičnim promjenama nekih (ili svih) osjetilnih svojstava proizvoda. U slučaju razvoja proizvoda, opisne su informacije presudne u usmjeravanju pažnje na one varijable proizvoda koje su identificirane kao različite u odnosu na referentni proizvod, a također i za uspostavljanje uzročno-posljedičnih veza (Stone i Sidel, 2004).

Komponente deskriptivne analize su:

1. Karakteristike – kvalitativni aspekt
2. Intenzitet – kvantitativni aspekt
3. Slijed pojavljivanja – vremenski aspekt
4. Sveukupni dojmovi – integrirani aspekt (Meilgaard i sur., 2016)

2.3. SENZORSKI PANEL

Senzorski panel je skupina ocjenjivača koja sudjeluje u senzorskim analizama (ISO 5492:2008). Bilo koji dobar mjerni alat trebalo bi redovito provjeravati kako bi se utvrdila njegova valjanost i dosljednost. Isto je i u slučaju senzorskog panela; pojedince, kao i panel u cjelini, treba nadgledati. Panelisti su kao mjerni instrumenti vremenom prilično promjenjivi, vrlo varijabilni među sobom i skloni pristranosti. Da bi se odgovarajuće uzeli u obzir ovi nedostaci potrebno je ponavljati mjerenja, osigurati dovoljan broj ispitanika (često 20-50) kako bi rezultati bili reprezentativni. Senzorski analitičari međusobno se razlikuju po urođenoj osjetljivosti, što se izražava faktorima u rasponu 2–10 ili više. Također, moraju biti odabrani, obučeni i motivirani. (Meilgaard i sur., 2016).

Panelisti su odabrani pomoću posebnih testova, te su uvježbani kako bi imali što bolju sposobnost detekcije razlika među uzorcima. Broj panelista obično varira od 5 – 10, ovisno o metodi i vrsti uzorka.

Trening panela je skup i dugotrajan proces, ali gotovo je sigurno da veliki i dobro uvježbani paneli daju bolje informacije. Očiti nedostatak malih panela je povećana važnost koja se pridaje svakom članu panela. Korištenje nekih statističkih operacija u slučaju malih panela može dovesti do netočnih zaključaka. Drugi problem kod malih panela je taj što broj senzorskih analitičara može (zbog bolesti, odmora ili prekida) lako pasti ispod kritičnog broja potrebnog za provedbu senzorskog ocjenjivanja. Vjerojatno je nemoguće odrediti idealan broj panelista, no smatra se da će veći panel (sa otprilike 20 članova) vjerojatno opravdati troškove njegovog održavanja (King i sur., 1995).

2.3.1. Odabir panelista

Instrument za ispitivanje u senzorskoj analizi panel sastavljen od ljudskih „sudaca“ koji su odabrani i istrenirani za izvršavanje specifičnih zadataka senzorskog ocjenjivanja. Voditelj panela odabire paneliste, trenira ih, prati njihove sposobnosti, pruža vodstvo i motivaciju. Za učinkovito funkcioniranje panela, potrebna je temeljita priprema i učinkovito usmjeravanje panela od strane vođe panela. Panelisti kako za obučene panele, tako i za neobučene, interne panele, obično se mogu pronaći među osobljem ustanove ili organizacije u kojoj se provodi istraživanje. Većina ljudi u organizaciji potencijalni su panelisti. Obično će biti zainteresirani za sudjelovanje ukoliko smatraju da je njihov doprinos važan. Kao pomoć pri odabiru, potencijalni panelisti trebali bi popuniti upitnike i time dati uvid u osobne preferencije za hranu, navodeći sva ograničenja ili alergije na hranu koje mogu imati i navodeći vrijeme kada će biti dostupni za panel. Te informacije pomoći će vođi panela pri odabiru pojedinaca koji su prikladni za daljnji trening. U tvrtki ili ustanovi gdje se senzorska ispitivanja provode redovito, korisno je čuvati datoteku s podacima o svim potencijalnim panelistima. Osim toga, korisno je čuvati i zapise o svakom panelistu koji sudjeluje u bilo kojem senzorskom panelu. Potencijalni panelisti pozivaju se u grupama od maksimalno 10 osoba, kako bi im vođa panela mogao objasniti važnost senzorskog ocjenjivanja, pokazati panelistima ispitne sadržaje i odgovoriti im na eventualna pitanja. Pojedinci koji sudjeluju samo u internim panelima prihvatljivosti, ne trebaju proći obuku. Međutim, korisno ih je uputiti u primjerice, način na koji se označavaju obrasci, u samu metodu te postupak ispitivanja. Paneliste također treba savjetovati da prije sudjelovanja u panelu pokušaju izbjeći jake mirisne materijale poput sapuna, losiona i parfema te da ne jedu, ne piju i ne puše najmanje 30 minuta prije senzorskog testa.

Panelisti koji pristanu sudjelovati u obučanim tj. istreniranim panelima, trebali bi biti ispitani na normalnu oštrinu osjetila. Od panelista se očekuje da identificiraju osnovne okuse i

uobičajene mirise. Treba ispitati osjetljivost panelista, odnosno njihovu sposobnost razlikovanja razina određenih senzorskih karakteristika. Za ispitivanje vještina razlikovanja, često se koristi test trokuta; ispitanicima se ponude uzorci hrane ili otopina koji su identični po svemu osim po razini jednog okusa ili po nekoj karakteristici teksture. Ovakvi procesi probira omogućuju prepoznavanje osoba sa slabim osjetima njuha ili okusa, ili onih koji ne osjete razlike u intenzitetima okusa ili teksture. Za osobe koje će u konačnici služiti kao obučeni panel, postupak probira pruža preliminarno senzorsko iskustvo.

Nakon početnog probira, panelisti bi trebali biti testirani na sposobnost razlikovanja pomoću uzoraka vrlo sličnih ili identičnih onima koji će biti proučavani. Neki panelisti mogu biti izvrsni u razlikovanju kod jedne vrste prehrambenih proizvoda, dok kod druge vrste mogu biti loši. Važno je pronaći paneliste koji su osjetljivi na razlike u testnoj hrani. Ako se 20-25 ljudi podvrgne probiru, trebalo bi biti moguće za daljnji trening odabrati grupu od 12-14 ljudi koji su pokazali vrhunske sposobnosti tijekom probira. Odabrani panelisti trebali bi biti zainteresirani za projekt i dostupni za dugoročno sudjelovanje. Trening panela obično traje 30 minuta dnevno, 2-4 puta tjedno. Sam trening trebao bi početi sa većim brojem ljudi nego što ih je potrebno za konačni istrenirani panel. Razlog je to što će neki panelisti gotovo sigurno otpasti uslijed raznih razloga; primjerice zbog bolesti ili prioritetnijih poslovnih obaveza. Konačni, obučeni panel trebao bi se sastojati od barem 8 ljudi sa dobrom sposobnošću razlikovanja, potrebnom za uspješno izvršavanje budućih zadataka (Watts i sur., 1989).

Nedavno je provedeno istraživanje fokusirano na uključivanje osoba sa invaliditetom u senzorske panele. Rad sa panelistima koji su doživjeli gubitak nekog osjeta predstavljao bi primjer društvene odgovornosti implementirane u okvir senzorskih analiza, što bi imalo pozitivan utjecaj na lokalne zajednice. Uvriježeno mišljenje je da bi gubitak jednog osjetilnog organa trebao biti povezan s porastom preostalih osjetnih funkcija. Istraživanje je pokazalo da je zapošljavanje osoba sa slabim vidom kao senzorskih panelista rezultiralo kraćim treningom i postizanjem dobrih performansi panela u cjelini. S obzirom da je sljepoća jedan od glavnih oblika invalidnosti, ideja integracije takvih osoba u senzorske panele pokazuje ozbiljan potencijal za formiranje panela u budućnosti (Gómez-Corona i sur., 2020).

2.3.2. Trening panelista

Učinak pojedinaca unutar panela, kao i panela u cjelini, može se unaprijediti odgovarajućim vježbama odnosno treningom. Sam trening trebao bi biti koncipiran tako da pomogne

panelistima davati valjane i pouzdane prosudbe koje su neovisne o njihovim osobnim preferencijama. Svaka vježba tokom treninga trebala bi biti popraćena raspravom o rezultatima, pod vodstvom voditelja panela. To pomaže da panelisti zajedno, kao grupa, razviju dosljedne metode vrednovanja. Obuka panela za kvantitativnu analizu može zahtijevati deset do dvanaest zasjedanja, ili čak i više ako postoji velik broj osjetilnih karakteristika koje treba procijeniti, dok se obuka panela za testove razlika ili rangiranja obično može obaviti u nekoliko zasjedanja. Prije ispitivanja, panelisti bi se trebali upoznati s rasponom karakterističnih senzorskih svojstava prehrambenih proizvoda na koje će nailaziti tijekom ispitivanja. Stoga, završni trening treba provesti s prehrambenim proizvodima sličnim onima koji će se koristiti tijekom stvarnog ispitivanja. Često se tijekom treninga odabiru najbolji postupci pripreme i prezentiranja uzoraka te se oblikuje konačni obrazac za senzorsku procjenu. Trebalo bi održavati česte rasprave između panelista i voditelja panela, kako bi bilo sigurno da svi panelisti razumiju zadatak, obrazac za procjenu i terminologiju, te da mogu razlikovati ispitivane karakteristike. Dosljedni odgovori panelista i dogovori između panelista postižu se davanjem preciznih definicija i opisa za procjenjivanje svake karakteristike proizvoda, te dostavom uzoraka za probu svake karakteristike kad god je to moguće. Ukoliko panelist nije uspješan u jednoj vrsti senzorskih zadataka, i dalje može biti uspješan u drugoj vrsti. Za daljnje sudjelovanje u panelima, potrebno ih je ohrabrivati te iskazivati zahvalnost za njihov trud (Watts i sur., 1989).

Godine 2012. provedeno je istraživanje u kojemu su pomoću softvera PanelCheck uspoređene karakteristike obučenog i neobučenog senzorskog panela. Dva ocjenjivanja provedena su u laboratoriju za senzorske analize u identičnim uvjetima. Svaki panel sastojao se od 10 senzorskih analitičara. Rezultati ovog istraživanja pokazali su da neobučeni panel ima veću standardnu devijaciju i lošiju ponovljivost. S obzirom da su rezultati obučenog panela bili bolji od rezultata neobučenog panela, može se zaključiti da su obuka, validacija i nadzor panela vrlo važni tijekom senzorskih analiza. Za oba panela, najviše problema javilo se kod analize mirisa „po kuhanom“, te intenziteta mirisa. Spomenuta dva svojstva imala su najveće varijacije na Tucker-1 dijagramima. Oba senzorska svojstva temelje se na osjetu mirisa, pa se može reći da bi bilo korisno poraditi na sposobnosti senzorskih analitičara za detekciju i identifikaciju mirisa (Losó i sur., 2012).

2.3.3. Odabir i trening panelista za testove razlika

Voditelj panela vrši odabir panelista iz određenog broja prijavljenih kandidata. Nakon toga, odabire senzorsko osoblje koje je zaduženo za provođenje treninga, selekciju i postupke održavanja. Osoba koja provodi trening je kvalificirana; najčešće je riječ o članu senzorskog osoblja koji je vrlo vješt i iskusan u tehnikama i vođenju treninga. Svi panelisti koji su uključeni u senzorska istraživanja moraju biti upoznati sa vremenskim trajanjem treninga. Važno je da se u treningu na testovima tj. tokom promatranja budućih panelista, mogu uočiti sposobnosti kandidata da uočavaju razlike između senzorskih karakteristika određenih proizvoda te da su sposobni uočiti razlike u intenzitetu odnosno jačini određenih svojstava uzoraka (Lawless i Heymann, 2010).

Testovi razlikovanja odnosno prepoznavanja pomažu odrediti sposobnost kandidata da prepozna različitosti u naizgled vrlo sličnim uzorcima. Provede se na način da je kandidatu ponuđen niz od 3 ili više testova trokuta koji se razlikuju u zahtjevnosti detekcije razlike u uzorcima (od slabog do umjereno teškog). Kandidat dobiva skalu u kojoj je prikazana lista standarda okusa s pripadajućim koncentracijama. Nakon testiranja, voditelj panela odlučuje hoće li prihvatiti ili odbaciti kandidata.

Osim testova prepoznavanja i testova razlika, koriste se i testovi nizanja čija je svrha ispitivanje sposobnosti kandidata da rangiraju intenzitet nekog senzorskog svojstva uzorka u određenu ljestvicu jačine intenziteta. Testovi nizanja daju uvid u sposobnost prosudbe kandidata o intenzitetu okusa ili mirisa određenog uzorka u usporedbi sa drugim. Kandidatu su ponuđeni uzorci sličnih svojstava ali različitih intenziteta određenog parametra (gorčina, slatkoća, kiselost i sl.) a cilj je što točnije poredati uzorke na ljestvici intenziteta od najslabijeg do najjačeg (Meilgaard i sur., 2006).

2.3.4. Odabir i trening panelista za deskriptivne testove

Voditelj panela ima zadatak odabrati i obučiti paneliste za deskriptivne testove. On mora odrediti sposobnost kandidata na 3 područja. Za svako senzorsko svojstvo koje se ispituje (miris, okus, tekstura), kandidat bi trebao pokazati sposobnost da prepozna razlike u prezentiranom obilježju. Nadalje, trebao bi imati razvijenu sposobnost da opiše te značajke verbalno ili koristeći metode ljestvice za razlike u intenzitetu. Također, od kandidata se očekuje i da ima kapacitet za apstraktno zaključivanje, što znači da kandidat ima sposobnost referiranja na druge proizvode, kako bi lakše dočarao svojstva testiranog uzorka.

Rezultati kandidata odnosno potencijalnih panelista na testovima nizanja su glavni faktor pri odabiru panelista za deskriptivne testove. Za prolaz, kandidatima je potrebno minimalno 80% točnih odgovora. Kandidate je na testovima i tokom treninga potrebno nadgledati kako bi se utvrdila njihova zainteresiranost odnosno nezainteresiranost za samu senzorsku analizu. Panelisti koji ne pokazuju interes trebali bi biti isključeni. (Meilgaard i sur. 2016).

2.3.5. Nadzor učinkovitosti panela

Za ispitivanje sposobnosti pojedinih panelista, mogu se koristiti jednostavne grafičke tehnike. Također, te tehnike mogu poslužiti za otkrivanje individualnih razlika među članovima senzorskog panela. Vizualizacija informacija u obliku različitih grafova može omogućiti voditelju panela da iz njih izvuče mjerodavne informacije. Grafički prikaz zajedničkih informacija može poslužiti kao osnova za selektivno osposobljavanje sa ciljem poboljšanja karakteristika panela, kao i panelista pojedinačno (Tomic i sur., 2013).

Nadzor nad učinkovitošću panela može se provoditi kod već postojećeg panela, ili kada se u panel uvodi novi član (ISO 8586:2012). Učinkovitost panela procjenjuje se na temelju sposobnosti razlučivanja svakog člana panela, podudaranja rezultata svakog pojedinog panelista sa rezultatima panela kao grupe, pouzdanosti rezultata svakog panelista i pouzdanosti rezultata panela u cjelini, kao i na temelju sposobnosti razlučivanja panela.

Posljednjih godina, matematičari i statističari su optimizirali i razvili nove metode za rješavanje problema u različitim područjima znanosti kao što su medicina, kemija, agronomija, biologija, prehrambena tehnologija i sl. Te metode ili modeli su zatim implementirani u računalne pakete (softver) nakon čega su znanstvenici imali koristi od njihove upotrebe jer ručni izračun oduzima vrijeme i obično je neprecizan za velike skupove podataka. Sve veći broj softverskih alata i paketa sa širokom uporabom stvorili su „click and go“ generaciju korisnika, kojima ide u prilog pojednostavljeno dobivanje statističkih parametara. Zahvaljujući takvim alatima, u svega nekoliko klikova moguće je izvući, primjerice, p-vrijednosti i multivarijantne grafikone, bez potrebe za većim znanjem iz područja statistike.

Rezultati panela mogu se obraditi u više programa. U ovom diplomskom radu korišten je statistički program PanelCheck. Osim PanelCheck-a, još su dostupni i npr. SensomineR, SAS, FactoryTalk, FlavorWiki, Compusense, SensCheck itd. Svi softvereri za praćenje usklađenosti panela i panelista koriste slične statističke metode (Nunes i sur., 2015).

ANOVA (skraćeno od „jednofaktorska analiza varijance“) je test koji koristimo za usporedbu očekivanja barem dvije normalno distribuirane populacije. Jedna je od najčešće korištenih i ujedno najvažnijih metoda za analizu senzorskih i potrošačkih podataka. ANOVA obuhvaća velik broj metoda, ali svima im je zajedničko da je fokus na ispitivanju utjecaja različitih čimbenika na ishod eksperimenta. Ova metodologija je korisna kada je fokus na istraživanju razlika u proizvodima u senzorskim i potrošačkim istraživanjima. Svrha ANOVA metode je identificirati i kvantificirati čimbenike koji su odgovorni za varijabilnost odgovora. Analiza varijance omogućava provjeru promjena aritmetičkih sredina uzoraka te daje mogućnost validacije ponovljivosti i sposobnosti razlučivanja svakog panelista. Za analizu varijance važan je odnos variranja između i unutar skupina. Izračunava se F vrijednost testa prema formuli $F = V_{ig} / V_{ug}$, gdje je V_{ig} varijanca između skupina, a V_{ug} varijanca unutar skupina. Ako panelist ima veliku F vrijednost i malu p vrijednost, znači da pokazuje dobru sposobnost razlučivanja specifičnog svojstva uzorka (Naes i sur., 2010).

Trostruka analiza varijance ubraja se u multivarijantne analize. Njome se mogu otkriti neslaganja jednog ili više panelista s ostatkom panela.

Iz MSE (Mean Square Error) vrijednosti može se iščitati uspješnost ponovljivosti pojedinih panelista; što je niža MSE vrijednost, bolja je ponovljivost pojedinog panelista. Ukoliko panelist daje identične ponovljene rezultate, njegova MSE vrijednost iznosit će nula.

p*MSE grafikon daje uvid u sposobnost panelista da prepozna razlike između danih uzoraka. Iz p*MSE grafikona moguće je prepoznati paneliste koji postižu lošije rezultate kod analizirane karakteristike.

Analiza glavnih komponenti (PCA) vrednuje svakog panelista u usporedbi sa panelom kao cjelinom za svako pojedino senzorsko svojstvo uzorka (Stone i Sidel, 2004).

2.4. PROSTORIJE ZA PROVOĐENJE SENZORSKE ANALIZE

Lokacija prostorija za provođenje senzorske analize trebala bi biti udaljena od područja buke i izvora mirisa, poput proizvodnih linija i kuhinja u kafeterijama. Važno je da se do mjesta za senzorske analize može lako doći, bez gužve, te da je mjesto ugodno, tiho, s kontroliranom temperaturom, i prije svega, bez mirisa i buke.

Prostor za provođenje senzorskih analiza mora sadržavati sobu za pripremu uzoraka, sobu sa kabinama za provođenje analiza i sobu za skladištenje uzoraka u hladnjake odnosno u zamrzivače, ukoliko su analizirani uzorci smrznuti.

Kabine su idealno rješenje za testove razlika i deskriptivne testove, dok su okrugli stolovi najčešće korišteni za treninge kandidata. Kabine moraju biti vratašcima odvojene od prostorije u kojoj se priprema uzorak. Kroz vratašca panelisti dobivaju uzorke, nakon čega se vratašca zatvaraju, kako bi svaki panelist mogao neometano obaviti senzorsku procjenu uzorka. Uobičajeno je da jedno područje za pripremu uzoraka poslužuje šest do osam kabina. Kabine mogu biti poredane jedna do druge, u obliku slova L ili u obliku dva seta od po tri do četiri kabine okrenute jedna prema drugoj preko područja posluživanja. Oblik L omogućava najučinkovitiju uporabu koncepta "radnog trokuta" u dizajnu kuhinje, jer rezultira minimalnim utroškom vremena zahvaljujući minimalnoj udaljenosti tehničara pri posluživanju uzoraka. Prostorije moraju biti postavljene tako da umanje eventualne pristranosti panelista te da njihova osjetljivost bude maksimalna. Čimbenici koji ne dolaze iz samih proizvoda trebali bi biti eliminirani.

Poželjno je da rasvjetno tijelo unutar prostorije ima i opciju osvjetljenja crvenim svjetlom, koje služi za uklanjanje vizualnih razlika u boji kod uzoraka. Ventilacija u prostoriji služi uklanjanju nepoželjnih mirisa iz prostorije, koji ne dolaze od analiziranog uzorka.

Cijena senzorske analize poprilično je visoka, zbog utroška vremena panelista. Stoga, važno je smanjenje ili uklanjanje uznemirujućih čimbenika. Izostanci panelista i varijacije u razini motivacije su univerzalni problemi, a menadžment mora jasno pokazati vrijednost koju pridaje senzorskim analizama pažnjom i trudom utrošenim na prostorije u kojima se senzorske analize odvijaju (Meligaard i sur., 2016).

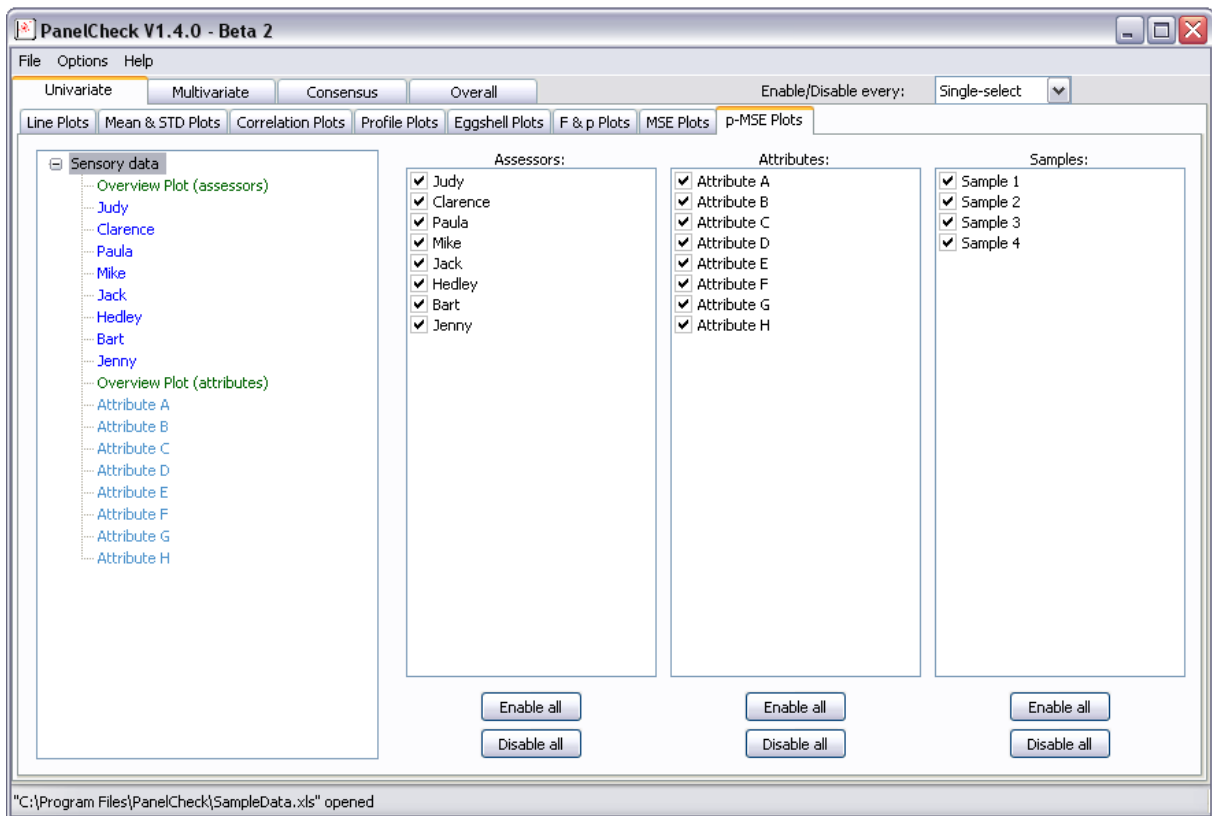
3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. MATERIJAL

U svrhu analize senzorskog panela programom PanelCheck, korišteni su rezultati senzorske analize sljedećih vrsta meda: kesten, livada, bagrem, cvjetni, lipa i medun. Senzorski panel činilo je 5 senzorskih analitičara koji su sudjelovali u senzorskom ocjenjivanju. Ocjenjivano je 6 uzoraka navedenih vrsta meda a parametri koji su se ocjenjivali bili su: čistoća, bistrina, boja, miris i okus meda, sa iznimkom vrsta livada i cvjetni, kod kojih se parametar boja ne ocjenjuje.

3.2. METODE RADA

PanelCheck (verzija 1.4.0) vrlo je jednostavan software proizvođača Nofima Mat iz Norveške, koji omogućava brzu analizu učinkovitosti i rada senzorskog panela, kao i panelista pojedinačno. Unesene rezultate senzorskog ocjenjivanja PanelCheck može vizualizirati u obliku različitih dijagrama. Program koristi statističke proračune, čime je olakšano korištenje korisnicima koji nemaju veće znanje iz područja statistike kao matematičke discipline. U ovom radu, iz programa PanelCheck korištene su sljedeće metode: Univarijatna analiza (linijski dijagrami, histogrami aritmetičke sredine i standardne devijacije, dijagrami profila, grafovi temeljeni na rezultatima jednofaktorske ANOVA-e i dijagram „Ljuska jajeta“), Multivarijatna analiza (Tucker– dijagrami i Manhattan dijagrami), te Ukupna analiza ili trofaktorska analiza varijance (Slika 1).



Slika 1. PanelCheck software (panelcheck.com, 2021)

4. REZULTATI I RASPRAVA

Rezultati senzorske procjene prethodno spomenutih vrsta meda prikazani su u tablicama 1-5. Svaka tablica prikazuje ocjene pojedinog analitičara za svih 6 uzoraka meda i za svako senzorsko svojstvo (čistoću, bistrinu, boju, miris i okus).

Software PanelCheck omogućio je statističku obradu dobivenih rezultata. Iz programa su preuzeti dijagrami dobiveni univarijantnom, multivarijantnom te sveukupnom analizom. Ti dijagrami daju nam uvid u pojedinačni učinak panelista te u individualne razlike među njima.

Rezultati univarijantne analize prikazani su linijskim dijagramima, histogramima aritmetičkih sredina i pripadajućih standardnih devijacija za svako senzorsko svojstvo, dijagramima profila pojedinog senzorskog svojstva, grafovima temeljenim na rezultatima jednofaktorske ANOVA-e i dijagramima „ljuske jajeta“.

Rezultati multivarijantne analize prikazani su Tuckerovim i Manhattanovim dijagramima.

Sveukupna analiza provedena je uz korištenje trofaktorske ANOVA-e.

Tablica 1: Rezultati senzorske procjene meda od strane senzorskog analitičara „SA1“

Senzorski ocjenjivač	Uzorak	Ponavljjanje	Senzorsko svojstvo				
			Čistoća	Bistrina	Boja	Miris	Okus
SA1	1	1	5	5	5	5	5
SA1	1	2	5	5	5	4,5	5
SA1	2	1	5	4,5		4	4
SA1	2	2	5	4		4	4
SA1	3	1	5	5	4,5	4,5	5
SA1	3	2	5	5	4,5	4,5	5
SA1	4	1	5	5		4	5
SA1	4	2	5	5		4,5	5
SA1	5	1	5	4	5	4,5	4
SA1	5	2	5	4	5	5	4,5
SA1	6	1	5	5	5	5	5
SA1	6	2	5	5	5	5	5

Tablica 2: Rezultati senzorske procjene meda od strane senzorskog analitičara „SA2“

Senzorski ocjenjivač	Uzorak	Ponavljjanje	Senzorsko svojstvo				
			Čistoća	Bistrina	Boja	Miris	Okus
SA2	1	1	5	5	5	4,5	5
SA2	1	2	5	4,5	5	4,5	4,5
SA2	2	1	5	4		4	5
SA2	2	2	5	3,5		4	4,5
SA2	3	1	5	5	4,5	4	4
SA2	3	2	5	5	4	4	4,5
SA2	4	1	5	5		5	5
SA2	4	2	5	4,5		5	5
SA2	5	1	5	3,5	4	3,5	4
SA2	5	2	5	4	4,5	4	4,5
SA2	6	1	5	4,5	5	4,5	5
SA2	6	2	5	4,5	5	4	5

Tablica 3: Rezultati senzorske procjene meda od strane senzorskog analitičara „SA3“

Senzorski ocjenjivač	Uzorak	Ponavljanje	Senzorsko svojstvo				
			Čistoća	Bistrina	Boja	Miris	Okus
SA3	1	1	5	5	5	5	5
SA3	1	2	5	5	5	5	5
SA3	2	1	5	4		4,5	4,5
SA3	2	2	5	4		4	5
SA3	3	1	5	5	5	5	5
SA3	3	2	5	5	5	5	4,5
SA3	4	1	5	5		5	4,5
SA3	4	2	5	5		5	5
SA3	5	1	5	4	4	4,5	4,5
SA3	5	2	5	4	5	5	5
SA3	6	1	5	4,5	5	5	5
SA3	6	2	5	5	5	5	5

Tablica 4: Rezultati senzorske procjene meda od strane senzorskog analitičara „SA4“

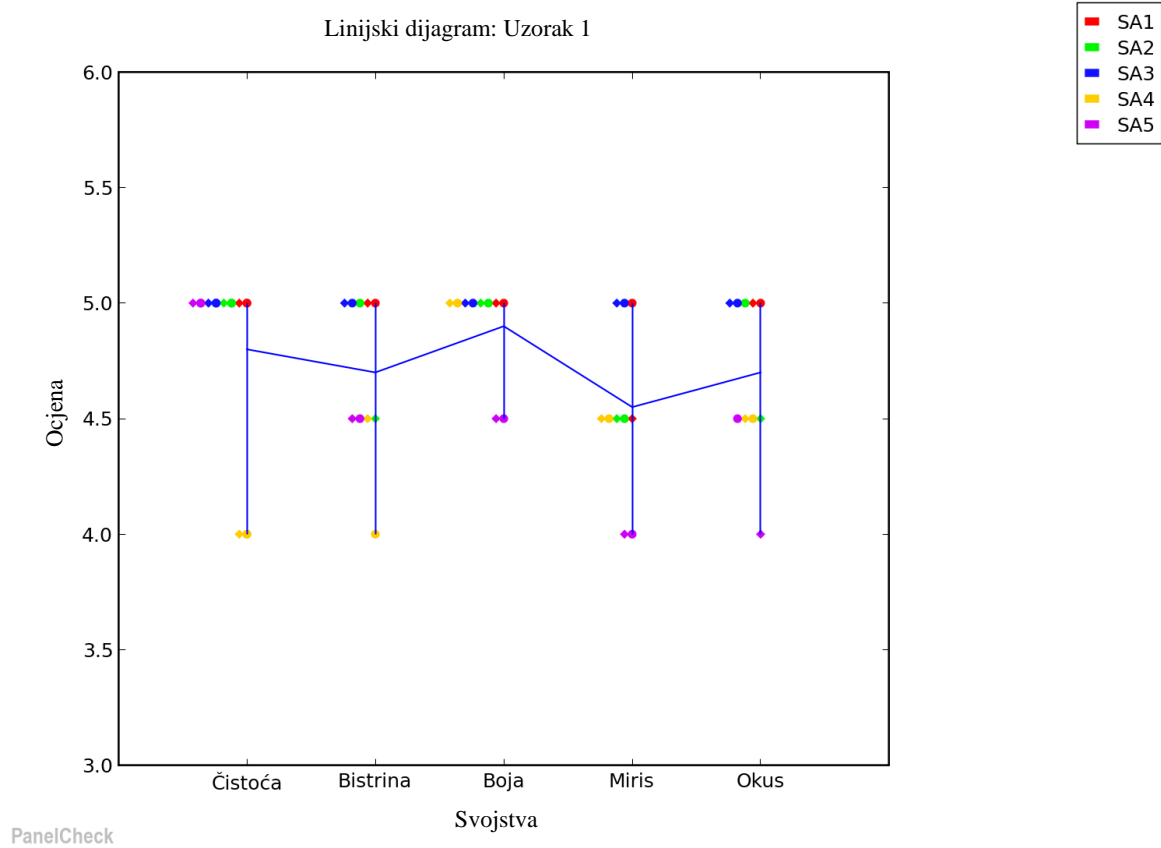
Senzorski ocjenjivač	Uzorak	Ponavljanje	Senzorsko svojstvo				
			Čistoća	Bistrina	Boja	Miris	Okus
SA4	1	1	4	4	5	4,5	4,5
SA4	1	2	4	4,5	5	4,5	4,5
SA4	2	1	5	4,5		4,5	4,5
SA4	2	2	5	4		4,5	4,5
SA4	3	1	4	4,5	5	4,5	4,5
SA4	3	2	5	5	5	4	4,5
SA4	4	1	5	4,5		4,5	4,5
SA4	4	2	5	4,5		4,5	4,5
SA4	5	1	4	4	4,5	4,5	4,5
SA4	5	2	4,5	4	4	4,5	4,5
SA4	6	1	5	4	4,5	4,5	4,5
SA4	6	2	5	4,5	4,5	4,5	4,5

Tablica 5: Rezultati senzorske procjene meda od strane senzorskog analitičara „SA5“

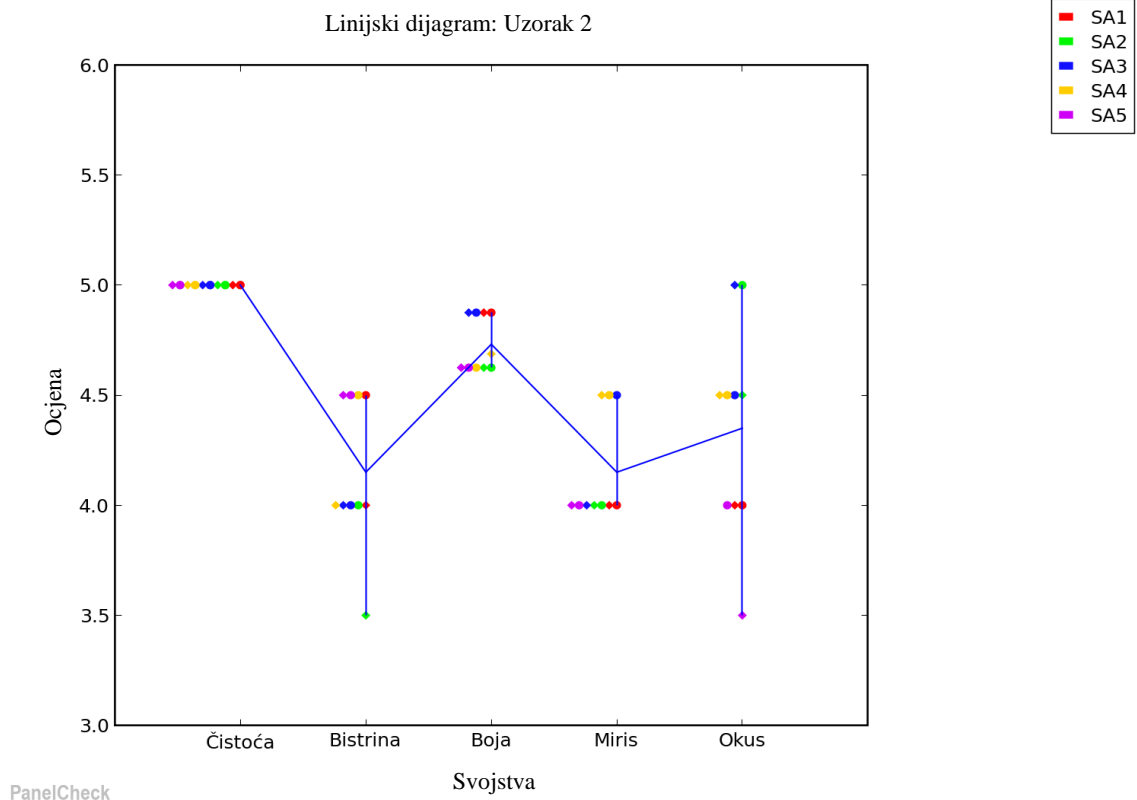
Senzorski ocjenjivač	Uzorak	Ponavljjanje	Senzorsko svojstvo				
			Čistoća	Bistrina	Boja	Miris	Okus
SA5	1	1	5	4,5	4,5	4	4,5
SA5	1	2	5	4,5	4,5	4	4
SA5	2	1	5	4,5		4	4
SA5	2	2	5	4,5		4	3,5
SA5	3	1	5	5	4	4	4,5
SA5	3	2	5	5	4,5	4	4,5
SA5	4	1	5	5		4	4,5
SA5	4	2	5	4,5		4	4
SA5	5	1	5	4	4,5	4	4,5
SA5	5	2	5	4,5	5	4,5	5
SA5	6	1	5	5	5	4,5	5
SA5	6	2	5	4,5	5	5	5

4.1. UNIVARIJANTNA ANALIZA

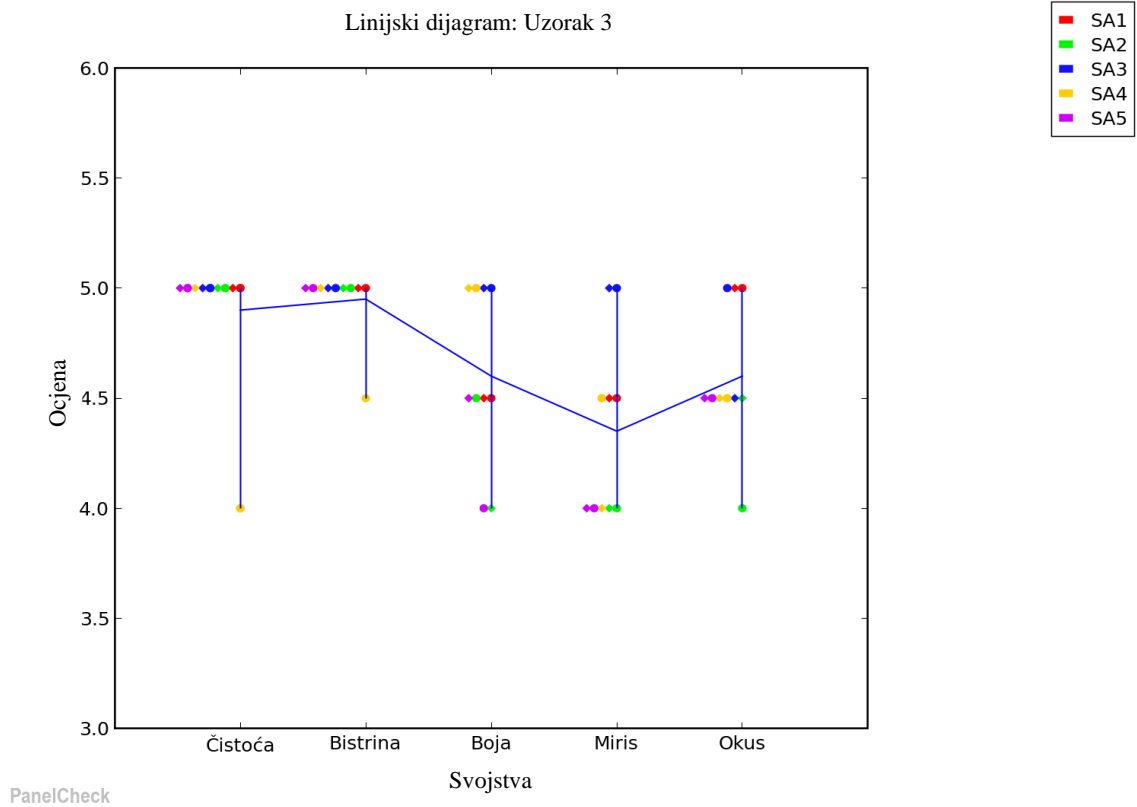
4.1.1. Linijski dijagrami



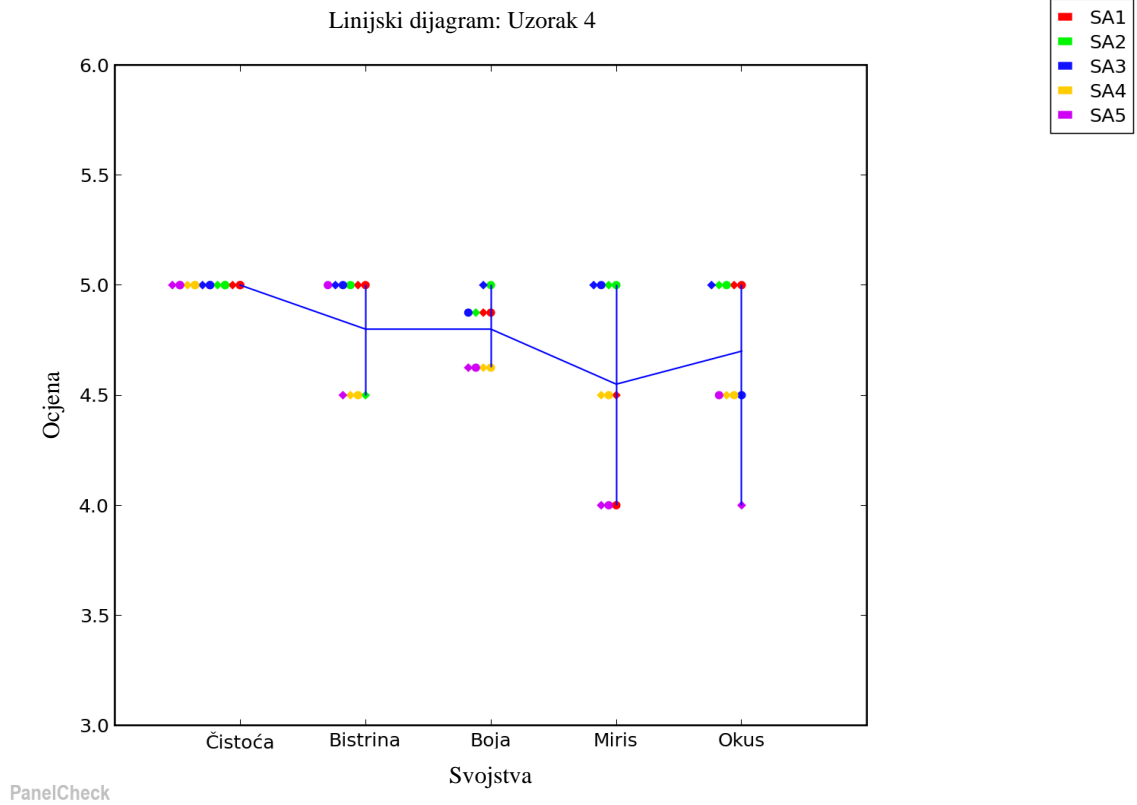
Slika 2. Linijski dijagram senzorskih svojstava uzorka 1 od strane svih senzorskih analitičara



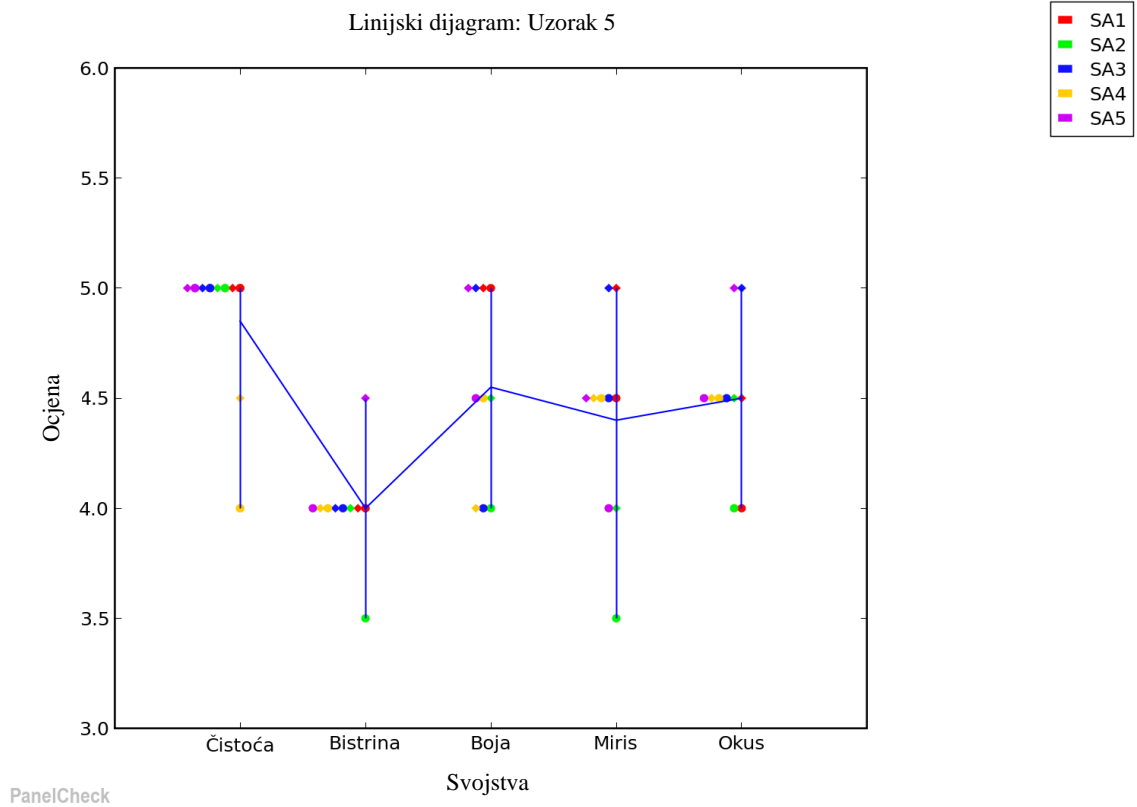
Slika 3. Linijski dijagram senzorskih svojstava uzorka 2 od strane svih senzorskih analitičara



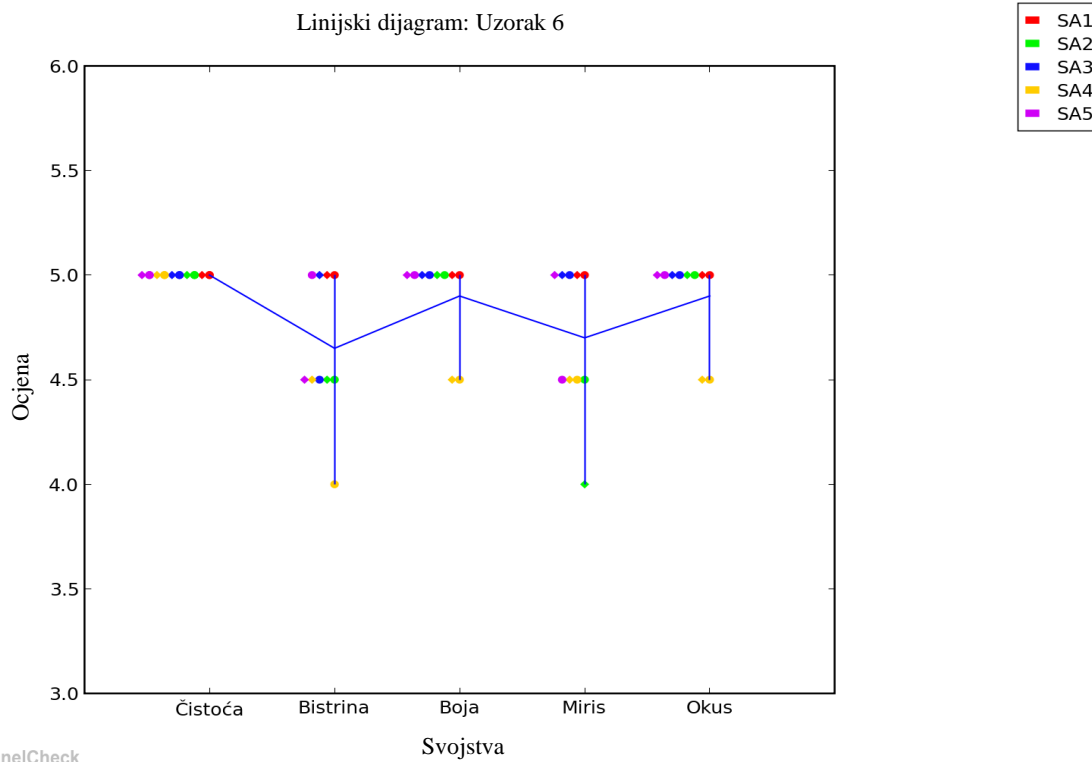
Slika 4. Linijski dijagram senzorskih svojstava uzorka 3 od strane svih senzorskih analitičara



Slika 5. Linijski dijagram senzorskih svojstava uzorka 4 od strane svih senzorskih analitičara



Slika 6. Linijski dijagram senzorskih svojstava uzorka 5 od strane svih senzorskih analitičara

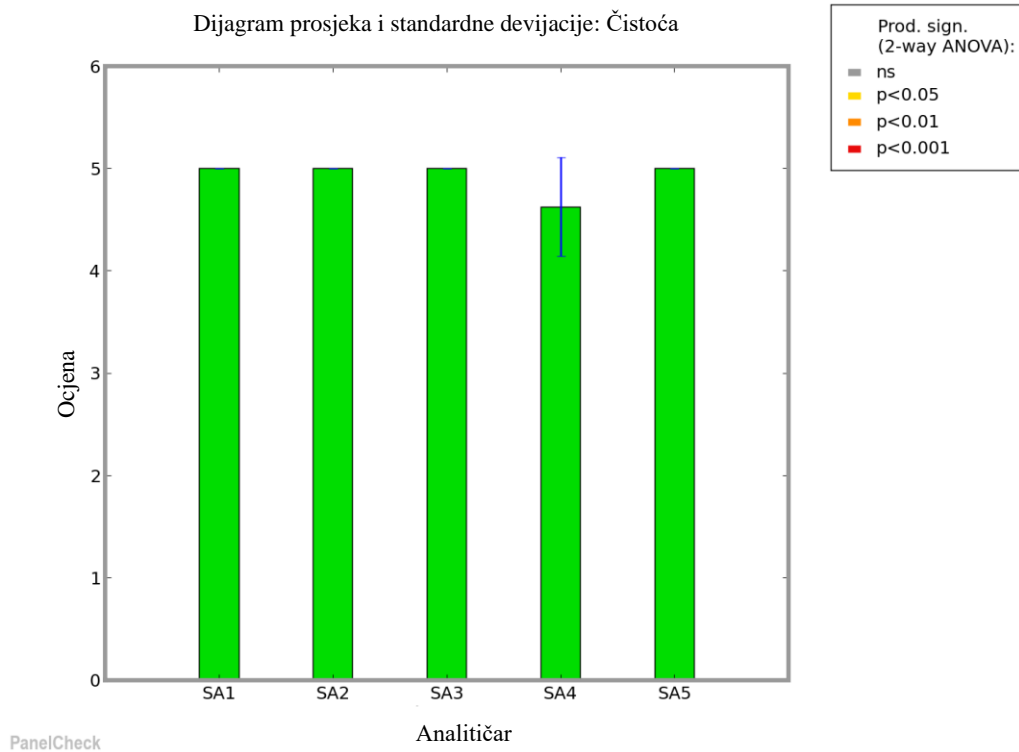


Slika 7. Linijski dijagram senzorskih svojstava uzorka 6 od strane svih senzorskih analitičara

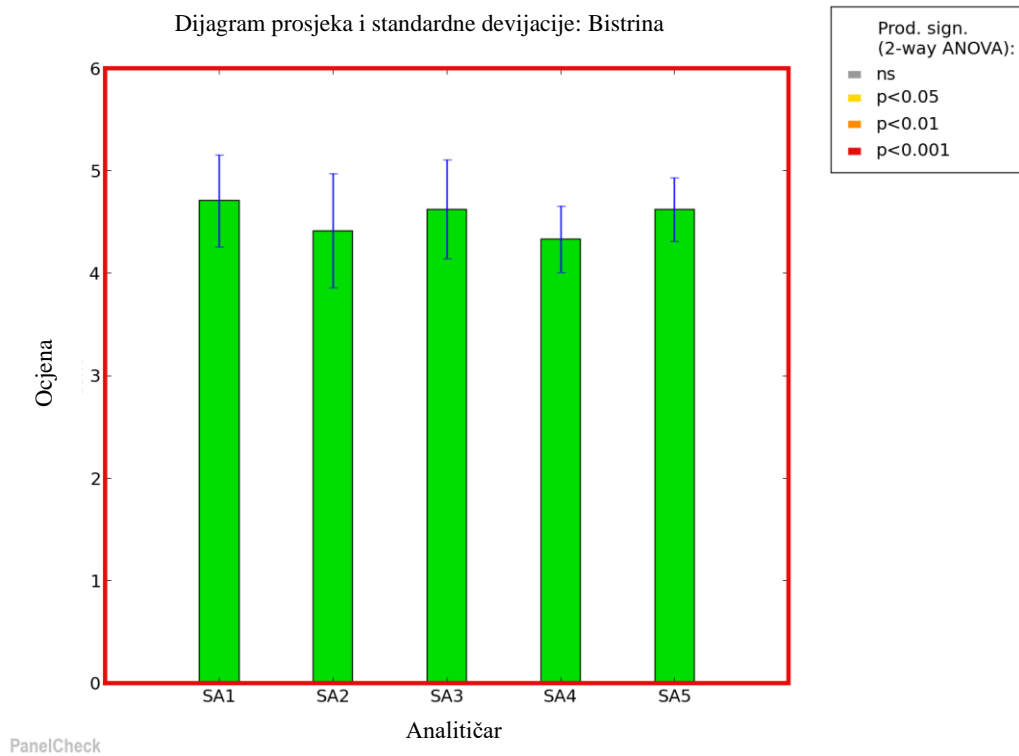
Na **linijskim dijagramima** prikazana su sva senzorska svojstva ocjenjivana svakog pojedinog uzorka te sve ocjene i ponavljanja pojedinog senzorskog analitičara. Okomite linije na dijagramu prikazuju raspon ocjena. Mali raspon ocjena ukazuje na slaganje analitičara oko ocjene za određeno svojstvo uzorka. S obzirom na to, poželjno je da raspon bude što manji. Pravac koji spaja okomite linije, na sjecištima prikazuje aritmetičku sredinu svih ocjena panela za svako pojedino senzorsko svojstvo. U slučaju uzorka 1 (Slika 2), raspon ocjena jednak je za parametre čistoća, bistrina, miris i okus (razlika između najniže i najviše ocjene je 1), dok je za parametar boja raspon nešto manji (iznosi 0,5). To ukazuje na pretežno slaganje analitičara oko ocjena danih za parametre prvog uzorka. Za parametre čistoće i boje, najmanje su razlike u ocjenama. Veće neslaganje oko ocjena vidljivo je u slučaju parametara bistrine, mirisa i okusa. Parametar čistoća kod uzorka 2 (Slika 3) ocjenjen je maksimalnom ocjenom od strane svih analitičara, dok je najveći raspon ocjena prisutan u slučaju parametra okus. Veće slaganje kod uzorka 3 (Slika 4) analitičari pokazuju pri ocjenjivanju čistoće, što nije slučaj u preostala 4 parametra. Najniža prosječna ocjena dana je za parametar miris, što se očituje najnižim sjecištem pravaca na dijagramu. Čistoću uzorka 4 (Slika 5), svi analitičari su ocijenili jednako. Veći raspon ocjena vidljiv je za miris i okus. Bistrina uzorka 5 (Slika 6)

ocjenjena je najnižom prosječnom ocjenom, dok je najveći raspon ocjena vidljiv kod parametra miris. Vidljiva su i odstupanja u ocjenama čistoće danim od strane SA4 u odnosu na sve ostale analitičare. I kod uzorka 6 (Slika 7), analitičari se jednoglasno slažu oko ocjene za parametar čistoća. Veća neslaganja vidljiva su kod bistrine i mirisa. Također, SA4 daje nižu ocjenu od prosječne za ukupno 4 od 5 ocjenjivanih parametara.

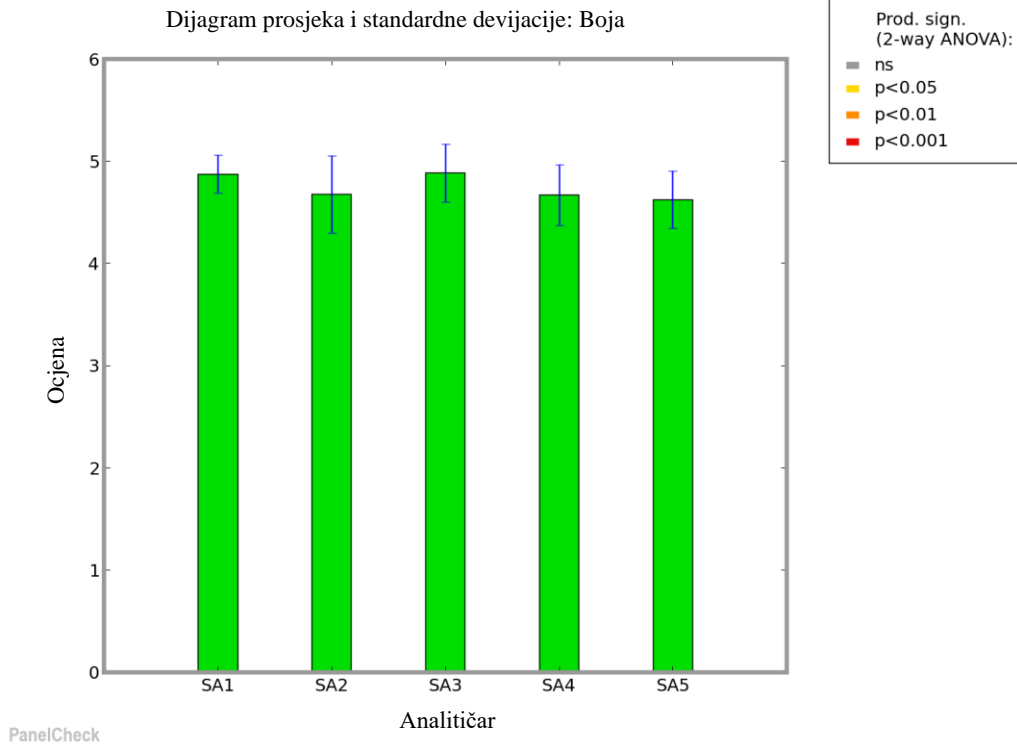
4.1.2. Histogrami aritmetičke sredine i standardne devijacije



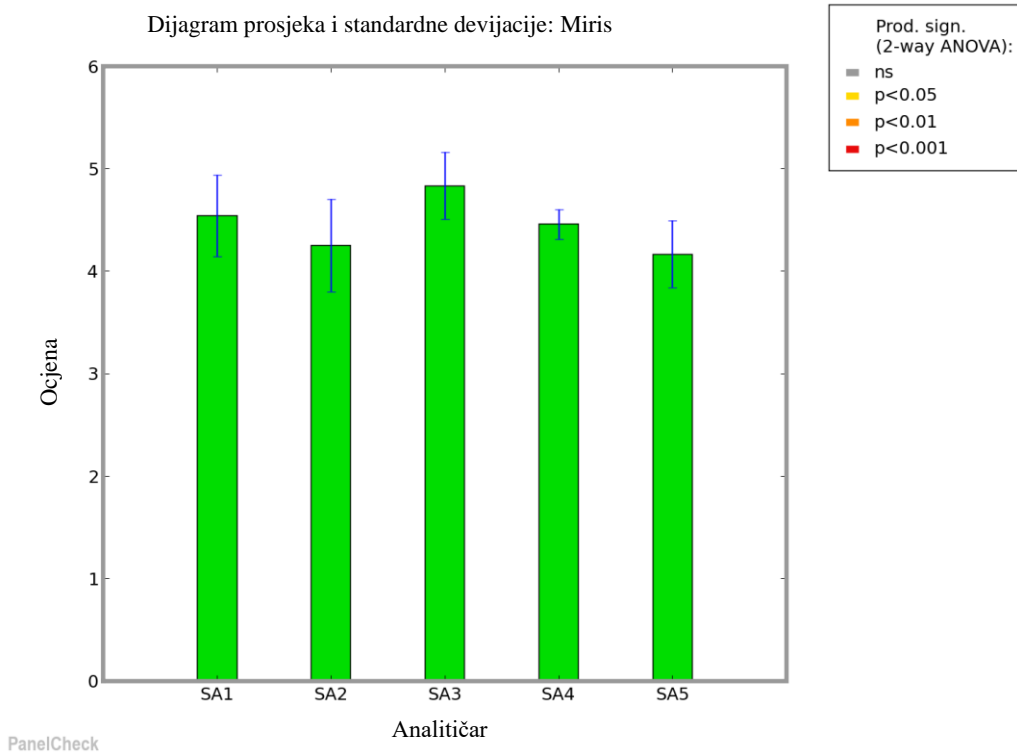
Slika 8. Histogram aritmetičke sredine i standardne devijacije za parametar „Čistoća“ za svakog senzorskog analitičara



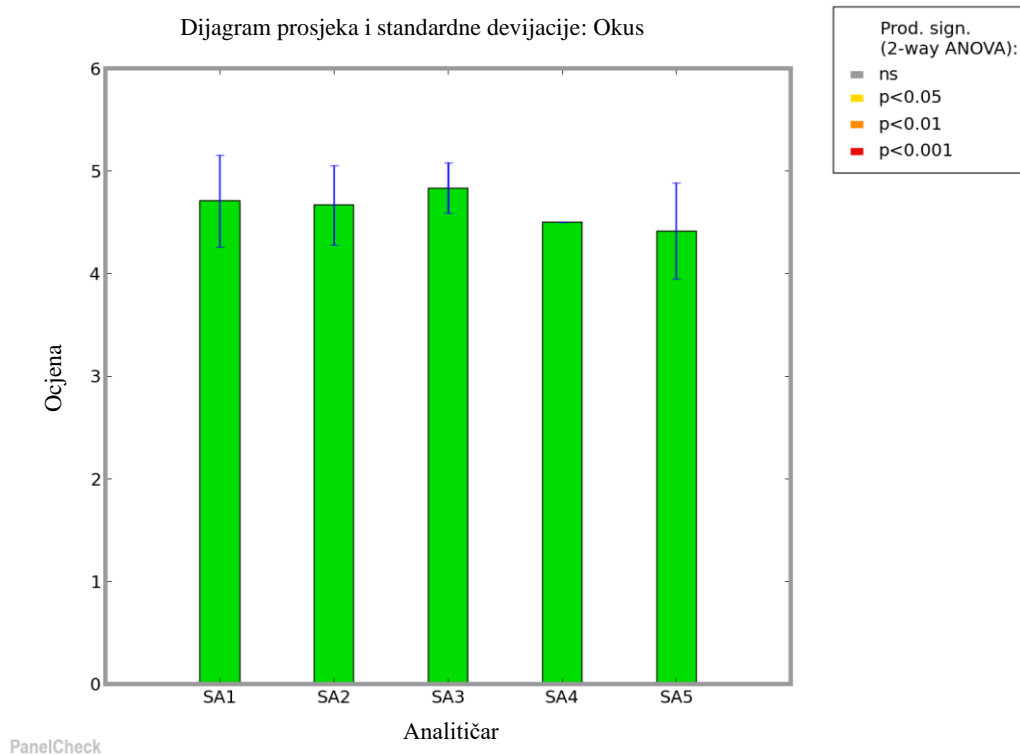
Slika 9. Histogram aritmetičke sredine i standardne devijacije za parametar „Bistrina“ za svakog senzorskog analitičara



Slika 10. Histogram aritmetičke sredine i standardne devijacije za parametar „Boja“ za svakog senzorskog analitičara



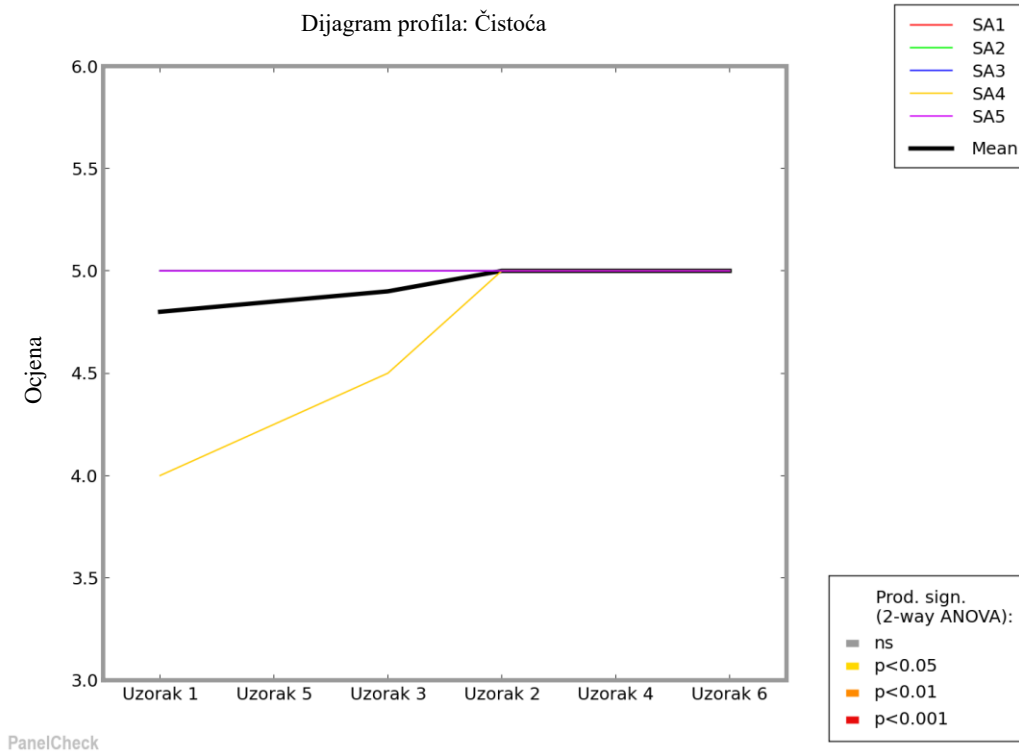
Slika 11. Histogram aritmetičke sredine i standardne devijacije za parametar „Miris“ za svakog senzorskog analitičara



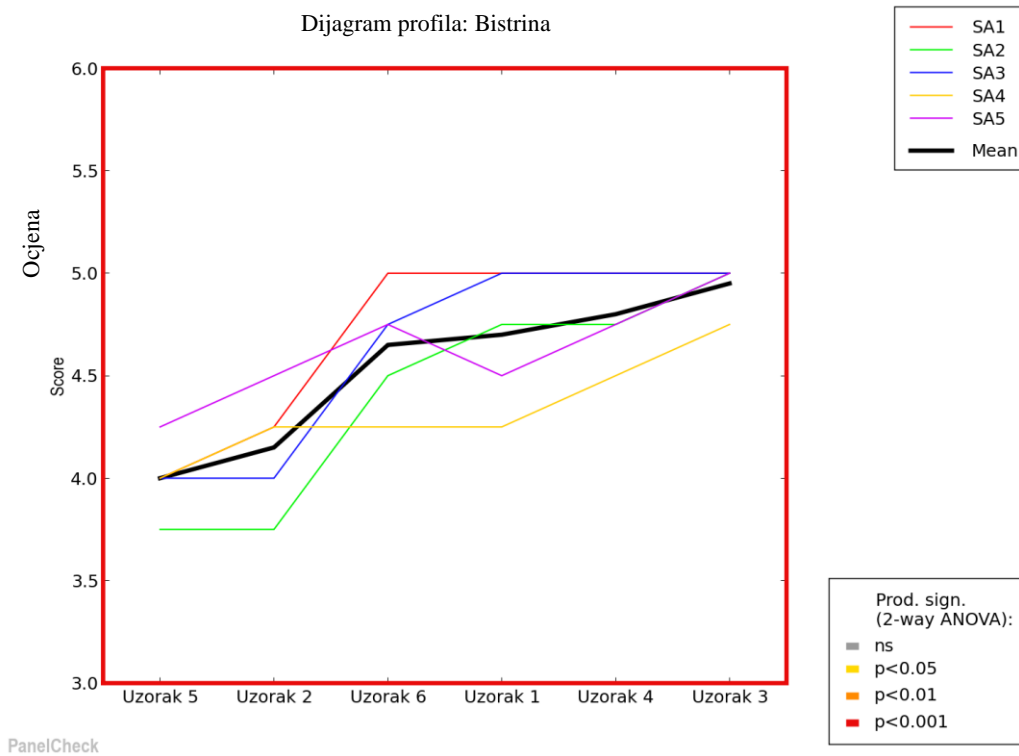
Slika 12. Histogram aritmetičke sredine i standardne devijacije za parametar „Okus“ za svakog senzorskog analitičara

Histogrami aritmetičke sredine i standardne devijacije prikazuju prosjek ocjena pojedinog senzorskog analitičara za pojedino svojstvo, a standardna devijacija kvantificira vrijednost mogućeg odstupanja. Prvi histogram (Slika 8) pokazuje da je većina analitičara dala slične ocjene za parametar čistoća uzoraka. Ističe se analitičar SA4, čiji je prosjek danih ocjena nešto niži od preostala 4 analitičara. Također, vidljiva je i najveća standardna devijacija ocjena tog analitičara. Ostali analitičari ne pokazuju uočljivu vrijednost mogućeg odstupanja. Sljedeći histogram (Slika 9) prikazuje parametar bistrina. SA1, SA3 i SA5 imaju slične aritmetičke sredine danih ocjena. Također, SA1, SA2 i SA3 pokazuju najveće vrijednosti standardne devijacije. Histogram koji se odnosi na parametar boja (Slika 10) pokazuje da su SA1 i SA3 davali nešto veće ocjene od preostale trojice analitičara. Najvišu vrijednost mogućeg odstupanja pokazuje SA2, a najmanju SA1. U slučaju parametra miris (Slika 11), najviše ocjene davao je SA3, a SA1 i SA2 pokazuju najveće vrijednosti standardne devijacije. Za parametar okus (Slika 12), SA4 gotovo uopće ne pokazuje moguće odstupanje, iz čega možemo zaključiti da je senzorski analitičar 4 vrlo pouzdano ocjenjivao parametar okusa za sve uzorke. Aritmetička sredina i standardna devijacija dobivena od strane 5 senzorskih analitičara za sve senzorske parametre statistički se značajno ne razlikuju osim za parametar bistrine ($p < 0,001$).

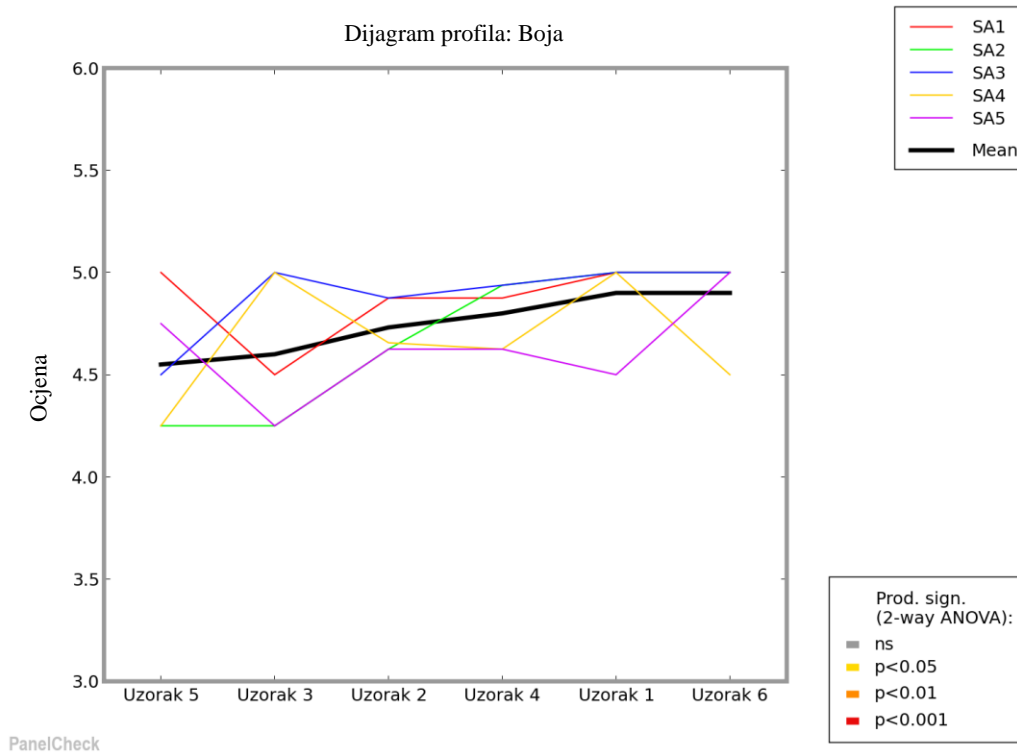
4.1.3. Dijagram profila (Profile plot)



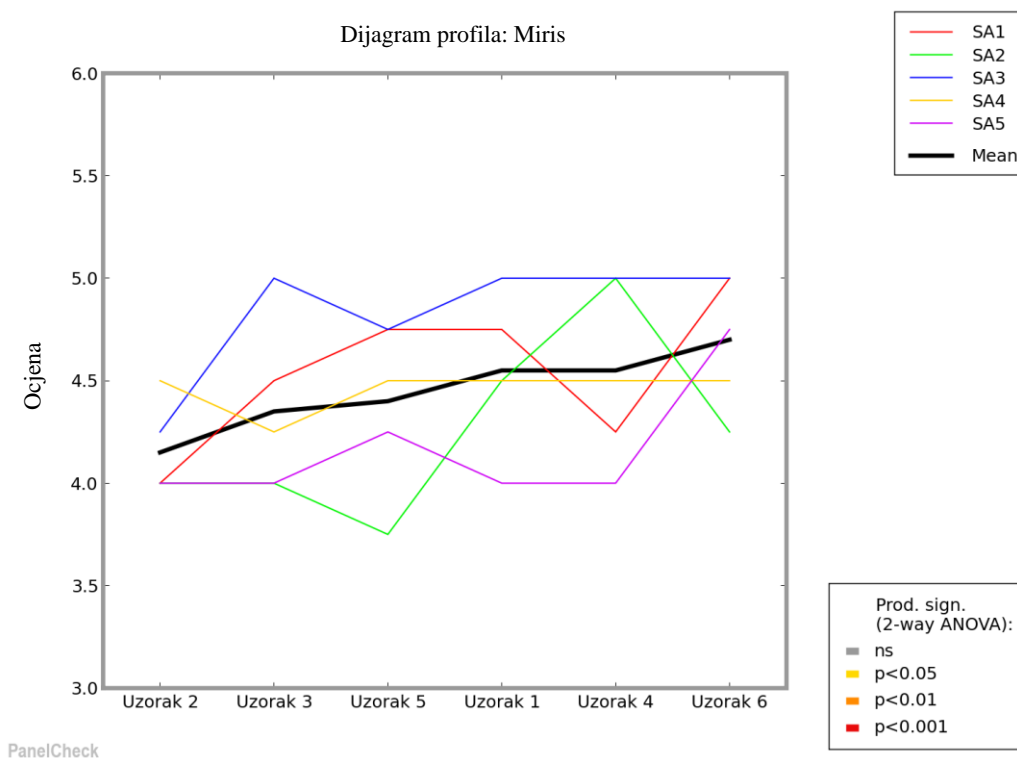
Slika 13. Profil senzorskog svojstva „Čistoća“ svih uzoraka meda od strane svih senzorskih analitičara



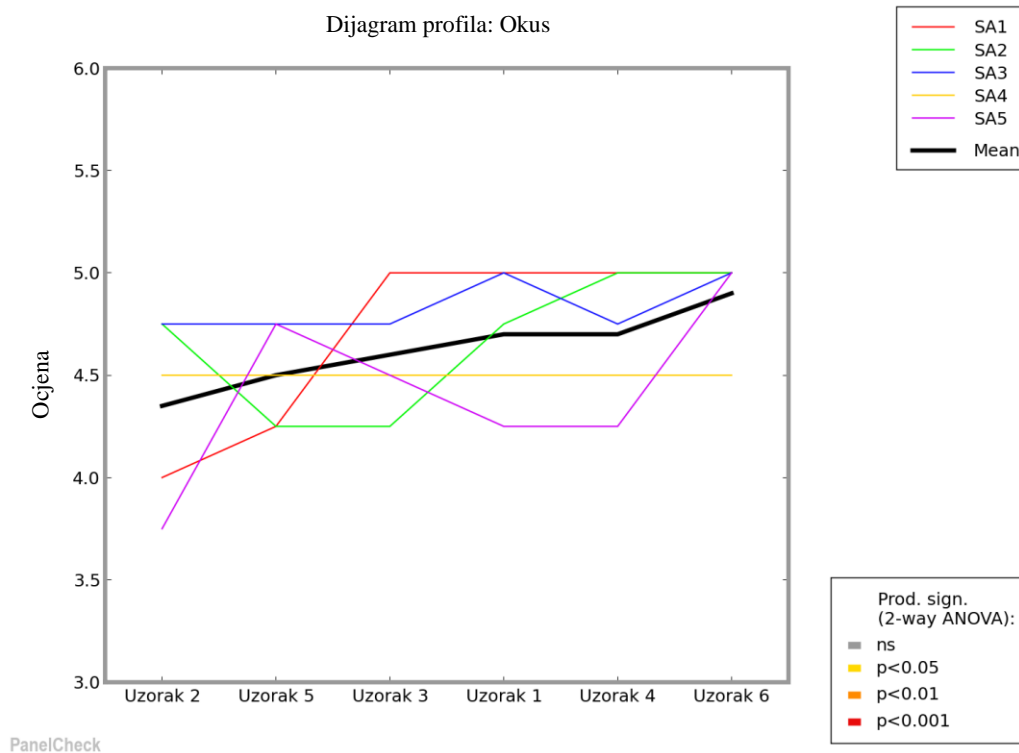
Slika 14. Profil senzorskog svojstva „Bistrina“ svih uzoraka meda od strane svih senzorskih analitičara



Slika 15. Profil senzorskog svojstva „Boja“ svih uzoraka meda od strane svih senzorskih analitičara



Slika 16. Profil senzorskog svojstva „Miris“ svih uzoraka meda od strane svih senzorskih analitičara

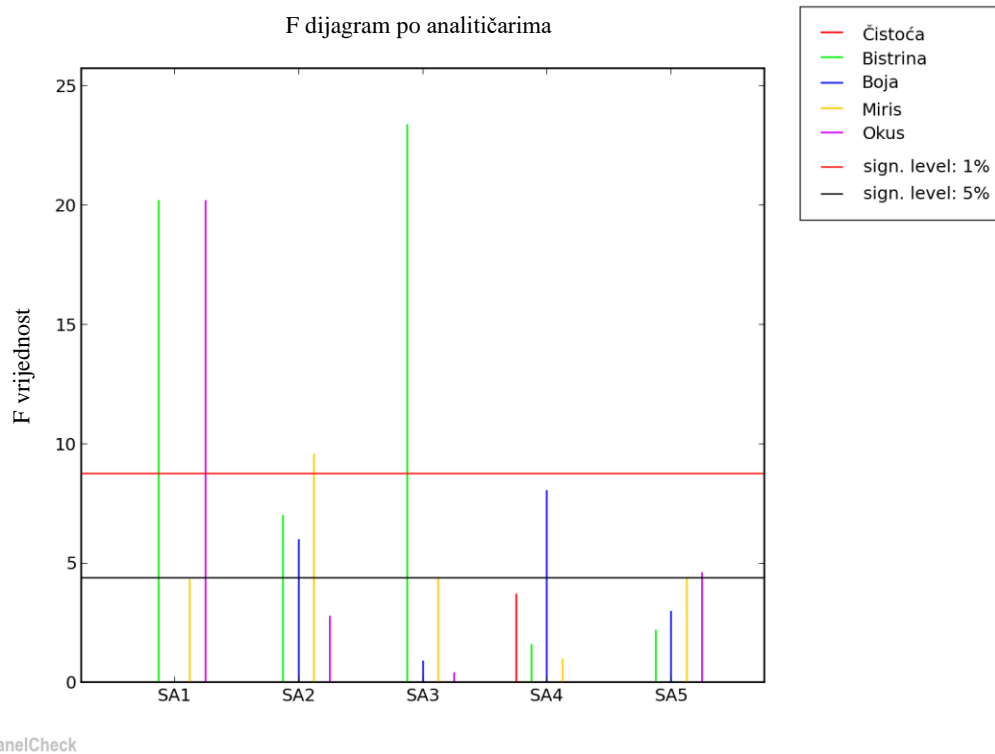


Slika 17. Profil senzorskog svojstva „Okus“ svih uzoraka meda od strane svih senzorskih analitičara

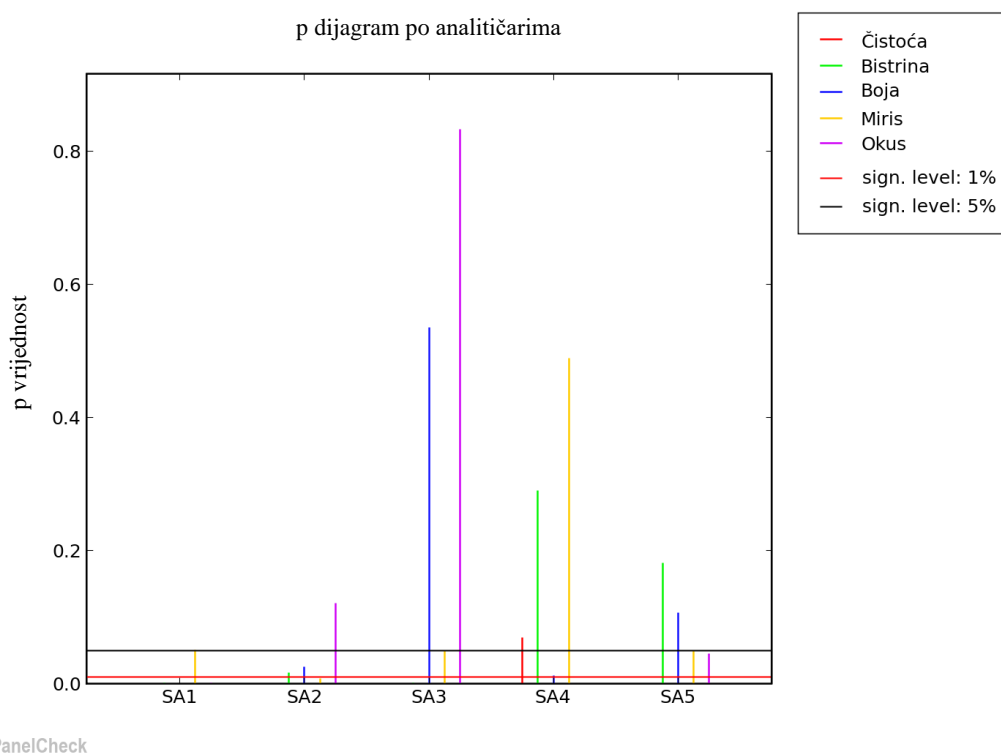
Iz **dijagrama profila** moguće je ustanoviti na koji način svaki analitičar zasebno rangira uzorke u usporedbi sa svim ostalim analitičarima. Horizontalna os („Mean“ linija) predstavlja konsenzus panela imajući u vidu rastući intenzitet svojstva s lijeva na desno. U slučaju da se ispitivači slažu oko pojedinog svojstva, njihova linija će slijediti konsenzus liniju. Prvi dijagram profila (Slika 13) pokazuje da za parametar čistoća većina analitičara prati konsenzus liniju. Za uzorke 1, 3 i 5, SA5 pokazuje manje, a SA4 veće odstupanje od linije. Drugi dijagram profila (Slika 14) pokazuje najveća odstupanja u slučaju SA1 za uzorak 6, SA4 za uzorak 1 te SA2 za uzorak 2. Treći dijagram (Slika 15) pokazuje da se SA3 i SA5 najmanje slažu sa ostatkom panela kada je riječ o ocjenjivanju boje. Četvrti dijagram (Slika 16) ukazuje na značajnija odstupanja SA3 i SA5, gdje je SA3 ocjenjivao parametar miris višim ocjenama od ostalih analitičara, što se očitava u konstantnoj povišenosti linije koja se odnosi na SA3, u odnosu na prosjek panela. S druge strane, SA5 je za miris davao pretežno niže ocjene, dok je SA2 za uzorak 5 dao prenisku, a za uzorak 4 previsoku ocjenu u odnosu na ostale analitičare. SA4 i SA1 pokazuju manja odstupanja u odnosu na prosjek panela. Za parametar okus (Slika 17), može se iščitati da je SA4 općenito gledano najbliži prosjeku

panela. Najviša odstupanja vidljiva su u slučaju SA1 i SA2 za uzorak 3, te SA5 za uzorke 1, 2 i 4. Usprkos odstupanjima pojedinog senzorskog analitičara od prosjeka panela, kod pojedinih uzoraka te razlike nisu statistički značajne osim za parametar bistrine.

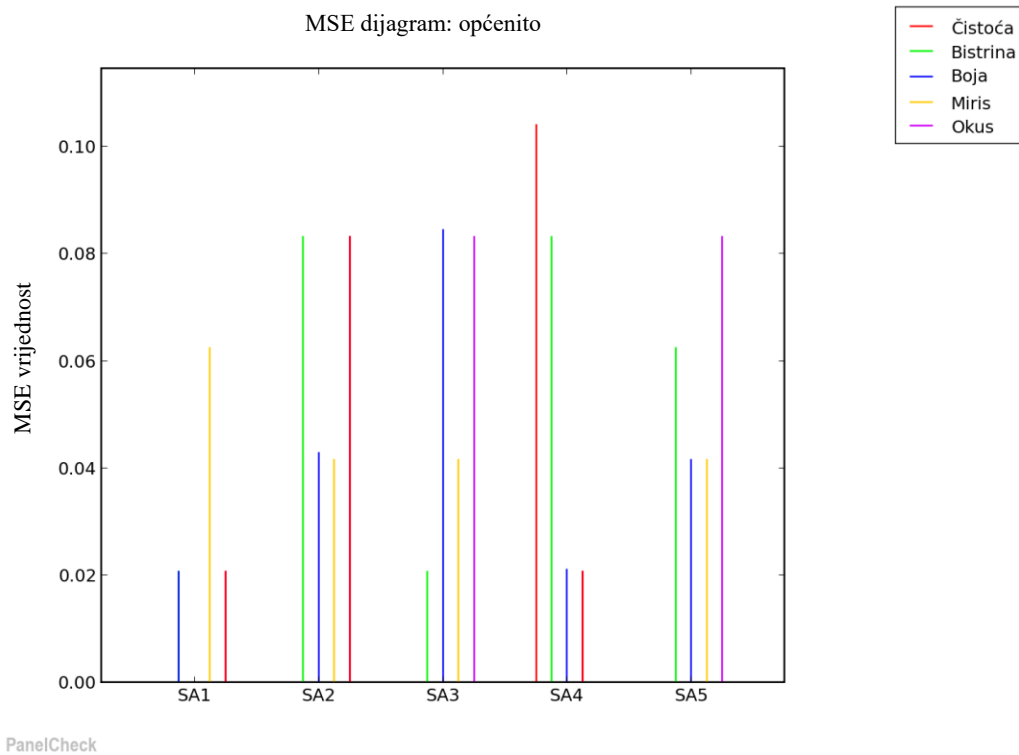
4.1.4. Grafovi temeljeni na rezultatima jednofaktorske ANOVA-e



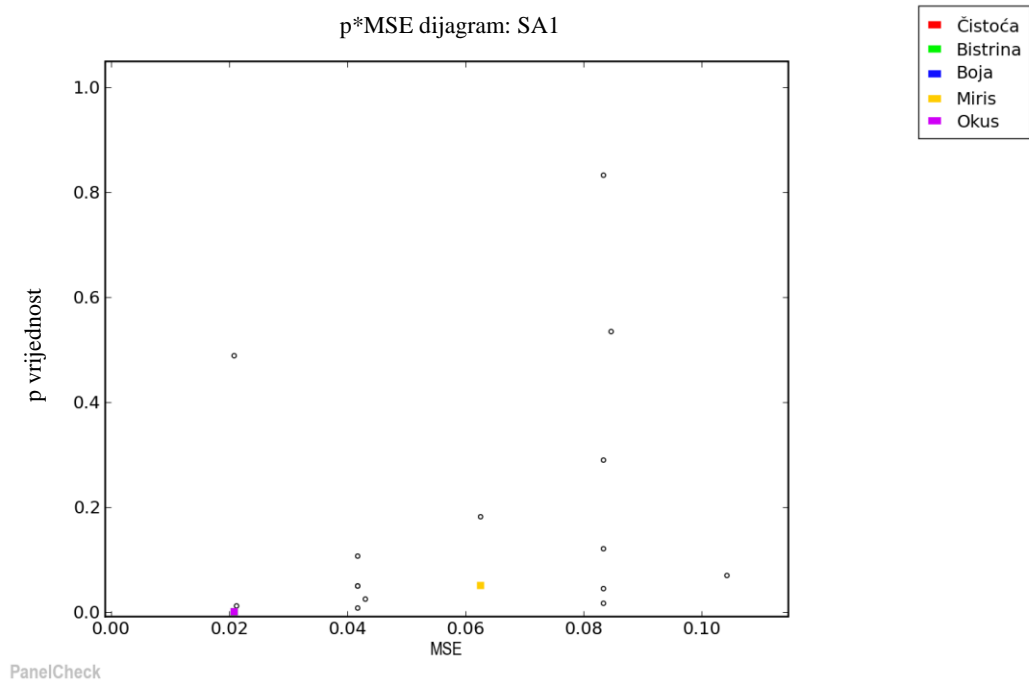
Slika 18. Grafički prikaz F vrijednosti svakog pojedinog analitičara za sva senzorska svojstva



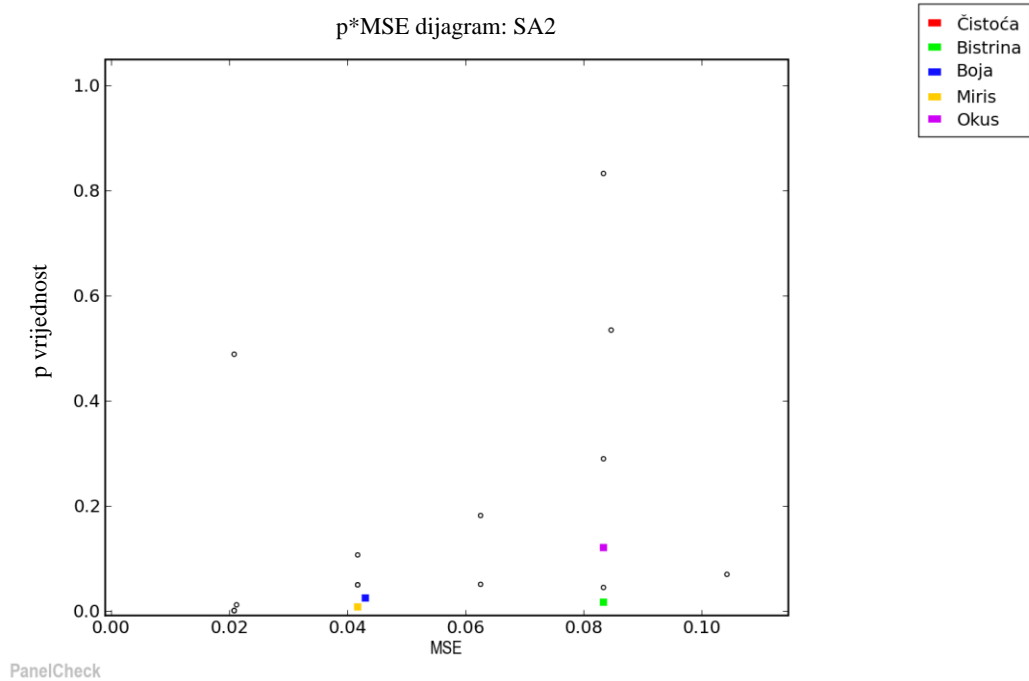
Slika 19. Grafički prikaz p vrijednosti svakog pojedinog analitičara za sva senzorska svojstva



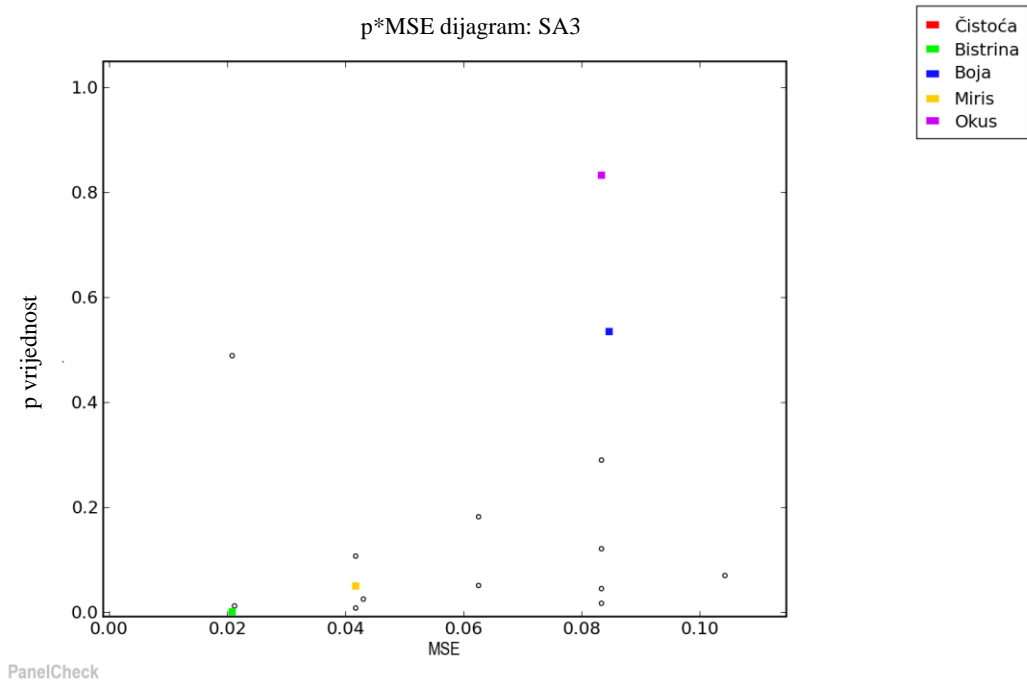
Slika 20. Grafički prikaz MSE vrijednosti svakog pojedinog senzorskog analitičara za sva senzorska svojstva



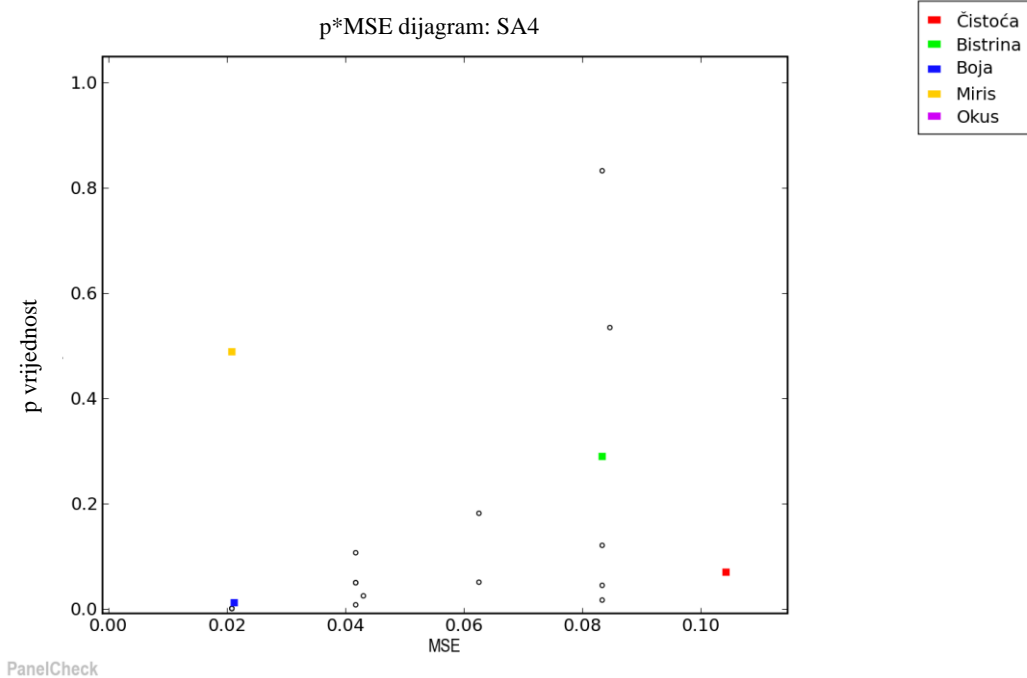
Slika 21. Grafički prikaz pxMSE vrijednosti za senzorskog analitičara 1



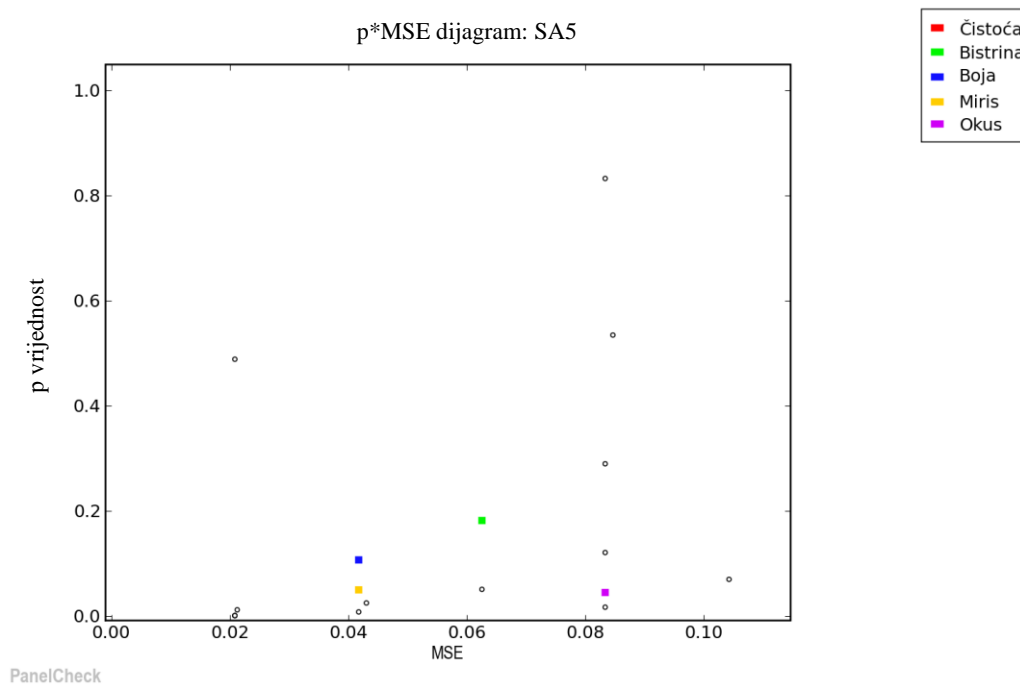
Slika 22. Grafički prikaz pxMSE vrijednosti za senzorskog analitičara 2



Slika 23. Grafički prikaz pxMSE vrijednosti za senzorskog analitičara 3



Slika 24. Grafički prikaz pxMSE vrijednosti za senzorskog analitičara 4

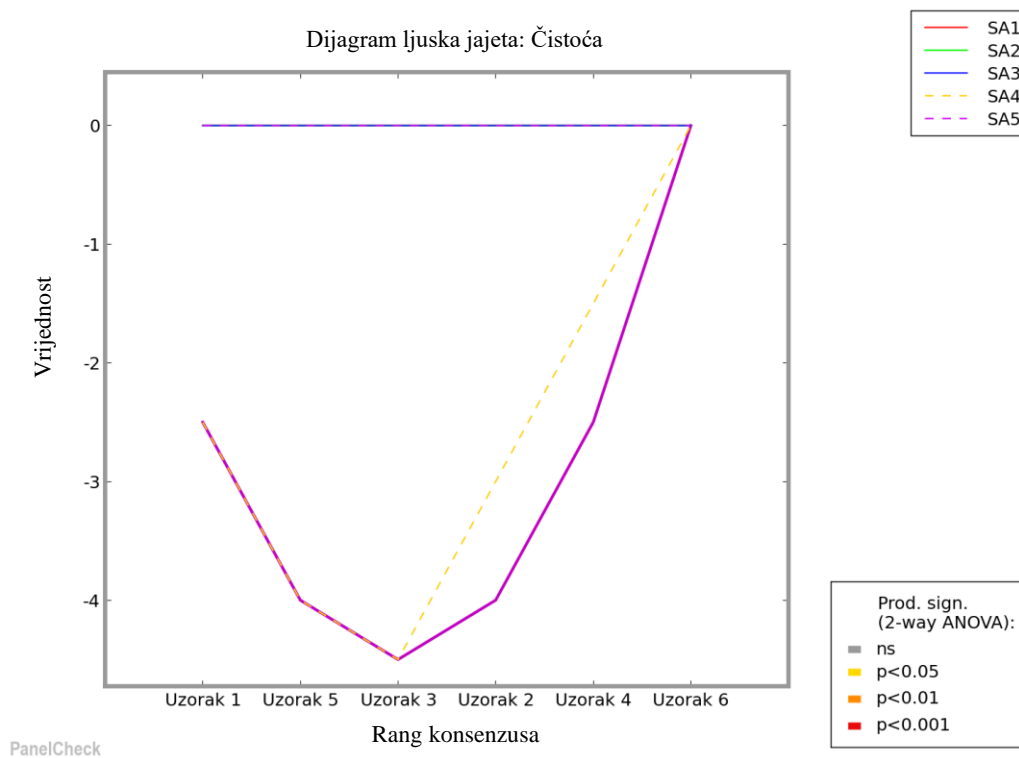


Slika 25. Grafički prikaz pxMSE vrijednosti za senzorskog analitičara 5

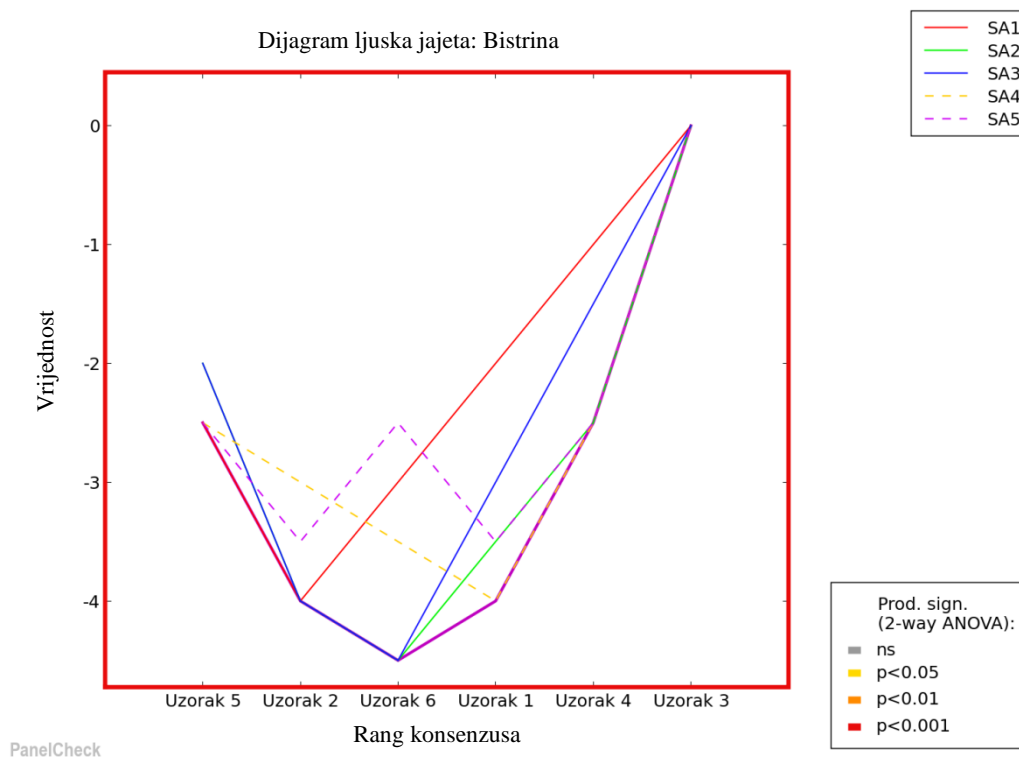
Što se tiče **grafova temeljenih na rezultatima jednofaktorske ANOVA-e**, jednofaktorska analiza varijance omogućava definiranje različitih vrsta grafova dajući tri statističke veličine: F vrijednost, p vrijednost i prosječnu kvadratnu pogrešku (Mean Square Error, MSE). Senzorski analitičari koji imaju veliku sposobnost razlučivanja za specifično svojstvo imaju visoke F i niske p vrijednosti. Dakle, te dvije vrijednosti daju nam uvid u to jesu li analitičari sposobni prepoznati razlike između uzoraka. Treća statistička vrijednost, MSE, predstavlja mjeru za ponovljivost ocjenjivača i procjenu varijance. Senzorski analitičari s dobrom ponovljivošću imaju male vrijednosti MSE. Dijagram koji kombinira p i MSE vrijednosti omogućava evaluaciju ponovljivosti i razlučivanja. Graf prikazan na slici 18 prikazuje F vrijednosti svakog analitičara u ovisnosti o ocjenjivanim parametrima. Velike F vrijednosti ukazuju na to da panelisti imaju dobru sposobnost razlučivanja za specifično svojstvo. Prema tome, SA1 odlično razlučuje bistrinu i okus, dok je manje vješt u razlučivanju kod ostalih parametara. SA2 nema veću sposobnost razlučivanja ni jednog senzorskog parametra. SA3 izvrsno razlučuje bistrinu, a SA4 i SA5 lošije razlučuju sve parametre. Na slici 19 prikazane su p vrijednosti svih analitičara te je posebno istaknuta p vrijednost SA3 za parametar okusa, što ukazuje na potrebu dodatnog treninga tog analitičara za razlučivanje okusa. Isti analitičar loš je u razlučivanju boje, dok je SA4 loš u razlučivanju mirisa. Ostale p vrijednosti vidljive na dijagramu pretežno su niske. Procjena p i F vrijednosti dana je u odnosu na 1%-tnu i 5%-

tnu razinu značajnosti. Niža MSE vrijednost znači bolju ponovljivost analitičara, a na slici 20 vidljivo je da SA1 pokazuje odličnu ponovljivost za bistrinu i okus, dok za parametar miris ima najlošiju ponovljivost. SA2 također ima dobru ponovljivost za okus, nešto lošiju za boju i miris te najlošiju za bistrinu i čistoću. SA3 je dobar u ponovljivosti čistoće, no značajno lošiji u ponovljivosti boje i okusa. SA4 odličan je u ponovljivosti okusa, no njegova MSE vrijednost za parametar čistoća prelazi vrijednost od 0,10 što je najveća MSE vrijednost na cijelom dijagramu. SA5 je dobar u ponovljivosti čistoće i lošiji u slučaju ostalih parametara. Grafički prikaz $p \cdot \text{MSE}$ vrijednosti pruža dodatnu vizualizaciju podataka ANOVA-e. Ova vrsta dijagrama prikazuje sposobnost panelista da uoče razlike između uzoraka i njihove ponovljivosti. Prethodno je napomenuto da su poželjne niske vrijednosti p i MSE, prema čemu možemo izvući zaključke o kvaliteti ocjenjivanja pojedinih senzorskih analitičara. Obojene oznake odnose se na pojedinog analitičara, dok sive oznake prikazuju položaj svih ostalih analitičara. Kao što je spomenuto u prethodnim komentarima za dijagram koji prikazuje MSE vrijednosti, senzorski analitičar 1 najslabije stoji sa ponovljivošću parametra miris (Slika 21). SA2 ima problem sa ponovljivošću bistrine, te manjih problema sa ponovljivošću boje i mirisa (Slika 22). SA3 nije vješt u uočavanju razlika unutar okusa i boje. Na dijagramu je vidljivo da je ljubičasti kvadratić koji označava parametar okusa vrlo udaljen od ishodišta, stoga SA3 osim lošeg zapažanja razlika u okusu, ujedno pokazuje i lošu ponovljivost za isti parametar (Slika 23). SA4 pokazuje odlično uočavanje razlika kod parametra „boja“, dok je ponovljivost za parametar „čistoća“ vrlo loša (Slika 24). SA5 pokazuje lošu ponovljivost u slučaju parametra „okus“ (Slika 25).

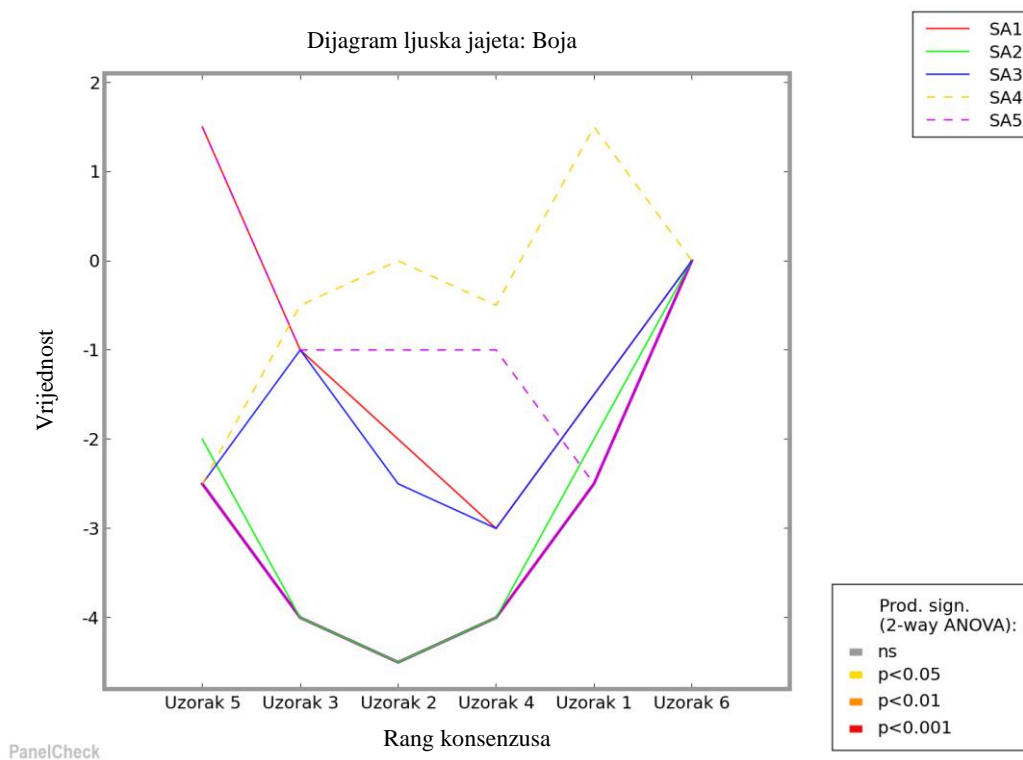
4.1.5. Dijagram „Ljuska jajeta“



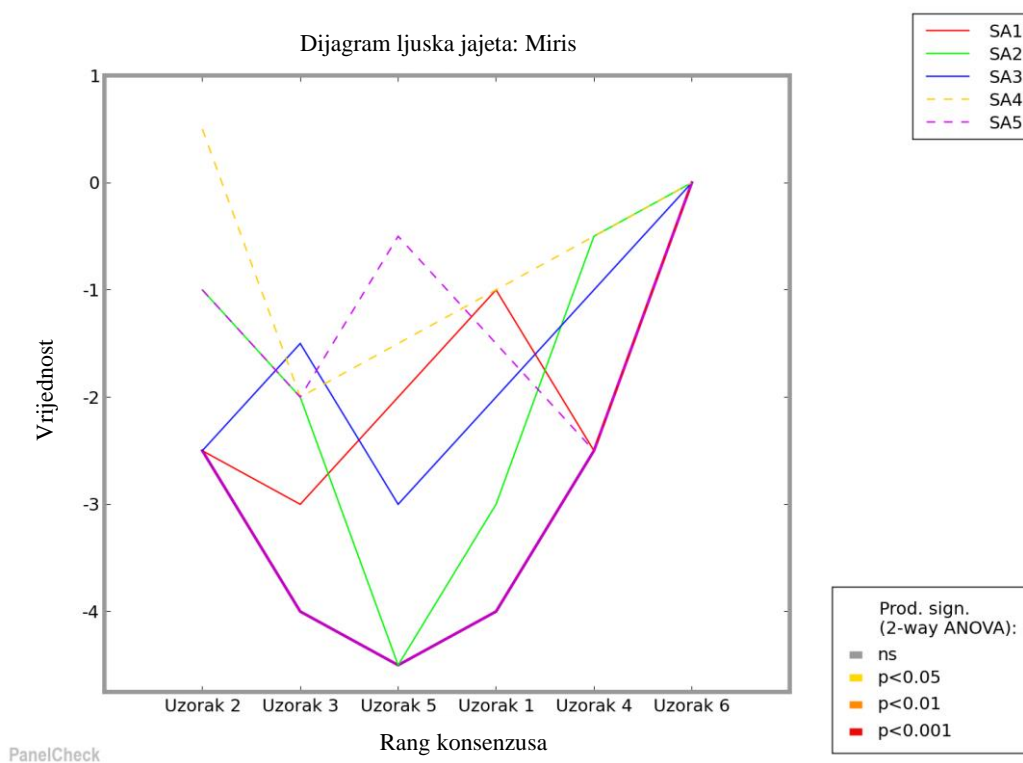
Slika 26. Graf „ljuska jajeta“ za parametar „čistoća“ u svim uzorcima od strane svih senzorskih analitičara



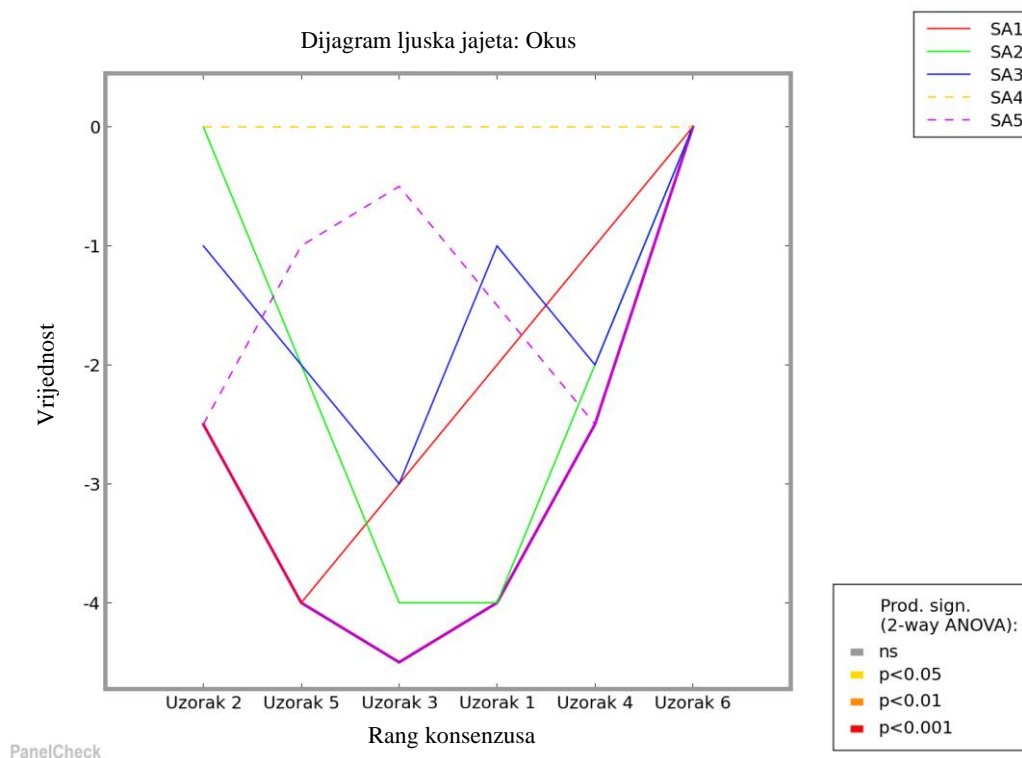
Slika 27. Graf „ljuska jajeta“ za parametar „bistrina“ u svim uzorcima od strane svih senzorskih analitičara



Slika 28. Graf „ljuska jajeta“ za parametar „boja“ u svim uzorcima od strane svih senzorskih analitičara



Slika 29. Graf „ljuska jajeta“ za parametar „miris“ u svim uzorcima od strane svih senzorskih analitičara



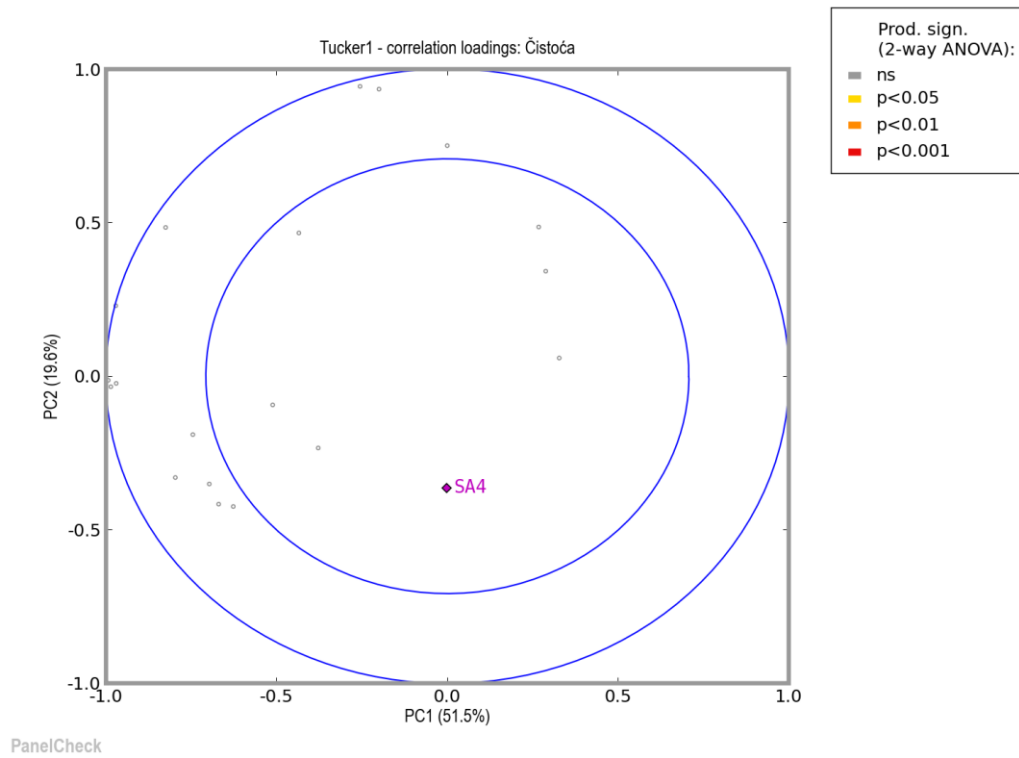
Slika 30. Graf „ljuska jajeta“ za parametar „okus“ u svim uzorcima od strane svih senzorskih analitičara

Dijagram „ljuska jajeta“ (Eggshell plot) vizualizira slaganje odnosno neslaganje analitičara po pitanju određenog senzorskog svojstva. Ova metoda prikazuje kako variraju odnosi između ocjena danih od strane analitičara pri ocjenjivanju pojedinih uzoraka. U idealnom slučaju, linije koje prikazuju neko senzorsko svojstvo uzorka međusobno bi se preklapale. Što su linije međusobno više udaljene, veće je i neslaganje senzorskih analitičara odnosno ocjena koje su dodijelili za pojedino senzorsko svojstvo. Iz dijagrama ljuske jajeta za senzorsko svojstvo čistoća (Slika 26) vidljivo je da se SA3 i SA5 međusobno podudaraju sa ocjenama. SA1 i SA2 se poklapaju sa linijom konsenzusa, dok se SA4 sa linijom konsenzusa poklapa u ocjenama za uzorke 1 i 5, te pokazuje blaže odstupanje u ocjenama za čistoću ostalih uzoraka. Za senzorsko svojstvo bistrina (Slika 27) vidljivo je da se SA2 u velikoj mjeri poklapa sa linijom konsenzusa, dok se SA3 djelomično preklapa sa linijom konsenzusa, a djelomično je neznatno udaljen od nje. Kod parametra boja (Slika 28) neslaganje sa ostatkom panela pokazuju SA4, SA1 i SA5, dok je SA2 gotovo jednak liniji konsenzusa, što ukazuje na to da senzorski analitičar 2 pretežno daje ocjene koje su u skladu sa ocjenama panela. Za senzorsko svojstvo miris (Slika 29), na dijagramu ljuske jajeta vidljivo je da su senzorski analitičari pretežno dosta udaljeni od linije konsenzusa, pogotovo SA4. Najbliži liniji je SA2, odnosno ocjene

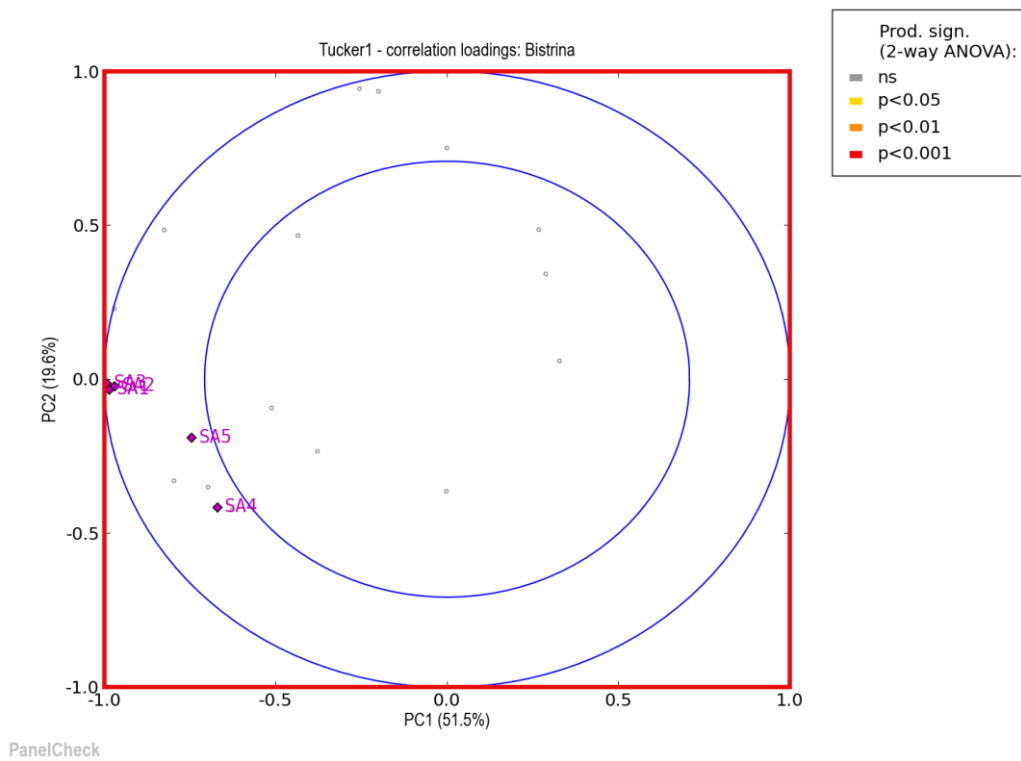
dane od strane tog analitičara najviše su u skladu sa ocjenama panela. Kod dijagrama za parametar okus (Slika 30), SA4 pokazuje daleko najveće neslaganje sa panelom, dok su SA1 i SA2 najbliži liniji konsenzusa. Usprkos razlikama u ocjenama pojedinog senzorskog svojstva kod svih 6 uzoraka, te razlike opet nisu statistički značajne, osim kod parametra bistrine.

4.2. MULTIVARIJANTNA ANALIZA

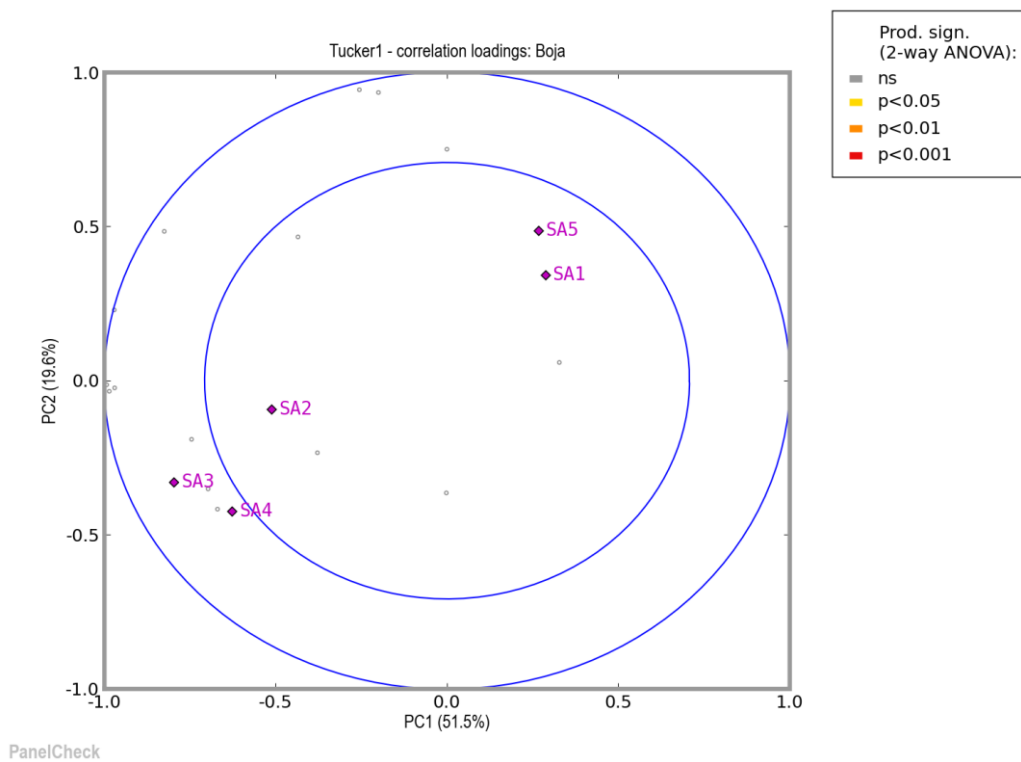
4.2.1. Tucker-dijagrami



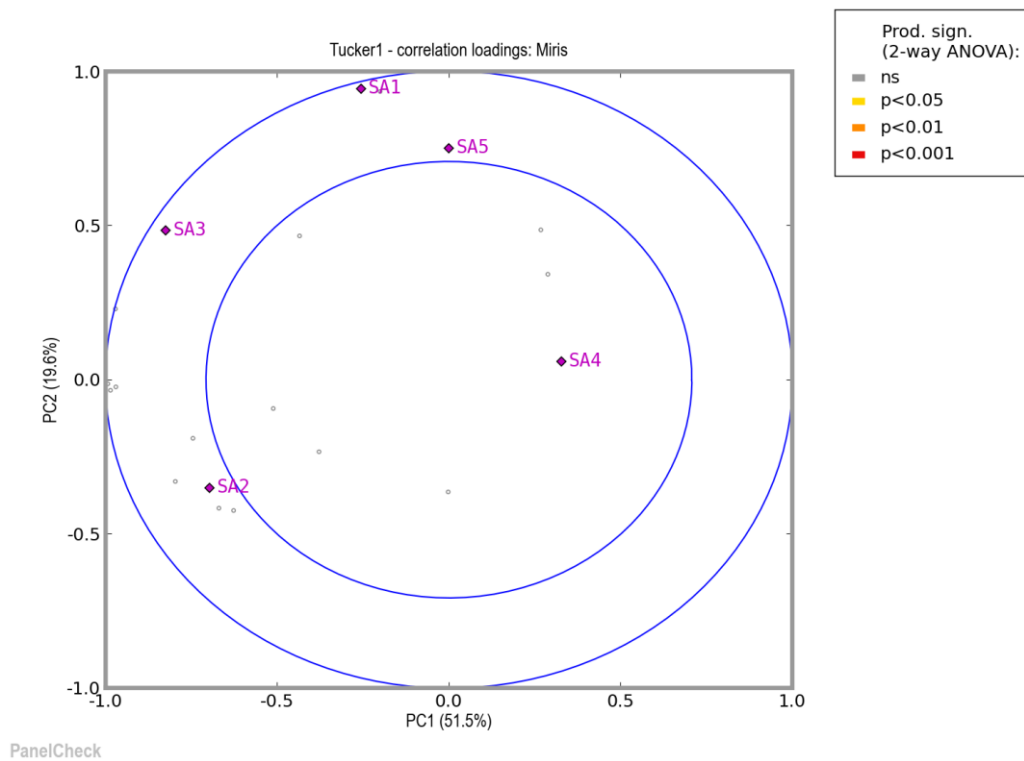
Slika 31. „Tucker dijagram“ za parametar „čistoća“ u svim uzorcima od strane svih senzorskih analitičara



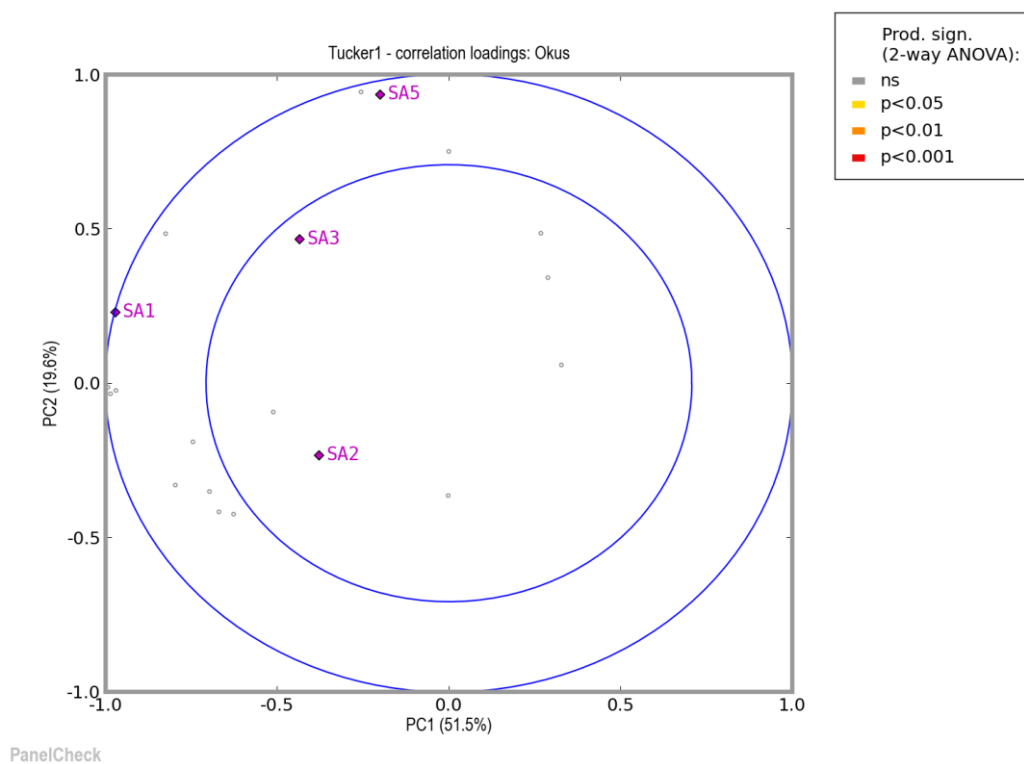
Slika 32. „Tucker dijagram“ za parametar „bistrina“ u svim uzorcima od strane svih senzorskih analitičara



Slika 33. „Tucker dijagram“ za parametar „boja“ u svim uzorcima od strane svih senzorskih analitičara



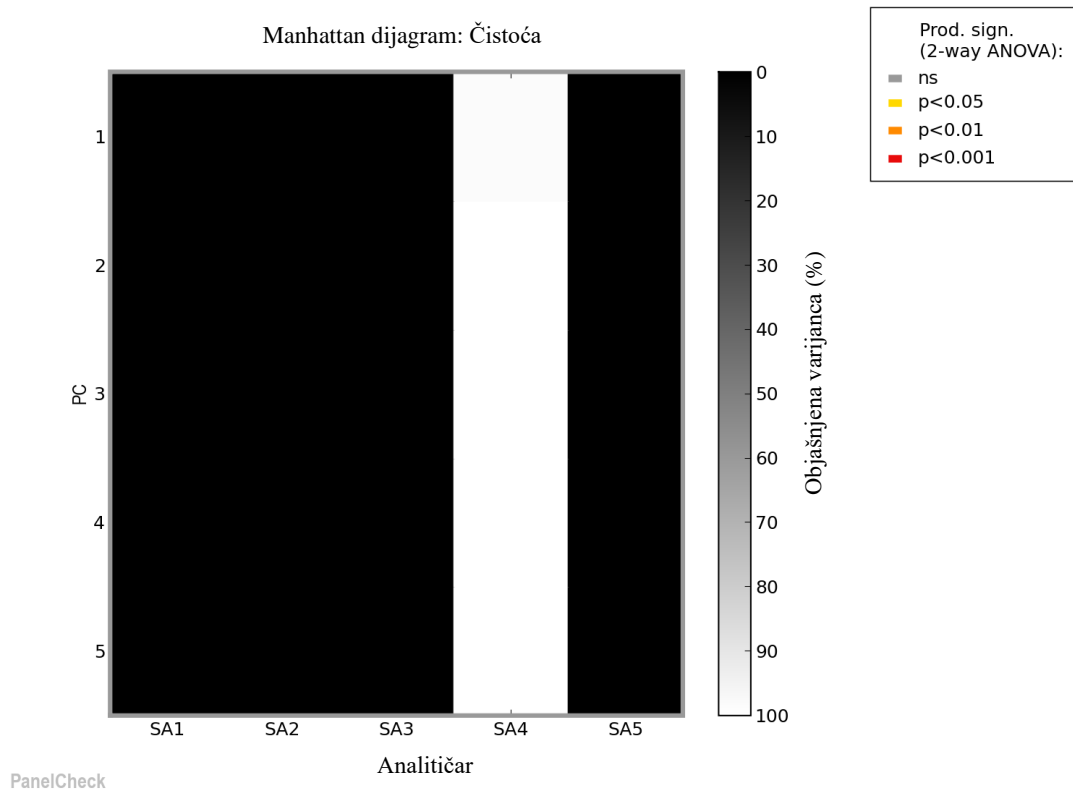
Slika 34. „Tucker dijagram“ za parametar „miris“ u svim uzorcima od strane svih senzorskih analitičara



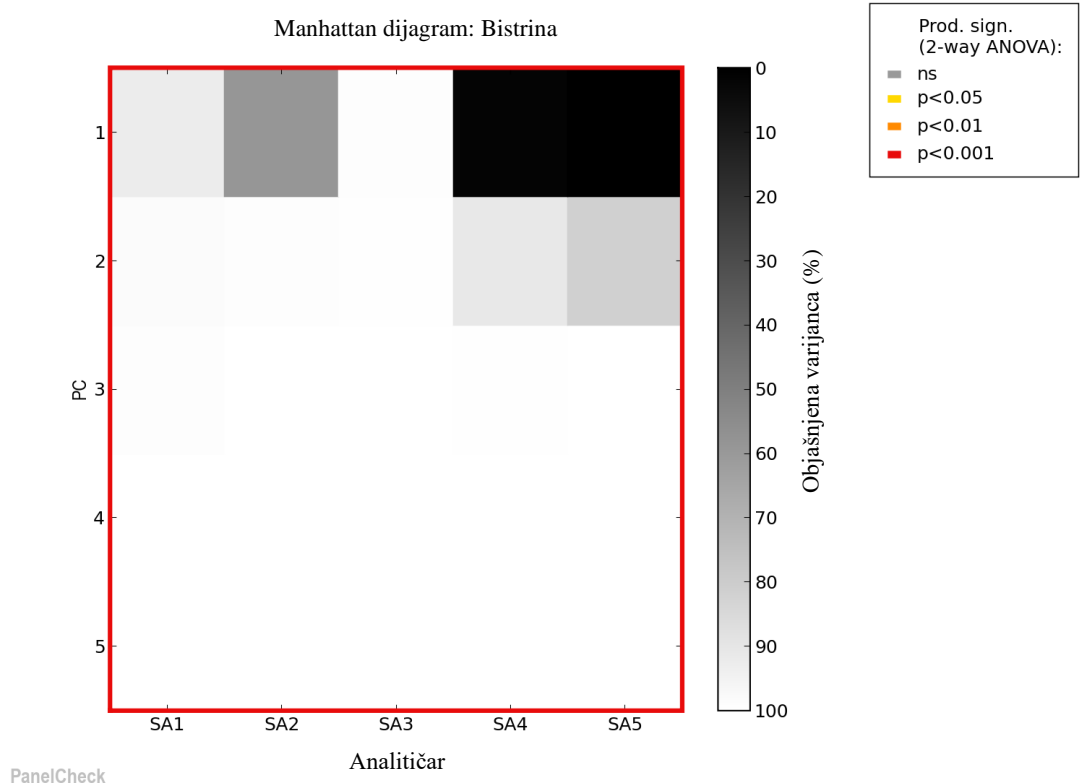
Slika 35. „Tucker dijagram“ za parametar „okus“ u svim uzorcima od strane svih senzorskih analitičara

Tucker-dijagrami pripadaju multivarijantnoj analizi. Njima proučavamo glavne komponente na matriksu svih podataka. Dimenzije matriksa u ovom radu su $J = 6$ uzoraka, $K = 5$ svojstava i $I = 5$ ispitivača. Ova metoda omogućava istovremeni pregled karakteristika ispitivača i panela korištenjem više senzorskih svojstava. Kako bismo dobili informacije o karakteristikama svakog senzorskog analitičara i panela kao cjeline, korišten je graf korelacije. Na grafu, svaka točka predstavlja kombinaciju ispitivač – svojstvo. Unutarnja kružnica smatra se donjom granicom prihvatljivosti za dobrog senzorskog analitičara, stoga, ovisno o poziciji točaka na grafu, možemo dobiti informacije o kvaliteti senzoričara pojedinačno, kao i panela u cjelini. Prvi Tucker dijagram koji se odnosi na senzorsko svojstvo čistoća (Slika 31) pokazuje izoliranost senzorskog analitičara 4 od ostatka panela. SA4 se nalazi unutar unutrašnje kružnice koja predstavlja granicu prihvatljivosti. Vratimo li se na Tablicu 4, vidimo da je SA4 parametar čistoća ocjenjivao poprilično šaroliko, dok su svi ostali analitičari za sve analizirane uzorke dali identične ocjene. Drugi Tucker dijagram (Slika 32) ukazuje na to da su svi senzorski analitičari pri ocjenjivanju parametra „bistrina“ iznad donje granice prihvatljivosti. Na trećem dijagramu (Slika 33) koji se odnosi na senzorsko svojstvo boja, vidljivo je da su SA1, SA2 i SA5 locirani unutar unutrašnje kružnice, što znači da se nalaze ispod donje granice prihvatljivosti, dok su SA3 i SA4 izvan unutrašnje kružnice. Četvrti Tucker dijagram (Slika 34) odnosi se na parametar miris. I na ovom dijagramu, kao i na dijagramu za čistoću, samo je SA4 ispod donje granice prihvatljivosti. Tucker dijagram za senzorsko svojstvo okus (Slika 35) ukazuje na to da su SA2 i SA3 jedini locirani ispod donje granice prihvatljivosti. I ovdje se senzorski analitičari međusobno značajno razlikuju u ocjenama bistrine.

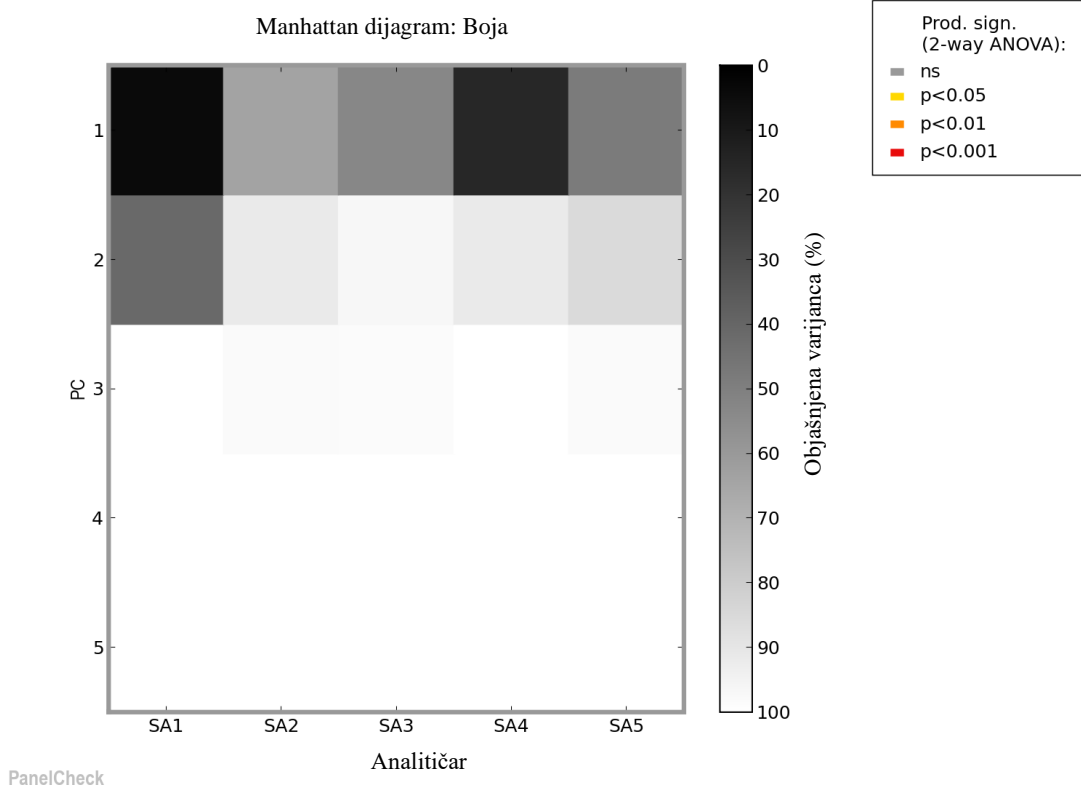
4.2.2. Manhattan dijagrami



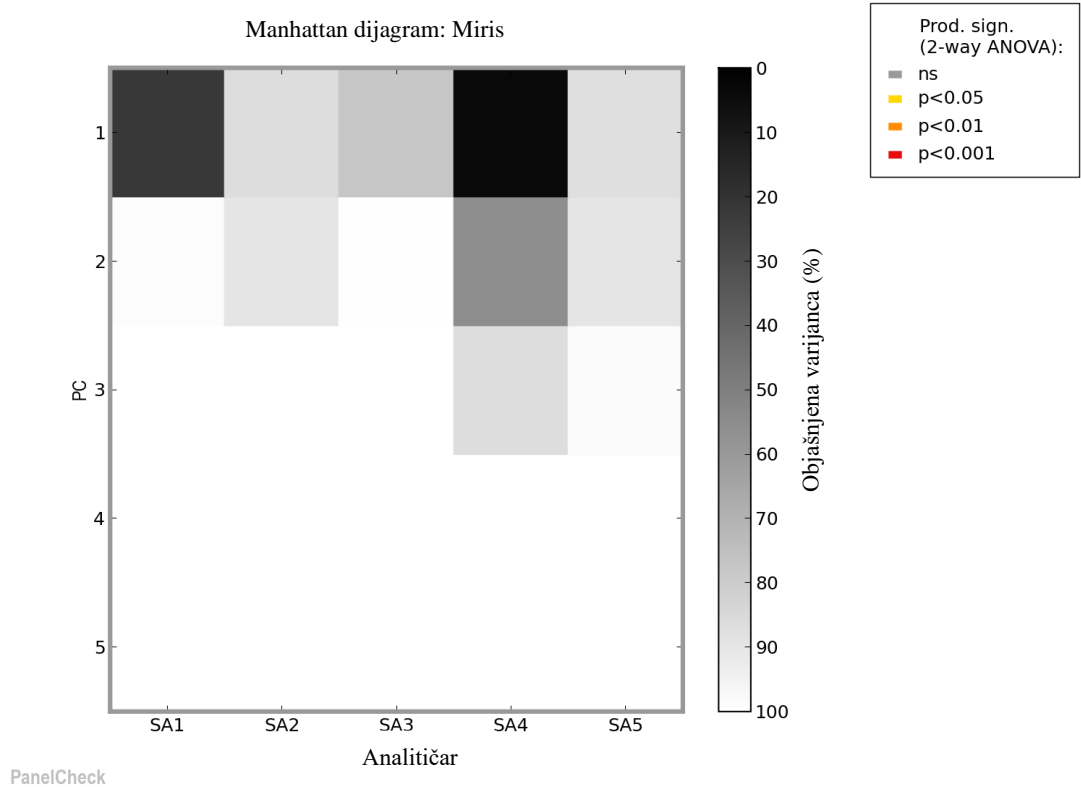
Slika 36. „Manhattan dijagram“ za parametar „čistoća“ u svim uzorcima od strane svih senzorskih analitičara



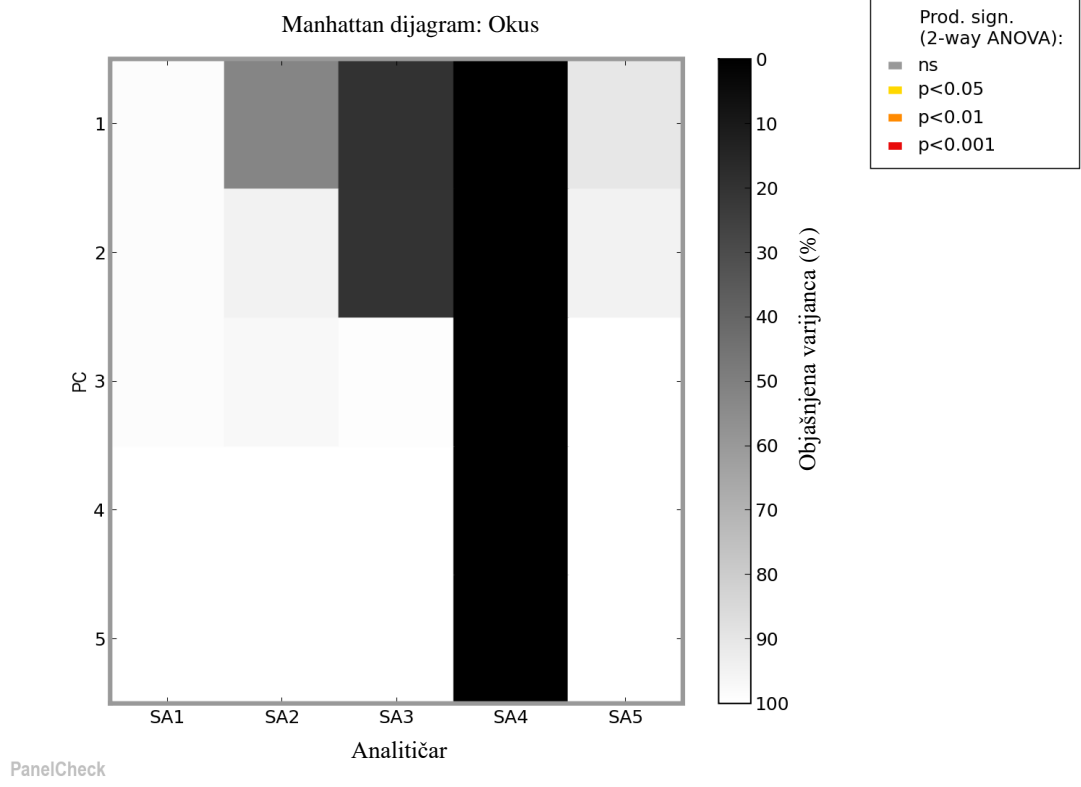
Slika 37. „Manhattan dijagram“ za parametar „bistrina“ u svim uzorcima od strane svih senzorskih analitičara



Slika 38. „Manhattan dijagram“ za parametar „boja“ u svim uzorcima od strane svih senzorskih analitičara



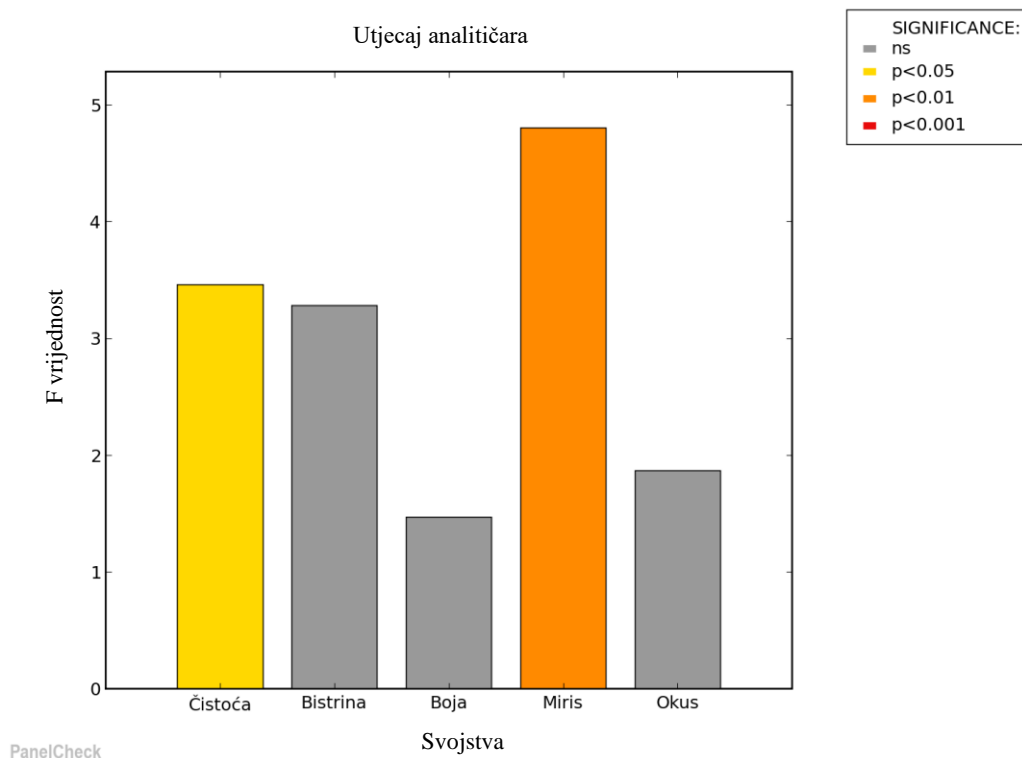
Slika 39. „Manhattan dijagram“ za parametar „miris“ u svim uzorcima od strane svih senzorskih analitičara



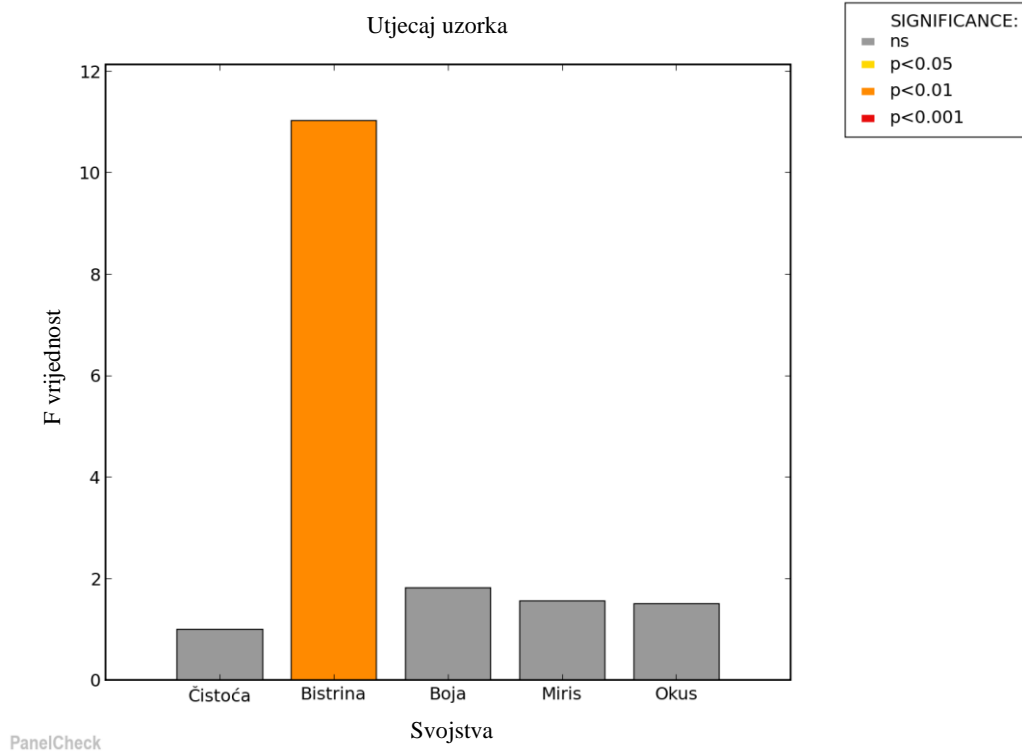
Slika 40. „Manhattan dijagram“ za parametar „okus“ u svim uzorcima od strane svih senzorskih analitičara

Manhattan dijagrami služe za bržu identifikaciju onih senzorskih analitičara koji iskaču od norme, pri čemu nas tamnije nijanse upućuju na mali udio objašnjene varijance, dok nas svjetlije nijanse upućuju na veći udio objašnjene varijance. Prvi Manhattan dijagram (Slika 36) pokazuje da 4 analitičara imaju mali udio objašnjene varijance za svojstvo čistoća. Kod svojstva bistrina (Slika 37), dva analitičara imaju 0% objašnjene varijance. Za parametar boja (Slika 38), neobjašnjena varijanca vidljiva je u slučaju SA1. SA4 ima 0% objašnjene varijance kod parametara miris (Slika 39) i okus (Slika 40).

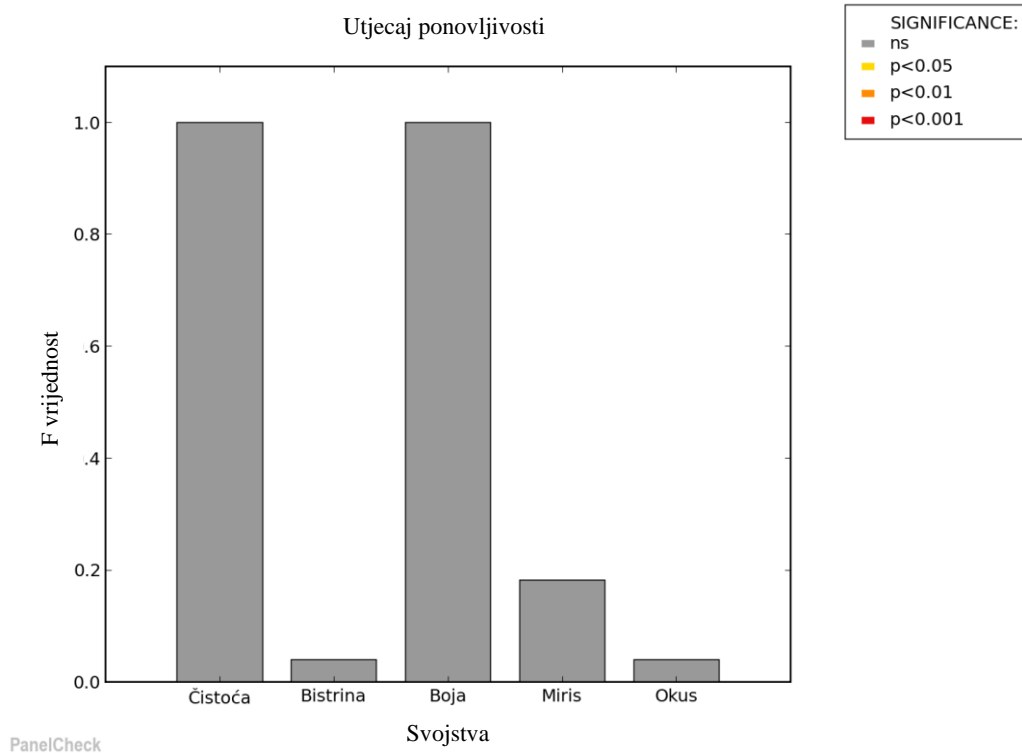
4.3. UKUPNA ANALIZA- TROFAKTORSKA ANOVA



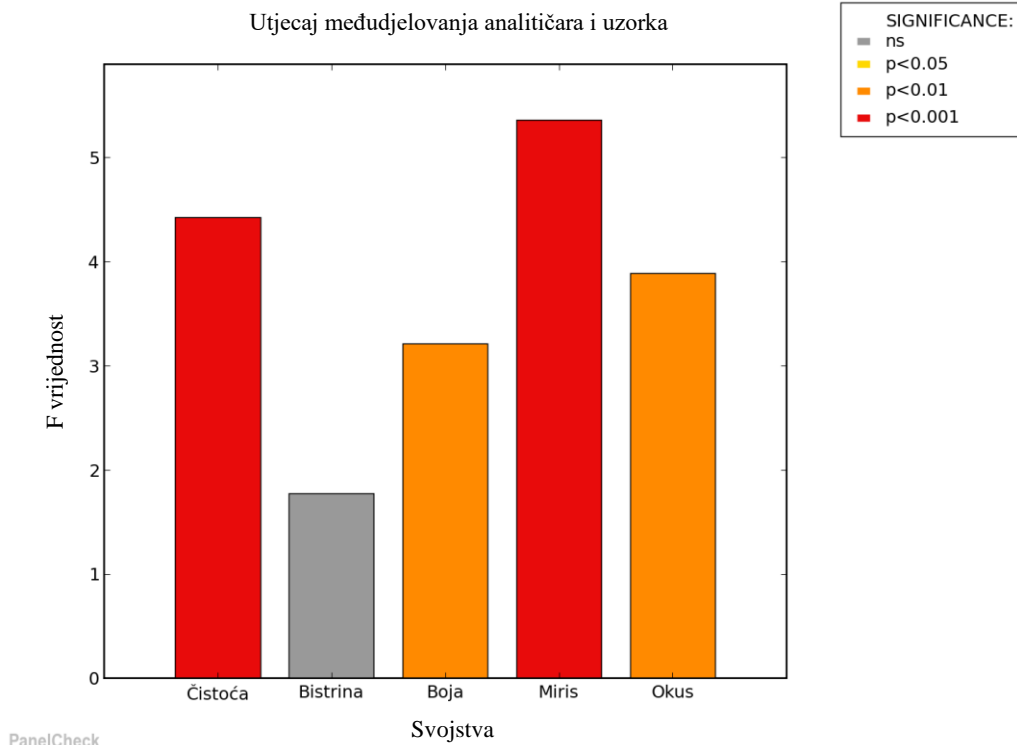
Slika 41. Grafički prikaz provedene trofaktorske ANOVA-e o utjecaju analitičara



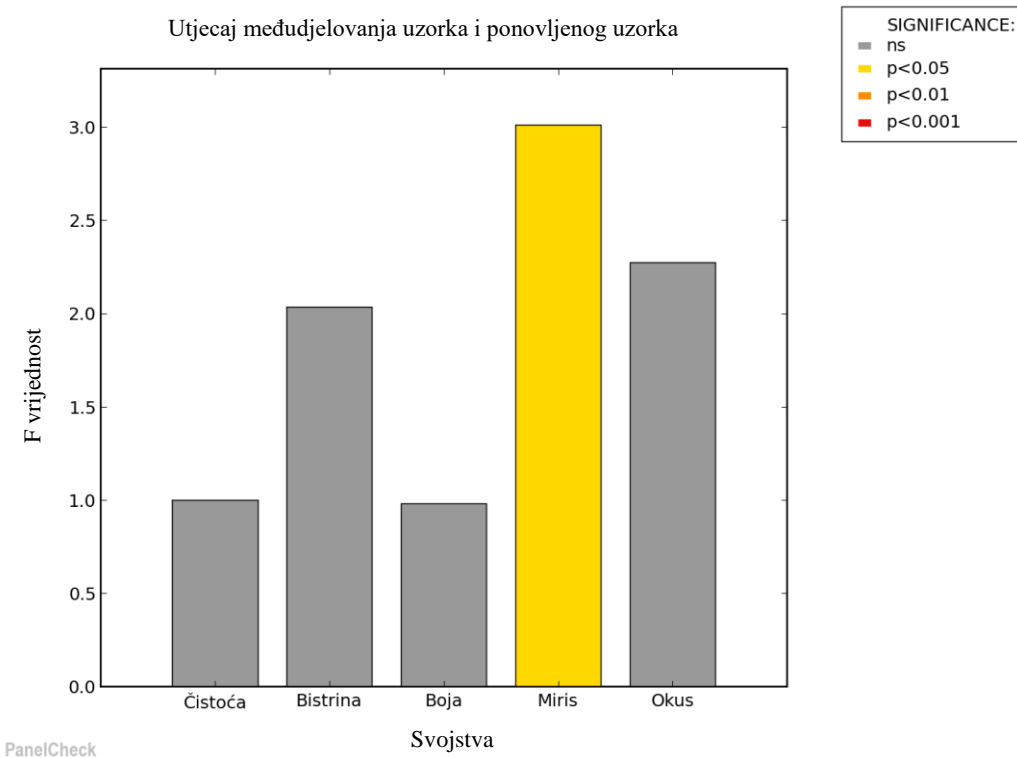
Slika 42. Grafički prikaz provedene trofaktorske ANOVA-e o utjecaju uzorka



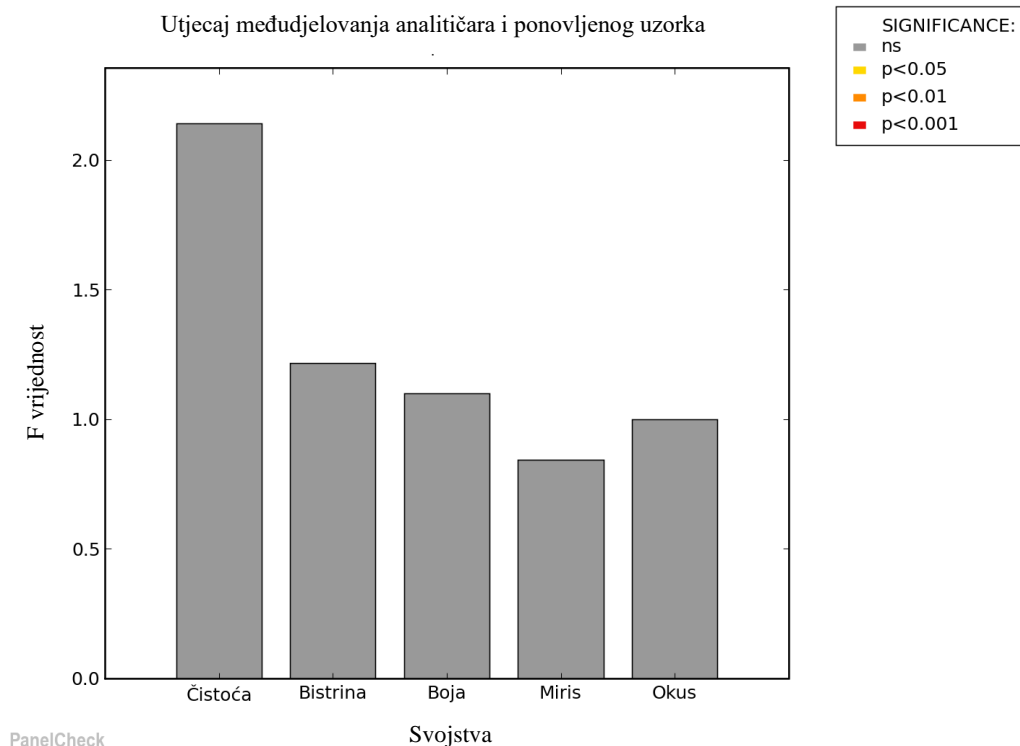
Slika 43. Grafički prikaz provedene trofaktorske ANOVA-e o utjecaju ponovljivosti



Slika 44. Grafički prikaz provedene trofaktorske ANOVA-e o utjecaju međudjelovanja analitičara i uzorka



Slika 45. Grafički prikaz provedene trofaktorske ANOVA-e o utjecaju međudjelovanja uzorka i ponovljenog uzorka



Slika 46. Grafički prikaz provedene trofaktorske ANOVA-e o utjecaju međudjelovanja analitičara i ponovljenog uzorka

Trofaktorska ANOVA (ukupna analiza) omogućava nam utvrđivanje važnosti ispitivanja senzorskih svojstava pri utvrđivanju značajnih razlika između uzoraka. Ova metoda uzima u obzir parametre koji su do sada korišteni u prethodnim metodama a to su uzorci, ispitivači, ponavljanja i njihove interakcije. Na prvom grafu vidljivo je da je utjecaj senzorskih analitičara najznačajniji u procjeni mirisa ($p < 0,01$) i čistoće ($p < 0,05$). Između analitičara postoji statistički značajna razlika u ocjenjivanju ta dva senzorska svojstva (Slika 41). Sljedeći graf (slika 42) pokazuje da se uzorci najviše razlikuju po parametru bistrina ($p < 0,01$). Utjecaj ponovljivosti (slika 43) izražen je kod parametara čistoća i boja, no taj utjecaj nije statistički značajan. Interakcija analitičar-uzorci (slika 44) najznačajnija je kod parametara miris i čistoća ($p < 0,001$) i nešto manje značajna kod okusa i boje ($p < 0,01$). Utjecaj međudjelovanja uzoraka i ponovljivosti uzoraka najznačajniji je kod parametra miris ($p < 0,05$) (Slika 45). Nadalje, utjecaj međudjelovanja analitičar-ponovljivost najviši je kod parametra čistoće, no nije statistički značajan (Slika 46).

5. ZAKLJUČCI

Temeljem dobivenih rezultata i provedene rasprave, zaključuje se sljedeće:

1. Senzorski panel najviše se slagao oko procjene čistoće uzoraka, sa iznimkom analitičara broj 4, koji je jedini pokazao odstupanja od ostatka panela. S druge strane, najmanje slaganje panela vidljivo je pri ocjenjivanju parametra miris.
2. Analitičar broj 1 dobar je u razlučivanju senzorskih karakteristika bistrina i okus, dok analitičari 2, 4 i 5 pokazuju općenito lošu sposobnost razlučivanja. Analitičar 3 pokazuje vrlo loše razlučivanje okusa.
3. Analitičar broj 4 pokazuje vrlo loš rezultat u ponovljivosti čistoće, dok analitičar broj 1 općenito ima najbolju ponovljivost.
4. Poželjno je sve članove panela podvrgnuti dodatnim treninzima u svrhu poboljšanja kvalitete panela u cjelini.

6. LITERATURA

Gomez-Corona, C., Pohlenz, A., Cayeux, I., Valentin, D. (2020) Panel performance and memory in visually impaired versus sighted panels. *Food Qual. Pref.* **80**, 2-8.

ISO 10399: 2017, Sensory analysis – Methodology – Duo – trio test.

ISO 4120: 2004, Sensory analysis – Methodology – Triangle test.

ISO 5492: 2008, Sensory analysis – Vocabulary (Senzorska analiza – Rječnik)

ISO 5495:2005, Sensory analysis – Methodology – Paired comparison test.

ISO 8586: 2012, Sensory analysis – General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors.

ISO 8587: 2006, Sensory analysis – Methodology – Ranking.

ISO 8588: 2017, Sensory analysis – Methodology – „A“ – „not A“ test.

King, B. M., Arents, P., Moreau, N. (1995) Cost/efficiency evaluation of descriptive analysis panels — I. Panel size. *Food Qual. Pref.* **6**, 245-261.

Lawless, H. T., Heymann, H. (2010) *Sensory Evaluation of Food Principles and Practices*, 2. izd., Springer, New York.

Losó, V., Gere, A., Györey, A., Kókai, Z. (2012) Comparison of the performance of a trained and an untrained sensory panel on sweetcorn varieties with the PanelCheck software. *APSTRACT*, **6**, 77-83.

Meilgaard, C. M., Civille, G. V., Carr, B.T. (2016) *Sensory Evaluation Techniques*, 5. izd., CRC Press, Boca Raton, Florida.

Meilgaard, C. M., Civille, G. V., Carr, B.T. (2006) *Sensory Evaluation Techniques*, 4. izd., CRC Press, Boca Raton, Florida.

Naes, T., Broockhoff, P. B., Tomic, O. (2010) *Statistic for Sensory and Consumer Science*, John Wiley & Sons Ltd, Chichester.

Nunes, C.A., Alvarenga, V.O., Sant'Ana A. de S., Santos, J.S., Granato, D. (2015) *The use of statistical software in food sciences and technology: Advantages, limitations and misuses*, Elsevier, Brazil.

PanelCheck software (2015) Nofima Mat, Norway, Pristupljeno 05. ožujka 2021.

Stone, H., Sidel, H. J. (2004) *Sensory Evaluation Practices*, 3. izd., Elsevier Academic Press, Redwood City, California, USA.

Tomic, O., Forde, C., Delahunty, C., Naes, T. (2013) Performance indices in descriptive sensory analysis – A complementary screening tool for assessors and panel performance. *Food Qual. Pref.* **28**, 122-123.

Watts, B. M., Ylimaki, G.L., Jeffery, L.E. and Elias, L.G. (1989) *Basic Sensory Methods for Food Evaluation*. International Development Research Center, Ottawa, 60-63.

IZJAVA O IZVORNOSTI

Izjavljujem da je ovaj diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristila drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.

Vlastoručni potpis:



Sara Šarić