

# Obogaćivanje prirodnih sokova jabuke i naranče ekstraktom industrijske konoplje

---

Vulić, Tamara

Master's thesis / Diplomski rad

2019

*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:159:088487>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-09**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET

# DIPLOMSKI RAD

Zagreb, rujan 2019.

Tamara Vulić  
1048/N

**OBOGAĆIVANJE PRIRODNIH  
SOKOVA JABUKE I NARANČE  
EKSTRAKTOM INDUSTRIJSKE  
KONOPLJE**

Rad je izrađen u Laboratoriju za mjerenje, regulaciju i automatizaciju Zavoda za procesno inženjerstvo Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod mentorstvom doc. dr.sc. Davora Valingera.

Ovim putem htjela bih zahvaliti svome mentoru doc. dr. sc. Davoru Valingeru i Laboratoriju za mjerenje, regulaciju i automatizaciju na velikoj pomoći, stručnim savjetima i prijateljskom pristupu tijekom izrade ovog diplomskog rada te kolegici Mirti Prusac za suradnju tijekom provedbe eksperimentalnog dijela. Veliko hvala mojoj obitelji i prijateljima na bezgraničnoj podršci i povjerenju tijekom svih godina studiranja.

# 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

## OBOGAĆIVANJE PRIRODNIH SOKOVA JABUKE I NARANČE EKSTRAKTOM INDUSTRIJSKE KONOPLJE

*Tamara Vulić, 1048/N*

**Sažetak:** Industrijska konoplja, *Cannabis sativa* L., jedna je od prvih kultiviranih biljnih vrsta. Dokazi o njenoj upotrebi sežu još od 6000 g. pr. Kr. Tada se koristila kao visoko vrijedna sirovina u tekstilnoj industriji, a s vremenom je naglasak prebačen na nutritivni sadržaj konoplje. Nakon otkrića ljekovitih svojstava konoplje počinje se sve više koristiti u medicinske, prehrambene i farmaceutske svrhe. Cilj ovog rada bio je obogatiti prirodno cijeđene sokove jabuke i naranče ekstraktom dobivenim iz industrijske konoplje kako bi se povećala njihova, već bogata, nutritivna vrijednost. U ovom diplomskom radu praćene su promjene električne vodljivosti, ukupne otopljene čvrste tvari, pH i boje u ovisnosti o volumnom udjelu pojedinog soka te o količini dodanog ekstrakta konoplje. Provedena su istraživanja na uzorcima kako filtriranih tako i nefiltriranih sokova. Uz izravno mjerenje prethodno navedenih fizikalnih svojstava, provedeno je i mjerenje blisko-infracrvenom (NIR) spektroskopijom. Dobiveni podaci NIR spektroskopije obrađeni su analizom glavnih komponenti (PCA analiza). Upotrebom umjetnih neuronskih mreža, razvijenih upotrebom faktora dobivenih PCA analizom, predviđala se količina dodanog ekstrakta, volumni udio sokova te spomenuta fizikalna svojstva u uzorcima. Na kraju, na svim uzorcima provedena je i senzorska analiza kojom su ispitivana organoleptička svojstva sokova i to boja, okus, miris, gorčina i naknadni okus. Kao najbolje prihvaćeni uzorak pokazao se 100%-tni narančin sok s dodatkom od 5% (v/v) ekstrakta konoplje.

**Ključne riječi:** prirodni sokovi, industrijska konoplja, blisko-infracrvena spektroskopija, analiza glavnih komponenti, umjetne neuronske mreže

**Rad sadrži:** 52 stranice, 23 slike, 12 tablica, 91 literaturni navod

**Jezik izvornika:** hrvatski

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

**Mentor:** doc. dr. sc. Davor Valinger

**Stručno povjerenstvo za ocjenu i obranu:**

1. Prof.dr.sc. Jasenka Gajdoš Kljusurić
2. Doc.dr.sc. Davor Valinger
3. Doc.dr.sc. Maja Benković
4. Doc.dr.sc. Tomislav Bosiljkov (zamjena)

**Datum obrane:** 19.09.2019.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Graduate Thesis

**University of Zagreb**  
**Faculty of Food Technology and Biotechnology**  
**Department of Process Engineering Laboratory for Measurements, Regulation and Automatization**  
**Scientific area:** Biotechnical Sciences  
**Scientific field:** Nutrition

### FORTIFICATION OF NATURAL APPLE AND ORANGE JUICE WITH INDUSTRIAL HEMP EXTRACT

*Tamara Vulić, 1048/N*

**Abstract:** Industrial hemp, *Cannabis sativa L.*, is one of the first-ever cultivated plant species. Evidence for its use dates from 6000 BC. Primarily it was used as a valuable raw material in the textile industry but over time the emphasis was shifted to the nutritional content of hemp. After the discovery of the medicinal properties of hemp, its usage increased for medical, nutritional and pharmaceutical purposes. The aim of this thesis was to enrich naturally squeezed apple and orange juices with the extract obtained from industrial hemp to maximize their nutritional value. Changes in electrical conductivity, total dissolved solids, pH, and colour were monitored by direct methods, depending on the volume of each juice and the amount of extract added. Studies were conducted on samples of both filtered and unfiltered juices. In addition to the direct measurement of the aforementioned physical properties, measurement by near-infrared (NIR) spectroscopy was also carried out. Data collected by NIR spectroscopy was processed by principal component analysis (PCA analysis). Amount of added extract, the volume fraction of juice and physical properties in the samples were predicted by using artificial neural networks, using factors obtained by the PCA. Finally, the sensory analysis was performed on all samples to examine the organoleptic properties of the juices, namely colour, taste, aroma, bitterness and subsequent taste. 100% orange juice with the addition of 5% (v/v) hemp extract proved to be the best-accepted sample.

**Keywords:** natural juices, hemp, near infrared spectroscopy, principal component analysis, artificial neural networks

**Thesis contains:** 52 pages, 23 figures, 12 tables, 91 references

**Original in:** Croatian

**Thesis is in printed and electronic form deposited:** In the library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

**Mentor:** PhD. Davor Valinger, Assistant professor

**Reviewers:**

1. PhD Jasenka Gajdoš Kljusurić, Full professor
2. PhD Davor Valinger, Assistant professor
3. PhD Maja Benković, Assistant professor
4. PhD Tomislav Bosiljkov, Assistant professor (substitute)

**Thesis defended:** September 19<sup>th</sup>, 2019

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. TEORIJSKI DIO</b> .....	2
2.1. JABUKA ( <i>Malus domestica</i> ) .....	2
2.1.1. Kemijski sastav jabuka .....	3
2.1.2. Osnovne značajke sorte „Granny Smith“ .....	4
2.2. NARANČA .....	5
2.2.1. Kemijski sastav naranče .....	6
2.2.2. Osnovne značajke “Navel” naranče .....	7
2.3. KONOPLJA ( <i>Cannabis sativa</i> L.) .....	7
2.3.1. Zdravstvene koristi kanabinoioda .....	10
2.4. MJERNE METODE I ANALIZE .....	11
2.4.1. pH vrijednost .....	11
2.4.2. Električna vodljivost i TDS .....	12
2.4.3. NIR spektroskopija .....	13
2.4.4. Kolorimetrijsko mjerenje .....	13
2.4.5. Kemometrija-Analiza glavnih komponenata .....	14
2.4.6. Umjetne neuronske mreže (ANN - artificial neural networks) .....	15
2.4.7. Senzorska procjena .....	16
<b>3. MATERIJALI I METODE</b> .....	18
3.1. MATERIJALI .....	18
3.1.1. Uzorci .....	18
3.1.2. Laboratorijski pribor .....	18
3.1.3. Uređaji i software .....	18
3.1.4. Priprema uzoraka .....	19
3.2. METODE .....	20
3.2.1. Određivanje fizikalnih svojstava .....	20



3.2.2. NIR-spektroskopija .....	20
3.2.3. Kemometrija – Analiza glavnih komponenti .....	21
3.2.4. Umjetne neuronske mreže .....	21
3.2.5. Kolorimetrijsko mjerenje .....	21
3.2.6. Senzorska procjena.....	22
<b>4. REZULTATI I RASPRAVA .....</b>	<b>23</b>
4.1. FIZIKALNA SVOJSTVA- ELEKTRIČNA VODLJIVOST, TDS I PH.....	23
4.2. KOLORIMETRIJSKA ANALIZA .....	28
4.3. UMJETNE NEURONSKE MREŽE .....	30
4.4. SENZORSKA ANALIZA.....	34
<b>5. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>44</b>
<b>6. LITERATURA .....</b>	<b>45</b>

# 1. UVOD

Trend pravilne prehrane te „zdravog“ načina života godinama ne jenjava. Također, svakodnevno se neka nova „super hrana“ spominje u medijima te se nudi na tržištu. Postavlja se pitanje koliko takvih „bombastičnih“ naslova i navoda je stvarno istina te jesu li znanstveno potkrijepljeni. Jedan od takvih visoko nutritivnih sastojaka koji je vrlo popularan proteklih godina, zasigurno je konoplja i njeni derivati. Jednako tako, povećava se konzumacija prirodno cijedenih sokova, a sve se više izbjegava konzumacija sokova s dodatkom šećera. Taj trend prate i vlasti diljem svijeta koje čak uvode poreze na dodani šećer.

Sve se više prehrambenih proizvoda obogaćuje s ciljem povećanja nutritivne vrijednosti te hrane. Takva hrana se naziva funkcionalnom. Tvari koje se hrani mogu, i smiju, dodavati su one u njoj prirodno prisutne, a koje se gube prilikom njihove obrade/prerade, odnosno tvari koje se prirodno ne nalaze u određenoj namirnici. Dodavanjem takvih tvari može se postići pozitivan učinak na zdravlje i prevenciju određenih bolesti ili nutritivnih deficita cjelokupne populacije.

Prethodno spomenuti cijedeni sokovi su prirodni, senzorski vrlo prihvatljivi, bogati makro (vlakna) i mikronutrijentima (vitamini, minerali, ...), brojnim antioksidansima te pridonose postizanju euhidracije organizma. Tako priređeni sok sam po sebi ima visoku nutritivnu vrijednost, a zbog svojih vrlo prihvatljivih senzorskih svojstava, optimalni su za obogaćivanje. I to tvarima koji imaju još veća nutritivna i ljekovita svojstva, a sami nisu primamljivi za konzumaciju. Takva tvar je i konoplja, koja je korištena u ovom diplomskom radu. Konoplja je biljka čiji dokazi upotrebe sežu još od 6000 g. pr. Kr., a stoljećima se koristi u industrijske, medicinske, farmaceutske i prehrambene svrhe. Zbog svojih halucinogenih svojstava, zadnjih stoljeća njena ljekovita svojstva često su bila zanemarivana. Međutim, zadnjih desetljeća upotreba konoplje i njenih derivata rapidno se povećava te je došlo do globalnog porasta svijesti o njenim dobrobitima za ljudski organizam. U ovom je radu bio cilj saznati jesu li prirodni cijedeni sokovi dobar proizvod za obogaćivanje ekstraktom konoplje.

U ovom su radu praćene fizikalne promjene (električna vodljivost, TDS – ukupne otopljene tvari, pH) i boja obogaćenih sokova jabuke i naranče u ovisnosti o volumnom udjelu pojedinog soka te o količini dodanog ekstrakta konoplje. Također, korištena je blisko-infracrvena spektroskopija te umjetne neuronske mreže, a ispitane su i mogućnosti predviđanja navedenih svojstava i udjela. Provedena je i senzorska analiza svih uzoraka u svrhu određivanja opće prihvaćenosti pojedinog uzorka kod krajnjeg konzumenta.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. JABUKA (*Malus domestica*)

Jabuka (*Malus domestica*) (Slika 1) jedna je od najvažnijih voćnih kultura umjerenih klimatskim regija širom svijeta na razini proizvodnje, a čini i objekt mnogih folklor, kultura i umjetnosti (Juniper i Maberley, 2006). Višegodišnja je biljka koja pripada rodu *Malus* te porodici *Rosaceas* (Parker, 2018). Rod *Malus* obuhvaća oko 30 vrsta i nekoliko podvrsta, a taksonomija ovog roda vrlo je složena i nejasna (Robinson i sur., 2001).



**Slika 1.** Stablo jabuke s plodovima (Anonymous, 1)

Razlikovanje vrsta jabuka je otežano nedostatkom dijagnostičkih morfoloških obilježja, činjenicom da nedostaju zapisi o zemljopisnom podrijetlu nekih vrsta i prevalencije hibridizacije između vrsta (Cornille, 2014).

Jabuke su vrlo su popularne zbog njihova okusa, nutritivne vrijednosti, jednostavnog skladištenja i lakoće upotrebe u prehrambenoj industriji. Stoljećima narodi Euroazije konzumirali su pića od jabuka, čak i prije dokumentacije sorti jabuka. Do danas je tih sorti dokumentirano čak nekoliko tisuća (Morgan i Richards, 2003). U tolikom broju kultivara, postoji jednako veliki broj različitih organoleptičkih svojstava jabuka; veličina ploda, oblik ploda, tekstura mesa i pokožice jabuke, boja pokožice, i okus (slatkoća, kiselost) (Krstić i sur., 1963).

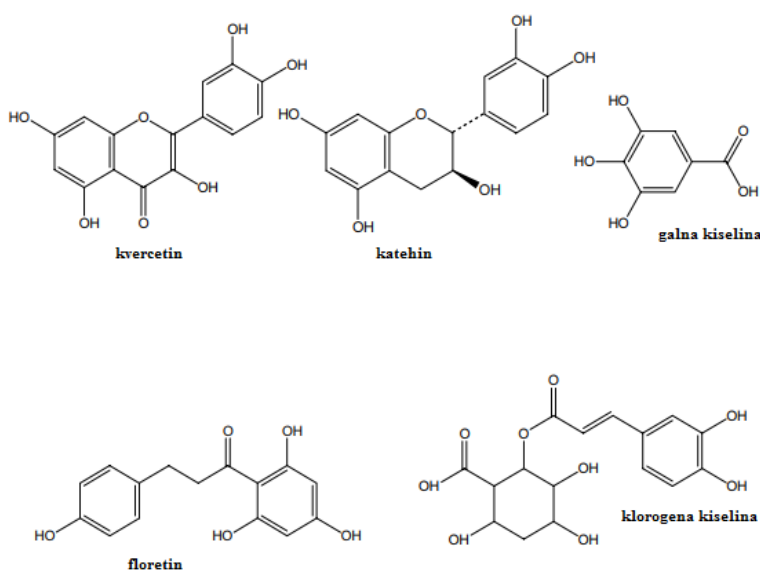
### 2.1.1. Kemijski sastav jabuka

Najveći udio ploda jabuke čini voda i to oko 85%, zatim slijede šećeri s udjelom od 12 do 14%. Udio proteina iznosi oko 0,2%, a masti, 0,9-3,6 % vlakana, 27 µg β-karotena i 3-13 mg vitamina C (USDA, 2015) (tablica 1). Prehrambena vlakna, biološki aktivni spojevi fenoli zajedno s vitaminima i mineralima čine jabuku vrlo poželjnom namirnicom u prehrani ljudi (Boyer i Liu, 2004).

**Tablica 1.** Kemijski sastav ploda jabuke, izražen na 100 g (USDA, 2015)

	JABUKA / 100 g
<b>ENERGIJA (kcal)</b>	52,00
<b>VODA (%)</b>	85,56
<b>UGLJIKOHIDRATI (%)</b>	13,80
<b>PROTEINI (%)</b>	0,26
<b>MASTI (%)</b>	0,17
<b>VLAKNA (%)</b>	2,40

Jabuke sadrže veliku koncentraciju flavonoida, kao i niz drugih fitokemikalija, a koncentracija ovih fitokemikalija može ovisiti o mnogim čimbenicima, kao što su sorta jabuke, berba i skladištenje jabuka, te prerada jabuka. Koncentracija fitokemikalija također uvelike varira između kore jabuke i jabučnog mesa. Neki od najčešće proučavanih antioksidacijskih spojeva u jabukama su kvercetin-3-galaktozid, kvercetin-3-glukozid, kvercetin-3-ramnozid, katehin, epikatehin, procijanidin, cijanidin-3-galaktozid, kumarska kiselina, klorogenska kiselina, galna kiselina, i floretin (slika 2) (Boyer i Liu, 2004).



**Slika 2.** Strukture odabranih antioksidanata jabuke (Boyer i Liu, 2004).

Epidemiološke studije povezale su konzumiranje jabuka sa smanjenim rizikom od nekih vrsta raka, kardiovaskularnih bolesti, astme i dijabetesa. U laboratoriju je utvrđeno da jabuke imaju vrlo jaku antioksidacijsku aktivnost, inhibiraju proliferaciju stanica raka, smanjuju oksidacije lipida te smanjuju razine kolesterola (Feskanich i sur., 2000; Mayer i sur., 2001; Knekt i sur., 2002; Aprikian i sur., 2001; Leontowicz i sur., 2002).

### **2.1.2. Osnovne značajke sorte „Granny Smith“**

Jabuka „Granny Smith“ (slika 3) porijeklom je iz Australije te je jedan od najslavnijih izvoznih proizvoda te zemlje. Maria Ann Smith ju je slučajno otkrila 60-ih godina 19. stoljeća. Ova jabuka je višenamjenska, primjerena za konzumaciju u svježem obliku, ali i za kuhanje (Gliha, 1978).



**Slika 3.** Plod jabuke „Granny Smith“ (Anonymous, 2)

Plodovi su srednje veličine i okruglastog oblika. Intenzivne su zelene boje, vrlo su hrskave i sočne te kiselog i reskog okusa (Gheyas i sur., 1997; Rizzolo i sur., 2006; Vujević i sur., 2011).

## 2.2. NARANČA

Naranča je biljka koja pripada rodu *Citrusa*, porodici *Rutaceae*. Postoji više vrsta i to kisela naranča (*Citrus aurantium*), slatka naranča (*Citrus sinensis*), bergamot naranča (*Citrus bergamia Risso*) te druge. Najpoznatija je slatka naranča, koja je ujedno i najpopularnija sorta. Uzgaja se i najbolje uspijeva u području s tropskom i suptropskom klimom (Biggs i sur., 2005).

*Citrus sinensis* dijeli se na 4 podvrste naranči: *Common*, *Navel*, *Valencia* i *Blood*. Genetsko podrijetlo slatke naranče nije jasno definirano, ali postoje teorije kako je slatka naranča dobivena križanjem primitivnih vrsta citrusa i to grejpa i mandarine. (Xu i sur., 2013). Porijeklom je iz Kine i jugoistočne Azije, a kasnije se širila zapadno, do Indije, Arabije sve do Mediterana. Danas se najviše uzgaja na Floridi, u Kaliforniji, Brazilu, Izraelu, Španjolskoj i južnoj Africi, iako se u svakom toplom do tropskom području uzgajaju lokalne vrste (Biggs i sur., 2005).

Raste kao zimzeleno drvo (slika 4) do visine od 8 do 15 m, ima sjajne listove koji su bogati žlijezdama koje ispuštaju mirisna ulja, a cvjetovi su zvjezdolikog oblika, mali, bijeli i mirisni. Plod naranče je okrugao i narančaste boje, dok je meso unutar čvrste kore svjetlije boje. Meso je ukusno, mekano, sočno, podijeljeno na kriške, slatko ili kiselo ovisno o sorti (Biggs i sur., 2005).



**Slika 4.** Stablo naranče s plodovima (Anonymous, 3)



### 2.2.1. Kemijski sastav naranče

Najveći udio naranče čini voda i to približno 86 %, zatim slijede ugljikohidrati s 12,54 %, 0,91 % proteina, 0,15 % masti te 2,2 % prehrambenih vlakana (Tablica 2) (USDA, 2015).

**Tablica 2.** Kemijski sastav ploda naranče, izraženo na 100 g (USDA, 2015)

	NARANČA / 100 g
<b>ENERGIJA (kcal)</b>	56,00
<b>VODA (%)</b>	85,97
<b>UGLJIKOHIDRATI (%)</b>	12,54
<b>PROTEINI (%)</b>	0,91
<b>MASTI (%)</b>	0,15
<b>VLAKNA (%)</b>	2,20

Cijenjene su zbog atraktivnog izgleda, osvježavajućeg okusa, ali i nutritivne kvalitete. Biokemijski spojevi i sekundarni metaboliti kao što su proteini, amini, poliamini, složeni ugljikohidrati, organske kiseline, lipidi, fenoli, flavonoidi, terpenoidi, aromatski spojevi, mineralni elementi, hormoni i vitamini igraju vrlo važnu ulogu u fiziologiji i metabolizmu biljke i ploda naranče. Mnogi od tih spojeva nutritivno su važni i u prehrani ljudi (Ladaniya, 2008).

Varijabilnost sastava unutar pojedinih plodova ovisi o brojnim čimbenicima, kao što su genetski čimbenici, podloga na kojoj biljka raste, stupanj zrelosti ploda, veličina ploda, položaj ploda na stablu i drugi. Tijekom sazrijevanja dolazi do promjena u sastavu naranče. Povećavaju se koncentracije topivih krutina, saharoze i reducirajućih šećera, a kiselost kontinuirano pada (Kefford, 1960).

Glavni doprinos naranči u prehrani ljudi nesumnjivo je njihov sadržaj vitamina, osobito askorbinske kiseline - vitamina C. Dnevni unos vitamina C od 5 mg je dostatan da spriječi simptome skorbuta kod odrasle osobe (Mapson, 1967). Naranče obično sadrže 40–70 mg vitamina C u 100 ml. (Ting i Attaway, 1971). Naranče imaju vrlo visok sadržaj kalija (300 mg u 178 ml soka od naranče), dok je sadržaj natrija relativno nizak (3–4 mg u 178 ml soka od naranče). I zato omjer kalija i natrija u soku od naranče ima važnu ulogu u održavanju ravnoteže elektrolita (Araujo, 1977). Naranča prosječne veličine (promjer 7–8 cm) može osigurati 0,8 g vlakana u prehrani. Šalica svježeg soka od naranče osigurava 0,3 g vlakana. Svježa voćka sadrži celulozu, hemicelulozu, lignin i pektin (Nishimura i sur., 1992).

### 2.2.2. Osnovne značajke “Navel” naranče

Navel naranče (slika 5) imaju malo sekundarno voće ugrađeno u kraj primarnog voća koje nalikuje na pupak, što je karakteristično za cijelu sortu i po čemu je ona dobila ime. Navel naranče su sorte koje najranije sazrijevaju, daju plodove bez sjemenki, velike su, kuglastog su oblika, duboke narančaste boje, bogatog, slatkog i ugodnog okusa, a na tržište stižu svježe, spremne za konzumaciju. Kultivari ove sorte predstavljaju značajan udio proizvodnje citrusa Australije, Argentine, Kalifornije, Maroka, Španjolske, Južne Afrike, Turske i Urugvaja.



**Slika 5.** Plod naranče sorte Navel (Anonymous, 4)

Najpoznatije vrste ove sorte su Washington, Leng, Fisher Nehall, Lane Late i Navelate. Vrsta 'Washington' se danas najviše sadi te je vrlo komercijalno važan kultivar. Smatra se da su se mutacijom ove vrste razvile ostale od kojih rano sazrijevaju "Leng", "Navelina", "Fisher" i "Newhall", a kasnije "Lane Late" i "Navelate". Berba Navel naranči traje od studenog do svibnja (Agusti i sur., 2014).

### 2.3. KONOPLJA (*Cannabis sativa* L.)

Konoplja (*Cannabis sativa* L.) (slika 6), jednogodišnja je zeljasta biljka koja se već stoljećima uzgaja zbog proizvodnje različitih proizvoda, od vlaknaste tkanine do čajeva i ulja (Oomaha i sur., 2002). Još uvijek nije sasvim poznato izvorno porijeklo konoplje, ali se pretpostavlja da



potječe iz središnje Azije (Dubreta, 2006). Najraniji dokazi upotrebe konoplje sežu u drevno kinesko društvo, otprilike 6000 godina prije Krista, što odgovara pretpostavkama o njenom srednje-azijskom porijeklu. Upotreba je bila višestruka i duboko utkana u tradicionalnu ekonomiju, kulturu i medicinu. Kako ukazuje Vera Rubin (1975), već tada nije bila zanemariva i rekreativna upotreba.

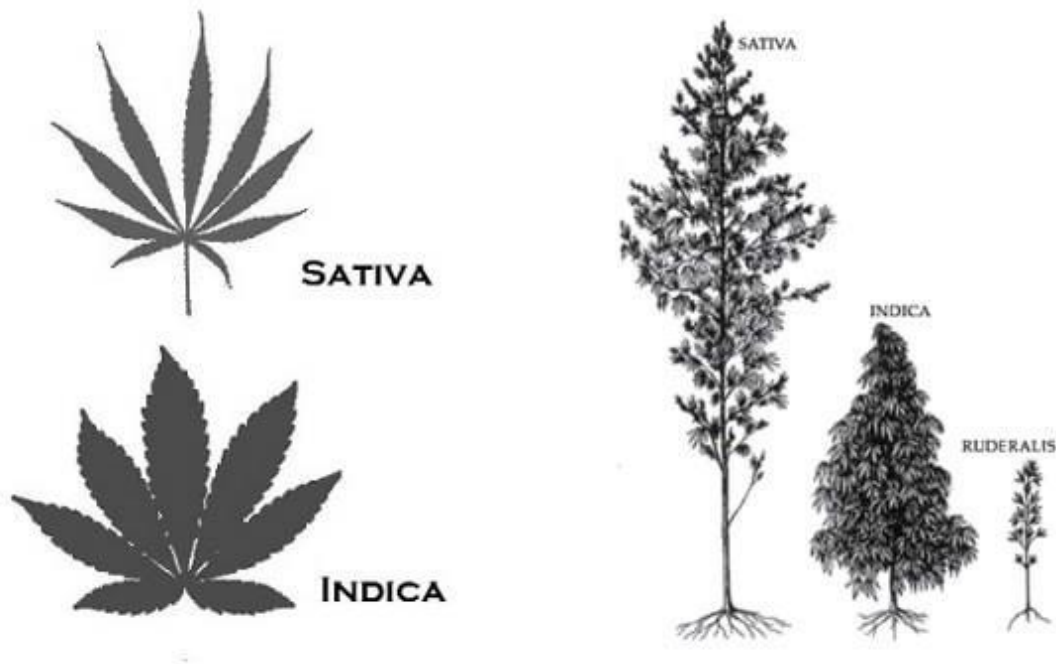


**Slika 6.** Biljka konoplje (*Cannabis sativa* L.) (Anonymous, 5)

Najčešću primjenu industrijske konoplje u današnje doba pronalazimo u tekstilnoj, prehrambenoj i građevinskoj industriji, farmaciji, medicini te kao sirovinu za proizvodnju biogoriva (Small i Marcus, 2002).

Taksonomija (slika 7), odnosno točan broj vrsta u rodu *Cannabis* bio je predmet dugogodišnje rasprave. Taksonomi su različito okarakterizirali rod „*Cannabis*“ na temelju njegove raznolike prirode (Emboden, 1974; Hillig, 2004; Hillig, 2005). Danas se ovaj rod najčešće dijeli na tri vrste: *Cannabis sativa*, *Cannabis indica* i *Cannabis ruderalis* (Schultes i sur., 1974). Unatoč različitim taksonomskim tumačenjima, kanabis se obično tretira kao da čini samo jednu, vrlo raznoliku vrstu, *C. sativa* L. Danas su *C. sativa*, *C. indica* i *C. ruderalis* prepoznate kao sorte

*C. sativa* L. (podvrsta Sativa, podvrsta Indica, i podvrsta Ruderalis). Podvrste sativa i indica su ekonomski važnije i rasprostranjenije (ElSohly i sur., 2017).



**Slika 7.** Prikaz podvrsti *Cannabis sativa* L.: *C. sativa sativa*, *C. sativa indica* i *C. sativa ruderalis* (Anonymous, 6)

Industrijska konoplja je oblik konoplje s niskim udjelom fitokemikalije d-9-tetrahidrokanabinola (THC) do 0,3% te je legalna za uzgoj u nizu zemalja. Globalno tržište konoplje s niskom razinom THC-a godišnje se procjenjuje na 100-200 milijuna američkih dolara. Sjevernoameričko tržište raste po stopi od 8-10 milijuna dolara godišnje (Oomaha i sur., 2002). U Republici Hrvatskoj je Pravilnikom o uvjetima za uzgoj konoplje, načinu prijave uzgoja maka te uvjetima za posjedovanje opojnih droga u veterinarstvu iz 2012. godine propisano kako dozvoljena količina THC-a u suhoj tvari biljke ne smije prelaziti vrijednost od 0,2% (Dubreta, 2006).

U industrijskoj konoplji su prisutni brojni kemijski spojevi koji nastaju kao sekundarni metaboliti. Najznačajniji su kanabinoidi, terpeni i fenolni spojevi. Kanabinoidi predstavljaju skupinu spojeva po kojoj je vrsta *Cannabis sativa* specifična, a najveća koncentracija im je u ženskim cvjetovima, dok list i stabljika sadrže manje količine. Kanabinoidi pokazuju tipični C21 terpenofenolni kostur. Ova klasa spojeva ima derivate i produkte transformacije koji se također smatraju kanabinoidima. Od početka ispitivanja kemijskih spojeva na *C. sativa* do danas je izolirano ukupno 120 kanabinoida, koji se mogu svrstati u 11 općih tipova:  $\Delta$  9-trans-

tetrahidrokanabinol ( $\Delta^9$ -THC),  $\Delta^8$ -trans-tetrahidrokanabinol ( $\Delta^8$ -THC), kanabigerol (CBG), kanabikromen (CBC), kanabidiol (CBD), kanabinodiol (CBND), kanabilezin (CBE), kanabicikol (CBL), kanabinol (CBN), kanabriol (CBT) ), i razni tipovi (ElSohly i sur., 2017).

Najdominantniji spojevi iz ove skupine su THCA ( $\Delta^9$ -tetrahidrokanabinolna kiselina), koja je dominantna u opojnoj indijskoj konoplji, i CBDA (kanabidiolna kiselina), karakteristična za industrijsku konoplju. Neenzimskom dekarboksilacijom se THCA i CBDA prevode u THC i CBD (Andre i sur., 2016).

Ukupan broj prirodnih spojeva identificiranih ili izoliranih iz *C. sativa* nastavio se povećavati u posljednjih nekoliko desetljeća. Godine 1980. Turner i sur. izvijestili su 423 spoja iz ove biljke (Turner i sur., 1980), a do 1995. taj se broj povećao na 483 (Ross i ElSohly., 1995). Između 1995. i 2005. dodano je sedam spojeva (ElSohly i Slade, 2005). Do 2017. identificirano je čak 565 komponenti (ElSohly i sur., 2017).

### **2.3.1. Zdravstvene koristi kanabinoioda**

Većina bioloških svojstava povezanih s kanabinoidima zasniva se na njihovim interakcijama s endokanabinoidnim sustavom kod ljudi. Endokanabinoidni sustav uključuje dva kanabinoidna receptora s G proteinom, CB1 i CB2, kao i dva endogena liganda, anandamid i 2-arahidonilglicerol. Smatra se da endokanabinoidi moduliraju ili igraju regulatornu ulogu u raznim fiziološkim procesima, uključujući apetit, osjet boli, raspoloženje, pamćenje, upalne procese, inzulin, osjetljivost i metabolizam masti i energije (De Petrocellis i sur., 2011; Di Marzo i Piscitelli, 2015).

Psihoaktivni dekarboksilirani oblik THCA, THC, je djelomični agonist i CB1 i CB2 receptora, ali ima veći afinitet za CB1 receptor, za koji se čini da posreduje u njegovim psihoaktivnim svojstvima. Osim što su prisutni u središnjem živčanom sustavu i cijelom mozgu, CB1 receptori se također nalaze u imunološkim stanicama i gastrointestinalnom, reproduktivnom, nadbubrežnom, srčanom, plućnom i u tkivu mokraćnog sustava, gdje kanabinoidi također mogu vršiti svoje aktivnosti. Smatra se da CB2 receptori imaju imunomodulatorne učinke i da reguliraju aktivnost citokina. Ali THC je zapravo usmjeren na više molekula od samo CB1 i CB2 receptora, i pokazuje snažno protuupalno, antikancerogeno, analgetsko, mišićno opuštajuće, neuro-antioksidativno (De Petrocellis i sur., 2011) i antispazmatsku aktivnost (Pacher i sur., 2011).

Međutim, THC je također povezan s nizom nuspojava, uključujući anksioznost, kolinergične deficite i imunosupresiju (Russo, 2011). CBDA je najrasprostranjeniji fitokanabinoid u

konoplji vlaknastog tipa. CBD (nastaje dekarboksilacijom CBDA) ima širok spektar farmakoloških svojstava, niz godina je bio zanemaran u usporedbi s THC-om. CBD je također jako važan spoj jer može smanjiti nuspojave THC-a (Englund i sur., 2012) i zbog toga povećava sigurnost ekstrakta na bazi kanabisa. Pokazalo se da i sam CBD u ispitivanjima *in vitro* i ispitivanjima na životinjama povoljne posjeduje učinke protiv anksioznosti, mučnine, artritisa, protu-psihotične učinke, protuupalne učinke te imunomodulatorna svojstva (Burstein, 2015). CBD je vrlo obećavajući kanabinoid jer je također pokazao potencijal da bude terapija u predkliničkim modelima bolesti središnjeg živčanog sustava kao što su epilepsija, neurodegenerativne bolesti, shizofrenija, multipla skleroza, afektivni poremećaji i središnje podešavanje ponašanja hranjenja (Hill i sur., 2012).

Zanimljivo je da CBD ima također jaka anti-fungalna i antibakterijska svojstva, a što je još zanimljivije ima djelovanje protiv bakterije *Staphylococcus aureus* (MRSA) otporne na meticilin (Appendino i sur., 2008). Nakon THC-a i CBD-a, CBC je treći najčešći fitokanabinoid. CBC ima izrazito protuupalno djelovanje (DeLong i sur., 2010), djeluje kao sedativ, analgetik (Davis i Hatoum, 1983), ima antibakterijska i anti-fungalna svojstva (Eisohly i sur., 1982).

U *in vitro*, kao i u pokusima na životinjama zamijećeno je kako CBD pomaže protiv mučnine i artritisa te ima antipsihotičko i protuupalno djelovanje (Burstein, 2015). Također u pretkliničkim istraživanjima uočila su se povoljna svojstva u borbi protiv bolesti središnjeg živčanog sustava poput epilepsije, shizofrenije, multiple skleroze i neurodegenerativnih bolesti (Hill i sur., 2012).

## **2.4. MJERNE METODE I ANALIZE**

### **2.4.1. pH vrijednost**

pH vrijednost dominantni je čimbenik koji određuje postupak kemijske reakcije, a time i kvalitetu proizvoda, osobito u prehrambenim i biokemijskim procesima. Izvorno ju je definirao Sørensen 1909.godine (Andrés-Bello i sur., 2013). U vodenim otopinama molekule vode nalaze se u stanju kemijske ravnoteže s vodikovim ( $H^+$ ) i hidroksidnim ( $OH^-$ ) ionima. pH se izražava na skali od 0 do 14 i predstavlja vrijednost negativnog logaritma množinske koncentracije vodikovih iona u otopini. Danas je vrlo lako brzo i pouzdano odrediti pH vrijednosti otopina (Webster, 2003).

pH metar je elektronski uređaj koji se koristi za mjerenje pH tekućine (ili nekada polučvrstih spojeva). Najvažnija je komponenta njegova posebna mjerna sonda (staklena elektroda ili, za posebne primjene, ionsko-selektivni tranzistor s efektom polja (ISFET), koja je spojena na elektronski mjerač koji mjeri i ispisuje pH vrijednost na zaslon pH metra. Svi pH metri kalibrirani su otopinama pufera poznate aktivnosti vodikovih iona. IUPAC je predložio uporabu skupa otopina pufera (operativni standardi pH) (Karastogiannii sur., 2016).

#### **2.4.2. Električna vodljivost i ukupne otopljene čvrste tvari**

Električna vodljivost (EC) je karakteristika neke tvari da provodi električnu struju, a jedinica za mjerenje je miliSiemens  $\text{cm}^{-1}$  ( $\text{mS cm}^{-1}$ ) (Horn i Lullmann, 1992).

Kad se sol otopi u vodi, ona disocira na nabijene čestice zvane ioni. Naboji su ili negativni ili pozitivni. Kad se elektrode povezane s izvorom napajanja stave u vodu, pozitivni ioni kreću se prema negativnoj elektrodi, dok se negativni ioni prelaze na pozitivnu elektrodu. To kretanje iona uzrokuje da voda provodi električnu energiju, a ta se električna vodljivost lako mjeri EC-metrom. Što je veća koncentracija soli u vodi, veća je i njena električna vodljivost. Na električnu vodljivost može utjecati nekoliko čimbenika. Prvo, neki ioni provode struju lakše od drugih. Drugo, EC se povećava kako se koncentracija soli povećava, ali se brzina porasta smanjuje kako se koncentracija povećava. Na EC također utječe temperatura. Na primjer, ako električna vodljivost iznosi  $5 \text{ dS m}^{-1}$  na  $25^\circ \text{C}$ , na  $30^\circ \text{C}$  će iznositi  $5,5 \text{ dS m}^{-1}$ . Standardna temperatura za mjerenje EC je  $25^\circ \text{C}$ . Mjerenja koja se obavljaju na drugim temperaturama moraju se prilagoditi standardu (Hanson i sur., 2006).

Električna provodljivost je zamjenska mjera ukupnih otopljenih čvrste tvari (TDS) (Shirokova, 2000). Odnos između TDS-a i električne vodljivosti je funkcija vrste i prirode otopljenih kationa i aniona u vodi (Sawyer i sur., 1994). Budući da je vodljiva pokretljivost ionskih vrsta promjenjiva, odnos između EC i TDS-a nije izravno linearna. Općenito, odnos TDS-EC je dan jednadžbom  $\text{TDS} = (0,55 \text{ do } 0,7) \text{ EC}$ . Ova korelacija je aproksimativna jer ne-ionske vrste ne pridonose električnoj vodljivosti, a pojedinačne ionske vrste imaju različit utjecaj. Stvarna vrijednost električne vodljivosti koja množi faktor ovisi o aktivnosti prisutnih specifičnih otopljenih iona i prosječnoj aktivnosti svih iona u uzorku koji su pod utjecajem temperature uzorka, relativne količine svakog iona i ukupne koncentracije otopljenih krutina u uzorku. Mjerenjem TDS-a preliminarnih uzoraka gravimetrijski i regresijom tih rezultata u odnosu na izmjerenu specifičnu provodljivost uzoraka utvrđuje se korelacija (Thirumalini i Joseph, 2009).

### **2.4.3. NIR spektroskopija**

Blisko crvena spektroskopija (NIR-Near infrared spectroscopy) pouzdana je i efikasna metoda za analiziranje uzoraka hrane (Huang i sur., 2008). Obuhvaća područje elektromagnetskog spektra od 780 do 2500 nm ili od  $4000\text{ cm}^{-1}$  do  $12\ 500\text{ cm}^{-1}$ . To je nedestruktivna metoda koja pokazuje dobre mogućnosti za određivanje kemijskih i fizikalnih svojstava hrane i prehrambenih proizvoda (Ozaki i sur., 2007). Njezinom upotrebom se može odrediti koncentracija hranjivih tvari u hrani, te može poslužiti za određivanje kemijskog sastava hrane (Liu i sur., 2010). Također se koristi i u drugim industrijama, u poljoprivredi te u kemijskoj i naftnoj industriji. NIR je jednostavna, brza i jeftina metoda za analizu uzoraka hrane, a zbog ubrzanog poboljšanja opreme upotreba ove metode svakodnevno se povećava (Roggo i sur., 2007). Kod upotrebe NIR spektroskopije nije potrebno pripremati uzorke i provodi se on-line. NIR spektar obuhvaća kombinacije vibracijskih vrsta i overtone koji sadrže C-H, O-H i N-H kemijske veze a dobivaju se preklapanjem odgovarajućih apsorpcija (Alishahi i sur., 2010). Metoda je primjenjiva na tekućim i krutim uzorcima hrane. Njome se može odrediti količina pesticida u voću i povrću te mikrobioloških toksina (Cayuela Sánchez, 2012). Kod voća se upotrebljava za mjerenje količine šećera, te stupanja kiselosti voća (Li i sur., 2013), mjerenje količina vitamina, ugljikohidrata, mineralnih tvari, te bioaktivnih spojeva (Cayuela Sánchez, 2012). Učinkovita je za određivanje povoljnog vremena berbe voća koje se može utvrditi bez oštećenja uzorka (Pholpho i sur., 2011; Sánchez i sur., 2013). NIR spektroskopija se uspješno primjenjuje za kvalitativnu i kvantitativnu analizu. Ciljevi kvalitativne multivarijantne analize su identifikacija sastojaka u uzorku, utvrđivanje razlika između pojedinih uzoraka te njihovo grupiranje. Postupak identifikacije uključuje klasifikaciju sastojaka prema vrijednostima mjerenih varijabli. U kvantitativnoj analizi, u kombinaciji s multivarijantnim metodama analize podataka, ova tehnika se može primijeniti za klasifikaciju uzoraka prema količini djelatne tvari (Jednačak i Novak, 2013).

### **2.4.4. Kolorimetrijsko mjerenje**

Kolorimetrijske metode daju mogućnost mjerenja boje (Hunter i Harold, 1987). Kolorimetrija se bavi objektivnim opisom fizikalnih korelata percepcije boja. Boja, temeljni dio vizualne percepcije, očarala je čovječanstvo od ranih dana ljudske povijesti. U početku su se uzorci u boji koristili za objektivni opis boje, a tek na početku dvadesetog stoljeća, kada je postalo moguće objektivno mjerenje obojene svjetlosti, fizičari su razvili metode za izravnu usporedbu obojanih svjetala s referentnim svjetlima (Schanda, 2007).

Međunarodna komisija za osvjetljenje - poznata i kao CIE iz svog francuskog naslova, Commission Internationale de l'Éclairage - posvećena je svjetskoj suradnji i razmjeni informacija o svim pitanjima koja se odnose na znanost i umjetnost svjetla i osvjetljenja, boja i vizija, fotobiologiju i tehnologiju slike. Sa snažnim tehničkim, znanstvenim i kulturnim osnovama, CIE je neovisna, neprofitna organizacija koja dobrovoljno služi zemlje članice. Od svog osnutka 1913. godine, CIE je postala profesionalna organizacija i prihvaćena je kao najviši autoritet u tom području, a ISO ju je prepoznao kao međunarodno tijelo za standardizaciju (CIE, 2019).

Od strane CIE 1976. godine definirana su dva sustava nazvana CIELab, koji je najrašireniji sustav u industriji, te CIELuv koji je do danas zastario u praksi (HunterLab, 2008). CIELab kolorimetrijski je sustav (Commission Internationale de l'Éclairage LAB koji sa svoje tri koordinate ( $L$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) zatvara sferičnu površinu, odnosno kuglu. Numeričke vrijednosti pridružene trodimenzionalnim koordinatama nijansi boja u rasponu su od  $+a$  (crvena) do  $-a$  (zeleno),  $+b$  (žuta) do  $-b$  (plavo), dok koordinata  $L$  predstavlja svjetlinu u rasponu od 0 (crna) do 100 (bijela) (Anonymous, 7). U ovom sustavu mogu se mjeriti još dvije veličine  $c^*$  i  $H^*$ .  $C^*$  je intenzitet boje, a  $H^*$  je kut nijanse. Vrijednost  $c^*$  je 0 u središtu za akromatsku boju (sivu) i povećava se prema udaljenosti od centra do 100 za vrlo zasićenu boju. Kut nijansiranja definiran je kao početak od  $+a^*$  osi i izražen je u stupnjevima kako se osvjetljavanje osi rotira u smjeru suprotnom od kazaljke na satu, od  $0^\circ$  (crveno) do  $90^\circ$  (žuto),  $180^\circ$  (zeleno),  $270^\circ$  (plavo) i natrag do  $0^\circ$  (HunterLab, 2008).

#### **2.4.5. Kemometrija-Analiza glavnih komponenata**

Pojam kemometrija opisuje statističke i matematičke pristupe koji se koriste za optimizaciju dizajna eksperimenata i izdvajanje korisnih informacija iz velikih i složenih skupova podataka. Kemijski podaci obično uključuju vrijednosti i svojstva različitih spojeva utvrđenih laboratorijskim eksperimentima a koji imaju brojne varijance. Zbog toga, statistička analiza takvih podataka trebala bi koristiti jedan ili više multivarijatnih statističkih alata (Granato i sur., 2018).

Multivarijatna statistika obuhvaća istodobnu analizu jedne ili više ovisnih (ishodnih) varijabli protiv dvije ili više neovisnih (ulaznih) varijabli (Hidalgo i Goodman, 2013); u mnogim okolnostima, postupci mogu usporediti veliki broj odgovora (ovisne varijable) s mnoštvom neovisnih varijabli (prediktori). Najčešći tipovi multivarijatnih testova uključuju

multivarijatnu analizu varijance (MANOVA), različite oblike faktorskih analiza (kao što su analiza glavnih komponenti, PCA), matematički pristup modeliranju, umjetne neuronske mreže (ANN), diskriminantna analiza i mnoge druge (Dziurkowska i Wesolowski, 2015).

Istodobna usporedba svih neovisnih varijabli u jednom testu zahtijeva višestruku analizu svake neovisne varijable prema mjerama ishoda koji povećavaju pogreške tipa I (Dumancas i sur., 2015). Slijedom toga, na procjenu vrijednosti P utječu složeni odnosi, gdje vjerojatnost ovisi o  $[1 - (0,95)^n]$  gdje je "n" broj pojedinačnih usporedbi. Eksperimentalni podaci u znanosti o hrani i drugim područjima mogu biti kvalitativni ili kvantitativni (Szymanska i sur., 2015). Postoje tri vrste kvalitativnih podataka: nominalni (kao što su tri vrste hrane, pet vrsta prerade, itd.); dihotomni (poput muškog/ženskog, izvorno/promijenjeno); i ordinalni (podaci poredani kriterijima, na primjer, tri razine osjetilne procjene, poput 1 = neprihvatljivo, 2 = marginalno prihvatljivo ili 3 = prihvatljivo). Međutim, kvantitativne varijable uključuju kontinuirane ljestvice (temperatura, tlak, vrijeme, koncentracija, masa, itd.), intervale i omjere (Larson-Hall, 2010). Bez obzira na vrstu, sve se varijable mogu analizirati kemometrijskim pristupima (Szymanska i sur., 2015). Najvažnije statističke tehnike za kemometriju su analiza PCA (analiza glavnih komponenata) i PLS (metoda djelomičnih najmanjih kvadrata). Ove metode obično zahtijevaju prethodnu obradu podataka, poput „normalizacije“ i skaliranja za uklanjanje sustavnih pristranosti iz skupova podataka, ali uz minimalan utjecaj na kvalitetu informacije (Granato i sur., 2018).

#### **2.4.6. Umjetne neuronske mreže**

Umjetne neuronske mreže, ANN - (artificial neural networks), računski su modeli nadahnuti živčanim sustavom živih bića. Imaju sposobnost stjecanja i održavanja znanja (zasnovane na informacijama) i mogu se definirati kao skup procesnih jedinica, prikazanih pomoću umjetnih neurona, međusobno povezanih mnoštvom međusobnih veza (umjetnih sinapsi), implementiranih vektorima i matricama sinaptičkih težina (Da Silva i sur., 2017).

Prva publikacija koja se odnosi na neuroračunanje datira još iz 1943., kada su McCulloch i Pitts (1943) sastavili prvi matematički model nadahnut biološkim neuronima, što je rezultiralo prvim konceptom umjetnog neurona. Umjetne neuronske mreže dio su područja poznatog kao inteligentni sustavi (konekcionistički sustavi) ili računalna inteligencija. Osim umjetnih neuronskih mreža, područje inteligentnog sustava uključuje različite alate, poput neizrazitih



„fuzzy“ sustava, evolucijskog računanja, inteligencije roja (swarm intelligence), umjetni imunološki sustavi i inteligentni agensi (Da Silva i sur., 2017)

Umjetne neuronske mrežne su strukture razvijene iz poznatih modela bioloških živčanih sustava i samog ljudskog mozga. Računalne komponente ili procesne jedinice, nazvane umjetni neuroni, pojednostavljeni su modeli bioloških neurona. Ovi su modeli nadahnuti analizom kako stanična membrana neurona generira i širi električne impulse (Hodgkin i Huxley, 1952). Umjetni neuroni koji se koriste u umjetnim neuronskim mrežama su nelinearni, obično pružaju kontinuirane izlaze i izvršavaju jednostavne funkcije poput skupljanja signala dostupnih na njihovim ulazima, sastavljanja prema njihovim operativnim funkcijama i stvaranja odgovora s obzirom na njihove urođene funkcije aktiviranja. Najjednostavniji neuronski model koji uključuje glavna obilježja biološke neuronske mreže - paralelizam i visoku povezanost - predložili su McCulloch i Pitts (1943), a još uvijek je najkorišteniji model u različitim strukturama umjetnih neuronskih mreža.

Najatraktivnija karakteristika umjetnih neuronskih mreža, kao i izvor njihove reputacije kao moćnog alata za rješavanje različitih problema, je njihov visoki kapacitet mapiranja nelinearnih sustava koji im omogućuje da nauče temeljno ponašanje iz podataka dobivenih iz takvih sustava. Najrelevantnije značajke koje se odnose na umjetne neuronske aplikacije jesu da se prilagođavaju iz iskustva, da imaju sposobnost učenja, mogućnosti generalizacije, da mogu organizirati podatke, da ima toleranciju na greške, da distribuirano skladište te da pojednostavljeno prototipiraju. Umjetne neuronske mreže danas se upotrebljavaju u širokom spektru profesija, znanosti i djelatnosti i to u medicini, kemiji, biologiji, ekonomiji, financijama, farmaciji, akustici, ekologiji, industriji hrane i mnogim drugima (Da Silva i sur., 2017).

#### **2.4.7. Senzorska procjena**

Senzorska analiza je znanstvena disciplina koja prikazuje reakcije na one značajke hrane koje se opažaju osjetilima vida, mirisa, okusa i sluha. Ona mjeri, analizira i interpretira upravo te reakcije. Za određivanje senzorskih svojstava proizvoda koriste se isključivo ljudska osjetila jer za to ne postoje tehnički mjerni instrumenti.

Pri određivanju senzorske analize proizvoda koriste se 3 skupine metoda:

- opisne ili deskriptivne metode, koje uključuju detekciju i opis svih kvalitativnih i kvantitativnih obilježja proizvoda od strane treniranih panelista
- razlikovne metode ili metode diferencijacije,
- metode sklonosti ili preferencije (Vahčić, 2016).

Senzorska procjena je definirana kao znanstvena disciplina koja potiče, mjeri, analizira i interpretira one odgovore na proizvode koji se zapažaju putem osjetila vida, njuha, dodira, okusa i sluha (Stone i Sidel, 2004). Kako bi čimbenici pristranosti bili što manji, senzorska analiza daje smjernice za pripremu i serviranje uzoraka pri kontroliranim uvjetima. Proizvodi mogu biti ponuđeni na različite načine sudionicima kako bi im se pomoglo u procjeni te stvorila protuteža sekvencijalnim učincima uslijed ocjenjivanja proizvoda jednog za drugim. Senzorska analiza je kvantitativna znanost pri kojoj se prikupljaju numerički podaci kako bi se utvrdili zakoniti i specifični odnosi između karakteristika proizvoda i ljudske percepcije. Podaci prikupljeni od ocjenjivača su često vrlo visoko varijabilni zbog različitih izvora varijacija koji ne mogu u potpunosti biti kontrolirani tijekom senzorskog testiranja, kao što su raspoloženje, motivacija ili iskustvo u senzorskoj procjeni. Za procjenu prikupljenih podataka koriste se odgovarajuće statističke metode analize koje omogućuju donošenje zaključka (Vahčić, 2016). U senzorskim analizama hrane kao detektori služe ljudska osjetila, a analitički instrument čini posebno odabrana, educirana i uvježbana grupa ljudi, koju je uobičajeno nazivati panelom. Kao i kod svakog prihvaćenog analitičkog postupka, i od senzorskih analiza se očekuje da budu objektivne, točne, ponovljive i reproducibilne. U cilju ispunjenja ovih zahtjeva, prilikom kreiranja analitičkog instrumenta i tijekom njegovog rada primjenjuju se standardizirani uvjeti za provođenje analize, standardizirani postupci u odabiru kandidata za panel senzorskih analitičara, te standardizirani postupci u treningu članova panela. Većina ovih čimbenika definirana je normama Međunarodne organizacije za normizaciju (ISO, International Standard Organisation, 2007).

## **3. MATERIJALI I METODE**

### **3.1. MATERIJALI**

#### **3.1.1. Uzorci**

- svježe jabuke sorte „Granny Smith“ kupljene u nespecijaliziranoj prodavaonici (KONZUM plus d.o.o., Zagreb, Hrvatska)
- svježe naranče sorte „Navel“ kupljene u nespecijaliziranoj prodavaonici (KONZUM plus d.o.o., Zagreb, Hrvatska)
- osušena biljna masa (cvat, list i sjemenke) industrijske konoplje kupljena od obiteljskog poljoprivrednog gospodarstva Levačić (Prelog, Hrvatska)

#### **3.1.2. Laboratorijski pribor**

- Staklene čaše volumena: 200, 600, 800, 1500 mL
- Staklene pipete volumena 1, 5 i 10 mL
- Stakleni lijevak
- Stakleni štapić
- Odmjerne tikvice volumena 25, 50 i 100 mL
- Menzure volumena: 10 mL, 1000 mL, 2000 mL
- Celulozni filter papir (LLG Labware, Njemačka)
- Falkonice volumena 50 mL
- Plastične kivete volumena 3 mL za spektroskopiju

#### **3.1.3. Uredaji i software**

- Analitička vaga (Sartorius TE214-S0CE, Njemačka)
- Konduktometar (SevenCompact, MettlerToledo, Švicarska)
- Vorteks (BiosanVortex V1 Pus, Latvija) 18
- NIR-128-1.7-USB/6,25/50 $\mu$ m skenirajući monokromator (Control Development, SAD) s pripadajućim softwareom Spec32 (Control Development, SAD)
- Kolorimetar (PCE-CSM 3, Engleska)

- pH metar (Jenco 601A, SAD)
- Sokovnik (Slow juicer Vivax SJ 150, Hrvatska)
- Statistica 10 (StatSoft, SAD)

#### 3.1.4. Priprema uzoraka

Plodovi jabuke, koji su kupljeni u trgovačkom lancu i doneseni na fakultet, narezani su na krupnije komade, a peteljka, endokarp i koštice su pritom uklonjeni. Tako pripremljeni komadi jabuka obrađivani su u sokovniku (Slow juicer Vivax SJ 150, Hrvatska).

Plodovi naranče, također kupljeni u trgovačkom lancu i doneseni na fakultet ručno su oguljeni, narezani na krupnije komade te obrađeni pomoću prethodno spomenutog sokovnika.

U staklene čaše od 200 ml pripremljeno je po 100 mL uzorka različitih omjera (tablica 3) soka jabuke i naranče, a pri tome su korištene menzure od 100 mL.

Ekstrakt konoplje pripremljen je na način da je 1 g osušene biljne mase industrijske konoplje (OPG Levačić) izvagan na analitičkoj vagi (Sartorius TE214-S0CE, Njemačka) te dodan u 150 mL prokuhane vode u staklenoj čaši. Ta biljna masa se tako kuhala 7 minuta, nakon čega je filtrirana kroz celulozni filter papir postavljen na stakleni lijevak. Tako je dobiven filtrirani bistri ekstrakt konoplje žuto-zelene boje.

**Tablica 3.** Prikaz volumnog udjela pojedinog soka u pripremljenim uzorcima

UZORAK	UDIO SOKA NARANČE (%)	UDIO SOKA JABUKE (%)
1	100	0
2	75	25
3	50	50
4	25	75
5	0	100

Uzorci s nefiltriranim sokovima odmjeravani su direktno iz pripadajuće posude sokovnika, a filtrirani sokovi su najprije procjeđeni kroz fino sito, a potom su profiltrirani.

Pripremljene su dvije serije po 7 uzoraka. Prva serija uzoraka bili su nefiltrirani sokovi navedne izmiješanosti uz dodatak različitog udjela ekstrakta konoplje ekstrakta konoplje (tablica 4), a drugu seriju činili su uzorci pripremljeni od filtriranih sokova uz dodatak jednake količine ekstrakta konoplje.

Iz staklenih čaša od 100 ml, staklenom pipetom odmjeravano je od 7 do 10 mL uzorka sokova (filtriranih i nefiltriranih) u falkon epruvete volumena 50 mL. Ekstrakt je odmjeravan pipetom volumena od 5 mL za volumene 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 i 3 mL. Odmjereni volumeni ekstrakta prebačeni su pripremljene falkon epruvete idućim redom (tablica 4).

**Tablica 4.** Prikaz volumena ekstrakta industrijske konoplje u pripremljenim uzorcima soka

Broj uzorka	V(sok) / [mL]	V(ekstrakt) / [mL]
1	10,0	0,0
2	9,5	0,5
3	9,0	1,0
4	8,5	1,5
5	8,0	2,0
6	7,5	2,5
7	7,0	3,0

## 3.2. METODE

### 3.2.1. Određivanje fizikalnih svojstava

Prije svakog mjerenja vorteksom (BiosanVortex V1 Pus, Latvija) su homogenizirani svi uzorci.

Svakom uzorku mjerena je električna vodljivost i udio otopljenih čvrstih tvari pomoću konduktometra (SevenCompact, MettlerToledo, Švicarska). Postupak mjerenja je provođen dva puta, a između svakog mjerenja uzorci su ponovno homogenizirani upotrebom vorteksa. Pomoću dobivenih podataka računala se srednja vrijednost i standardna devijacija.

Za određivanje pH vrijednosti uzoraka korištena je staklena elektroda spojena na pH metar (Jenco 601A, SAD). Pomoću standarda s vrijednostima pH=4 i pH=7 pH metar je prethodno kalibriran.

### 3.2.2. NIR-spektroskopija

Za snimanje uzoraka u rasponu valnih duljina od 904 do 1699 nm korišten je NIR-128-1.7USB/6,25/50µm skenirajući monokromator (Control Development, SAD) s instaliranim pripadajućim softwareom Spec32 (Control Development, SAD). Svaki uzorak je prethodno dobro homogeniziran te je sniman u plastičnoj kiveti od 3 mL. Pripremljene kivete postavljane su na postolje s poklopcem u svrhu sprječavanja utjecaja vanjskog izvora svjetla. Svaki uzorak snimljen je po 5 puta. Podaci su pohranjeni kao „.xls“ datoteke u softwareu Microsoft

Office Excel te kasnije korišteni za obradu podataka metodom analize glavnih komponentata (PCA).

### **3.2.3. Kemometrija – Analiza glavnih komponenti**

Za obradu podataka sakupljenih upotrebom NIR spektara korištena je kemometrijska metoda analize glavnih komponenti (PCA). Analiza glavnih komponenti koristi se kako bi se iz velikog skupa varijabli izdvojile specifične informacije tj. kako bi se veliki skup varijabli smanjio na mali skup koji još uvijek sadrži većinu informacija velikog skupa. Takvo izdvajanje olakšava nam uočavanje sličnosti i razlike među podacima na temelju njihovog međusobnog razdvajanja i grupiranja. Najznačajnije informacije, koje su dobivene kao rezultat mjerenja apsorbancije (u raspona valnih duljina 904-1699 nm), pretvorene su u skup novih ortogonalnih varijabli koje zovemo glavne komponente ili faktori (Abdi i Williams, 2010). Za analizu podataka NIR spektra PCA metodom korišten je software Statistica 10,0 (StatSoft, SAD).

### **3.2.4. Umjetne neuronske mreže**

Umjetne neuronske mreže korištene su kako bi se na temelju podataka iz NIR spektra predvidjele vrijednosti vodljivosti, TDS-a, boje, pH, volumnih udjela izmiješanosti sokova te koncentracije konoplje u izmiješanim sokovima (izlazne varijable). Razvijene su višeslojne perceptronske mreže u softveru Statistica v.10,0 (StatSoft, Tulsa, USA) koje su sadržavale 4–13 neurona u skrivenom sloju. Na temelju PCA analize odabrano je prvih 10 faktora koji su korišteni kao ulazne varijable i koji su bili odgovorni za 99,9% varijabilnosti u podacima. Vježba umjetne neuronske mreže (ANN) provedena je s odvajanjem podataka u trening, test i validaciju u 4 različita omjera (60:20:20, 50:30:20, 70:20:10 i 70:15:15) od kojih se omjer 70:15:15 pokazao kao najprikladniji.

Izvedba modela ocijenjena je na temelju vrijednosti  $R^2$  i srednjih kvadratnih pogrešaka (RMSE) za treniranje, testiranje i validaciju.

### **3.2.5. Kolorimetrijsko mjerenje**

Za kolorimetrijsko mjerenje korišten je kolorimetar PCE-CSM 3, Engleska. Mjerenje se provodilo tako da se dio uzorka prelio u kivetu od 3 ml koja se stavljala u tamnu komoricu, a točno iznad nje se namještao kolorimetar. Svjetlo odgovarajuće valne duljine prolazilo je kroz uzorak, gdje ga je obojeni proizvod djelomično apsorbirao, pri čemu je stupanj apsorpcije razmjeran koncentraciji izvorne vrste. Uređaj se normalno kalibrirao mjerenjem apsorbancije bijele pločice za kalibraciju. Snimanjem su dobiveni rezultati koji predstavljaju vrijednost  $L^*$ ,

$a^*$ ,  $b^*$ ,  $c^*$  i  $H^*$ . Svaki uzorak je snimljen dva puta, a dobiveni rezultati su se bilježili u Microsoft Excel program. Iz njih se zatim izračunavala srednja vrijednost kao konačni rezultat te standardna devijacija.

### **3.2.6. Senzorska procjena**

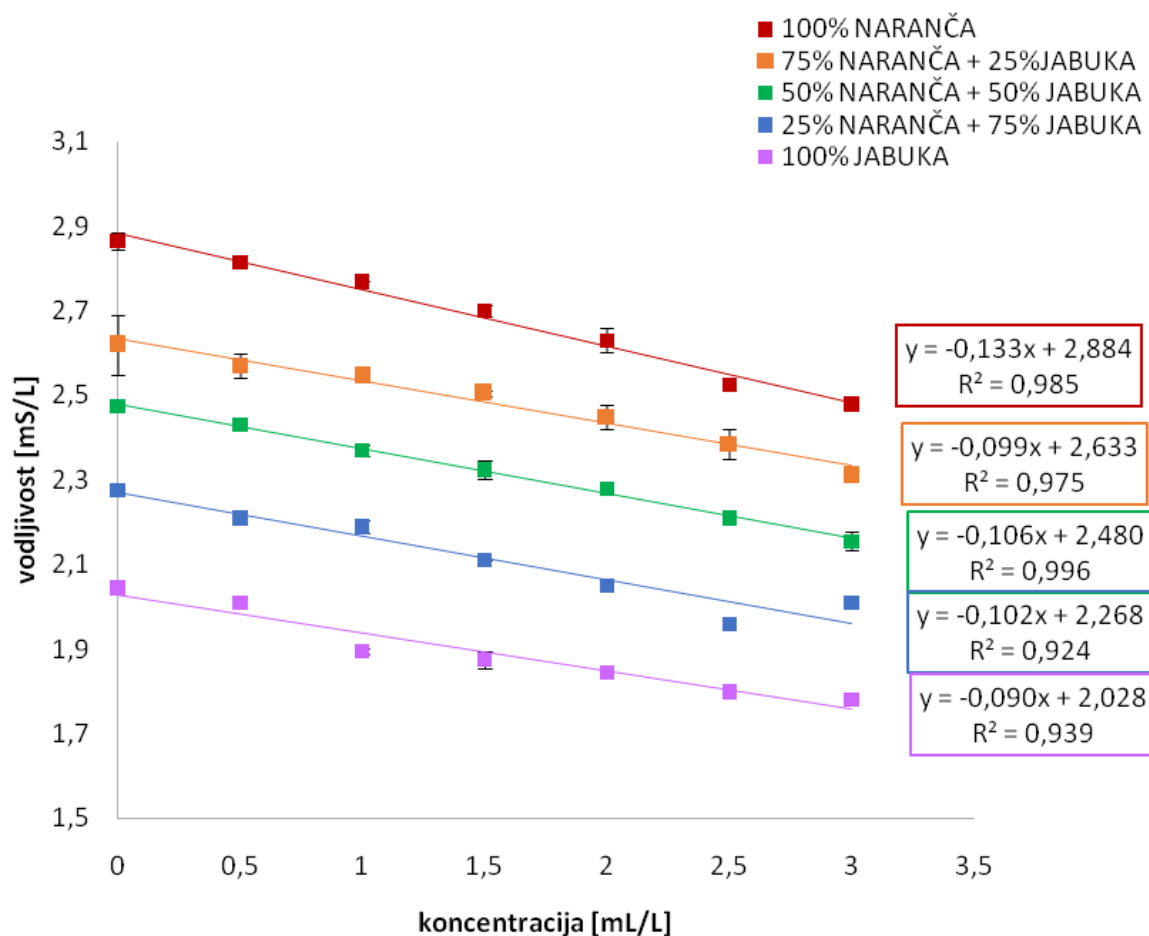
S ciljem određivanja prihvaćenosti pojedinog uzorka kod konzumenta provedeno je i senzorsko ispitivanje. Ispitivanje se provodilo u suradnji sa sedam analitičara koji su ocjenjivali svojstva svakog uzorka. Pripremljeno je dvije serije po pet uzoraka. Svaki uzorak je raspodijeljen na još sedam uzoraka u koje su dodavane različite količine ekstrakta konoplje (0; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 i 3 mL). Ispitivana su sljedeća svojstva: boja, miris, okus, gorčina, kiselost i naknadni okus. Za ocjenjivanje je korištena hedonistička skala. Hedonistička skala podrazumijevala je 5 ponuđenih opcija (vrlo poželjno, poželjno, neutralno, nepoželjno, vrlo nepoželjno) među kojima su ispitanici trebali izabrati onu koja najbolje opisuje njihov doživljaj uzorka.

Ukupna senzorska ocjena uzorka izračunata je kao srednja vrijednost pojedinih senzorskih svojstava.

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

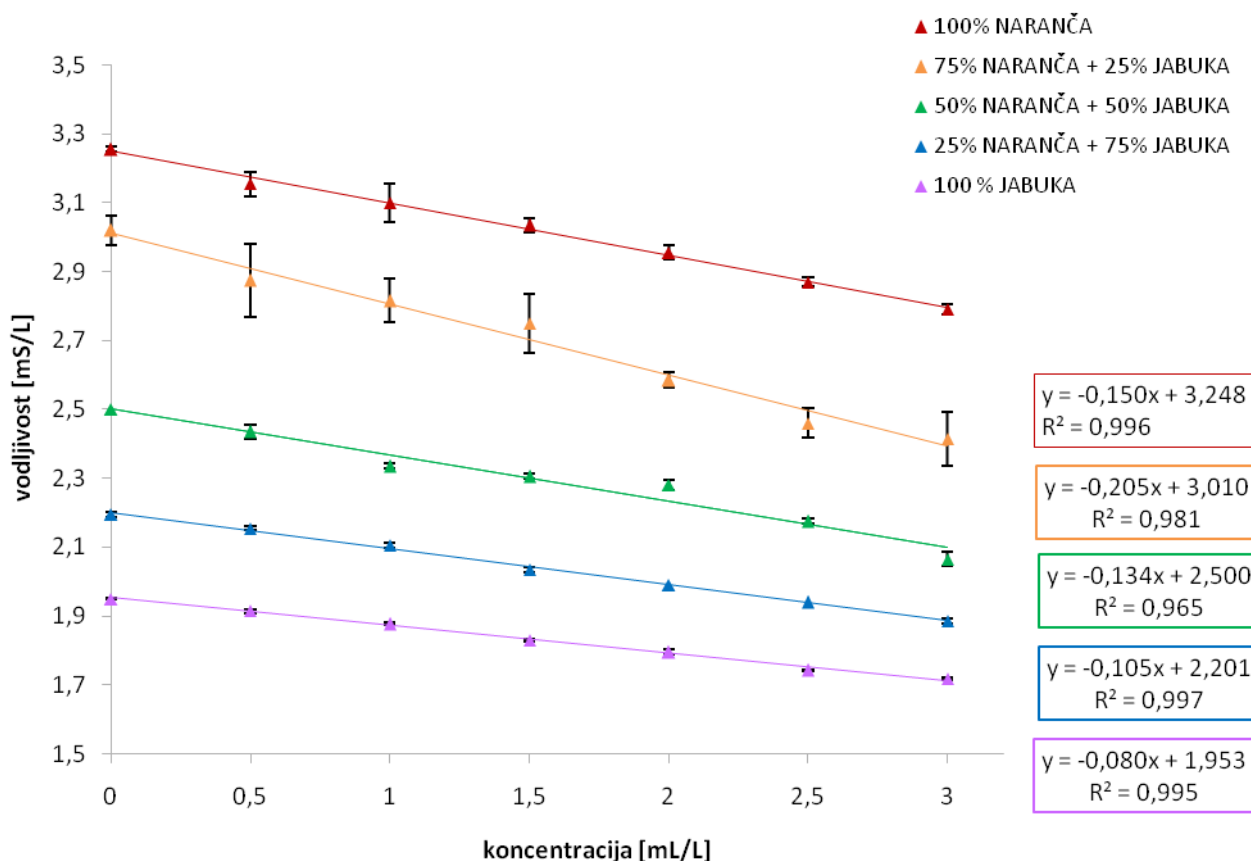
### 4.1. FIZIKALNA SVOJSTVA- ELEKTRIČNA VODLJIVOST, TDS I PH

Na slikama 8-13 prikazani su rezultati mjerenja električne vodljivosti, koncentracije ukupnih otopljenih čvrstih tvari (TDS) i pH. Mjerenja su provedena na uzorcima filtriranih i nefiltriranih sokova koji su se razlikovali po volumnim udjelima sokova jabuke i naranče te po količini dodanog ekstrakta konoplje. Volumni udjeli sokova te volumeni odmjerenih ekstrakata konoplje prikazani su u tablicama 3 i 4 u poglavlju 3.1.4 Priprema uzoraka.



**Slika 8.** Prikaz rezultata mjerenja električne vodljivosti u uzorcima filtriranih sokova ovisno o koncentraciji dodanog ekstrakta konoplje





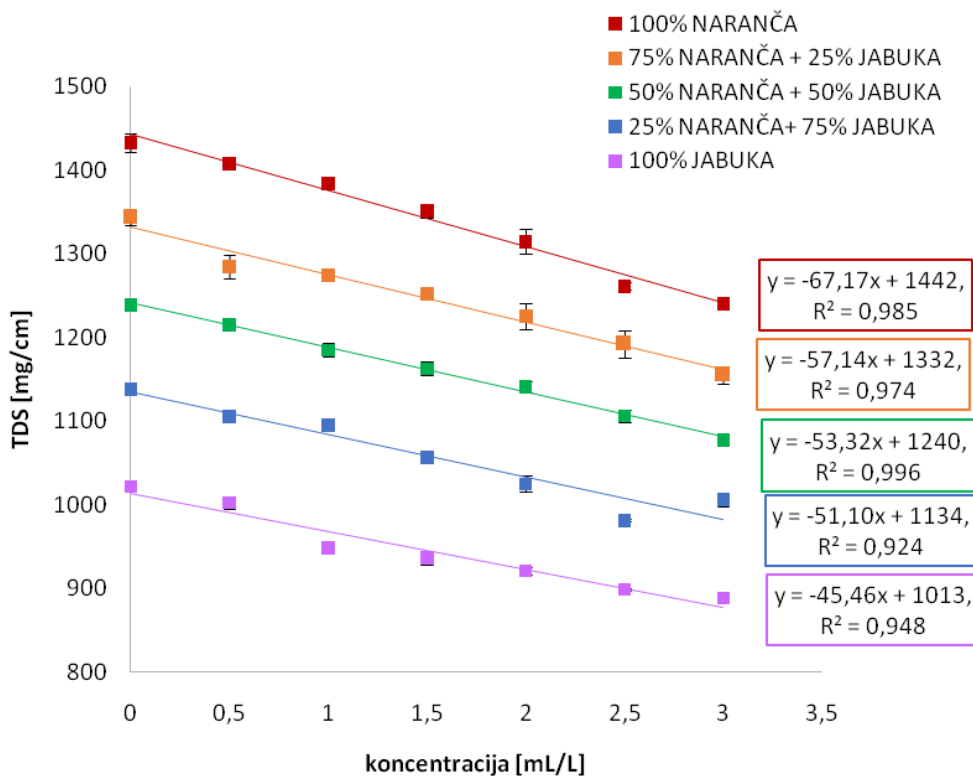
**Slika 9.** Prikaz rezultata mjerenja električne vodljivosti u uzorcima nefiltriranih sokova ovisno o koncentraciji dodanog ekstrakta konoplje

Na slikama 8 i 9 prikazane su izmjerene promjene električne vodljivosti koje su nastale kao posljedica promjene volumnih udjela sokova jabuke i naranče te različitih volumnih udjela ekstrakta industrijske konoplje koje su dodane u pojedine uzroke. Grafovi ukazuju da i filtrirani i nefiltrirani sokovi imaju linearan padajući trend odnosno da se povećanjem udjela dodanog ekstrakta konoplje električna vodljivost smanjuje. Također, iz grafova se može iščitati da nefiltrirani sokovi (slika 9) općenito imaju više vrijednosti električne vodljivosti od filtriranih (slika 8). Najviša izmjerena vrijednost električne vodljivosti bila je u uzorku 100 %-tnog nefiltriranog soka od naranče u koji nije bio dodan ekstrakt konoplje ( $3,26 \text{ mS cm}^{-1}$ ). Najniža izmjerena električna vodljivost ( $1,71 \text{ mS cm}^{-1}$ ) izmjerena je u 100 %-tnog nefiltriranog soka od jabuke u koji nije dodan ekstrakt konoplje.

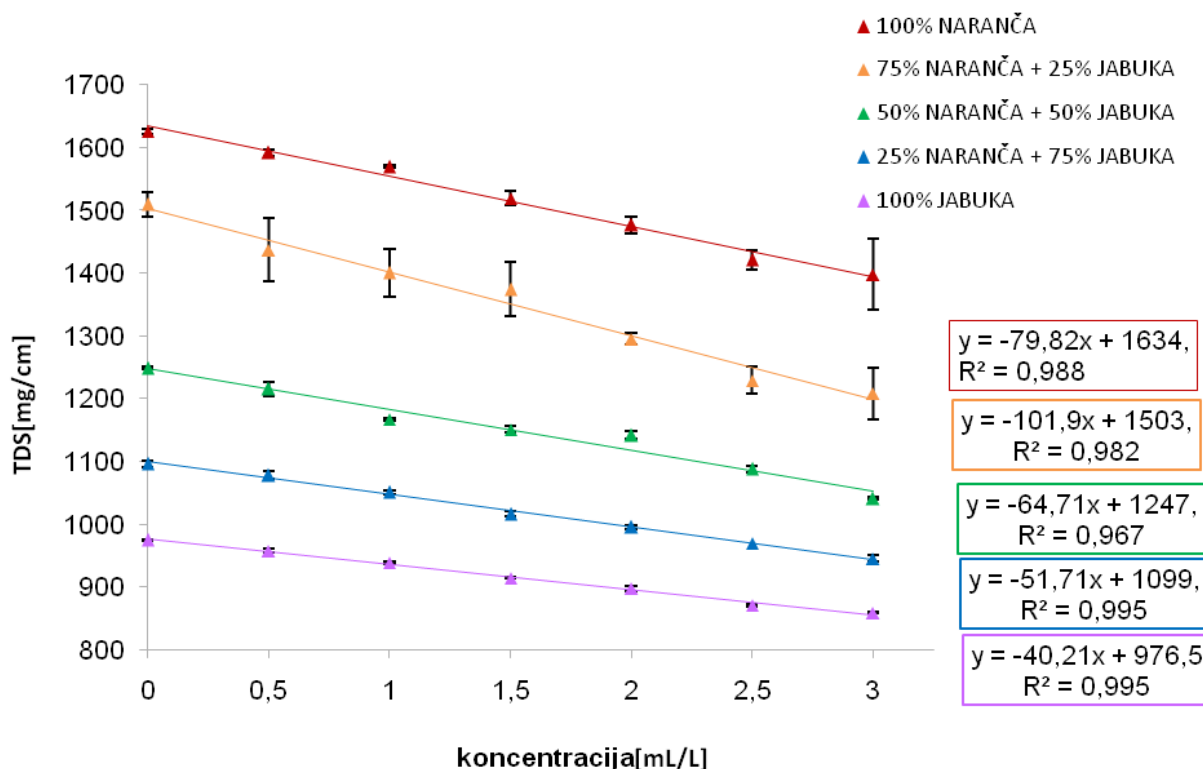
Prema Amiali i sur. (2006) pri 20 °C električna vodljivost za svježi sok od naranče iznosi 3,4 mS cm<sup>-1</sup>, dok za sok od jabuke ona iznosi 1,9 mS cm<sup>-1</sup>. Iz toga se može zaključiti da dobiveni rezultati odgovaraju otprije poznatima. Uvijek su moguća manja odstupanja do kojih najčešće dolazi zbog upotrebe različitih mjernih uređaja, nejednakih temperatura mjerenja, ali i zbog samih uzoraka koji ne potječu iz istog geografskog područja te nemaju posve jednak kemijski sastav.

Vrijednosti R<sup>2</sup> moraju biti što je moguće bliže vrijednosti 1. Odnosno R<sup>2</sup> vrijednosti onih modela za koje se smatra da su dobri kvantitativni trebale bi biti iznad 0,90. Kvantitativni modeli su kompaktni prikazi gdje jedna diferencijala ili diferencijalna jednadžba može opisati performanse sustava za veliki skup ulaznih funkcija i početnih stanja (Lunze, 1998). Vrijednosti između 0,70 i 0,90 ukazuju na to da se modeli mogu smatrati prilično preciznima, a vrijednosti ispod 0,70 ukazuju da se model može kvalitativno razlikovati samo bez mogućnosti korištenja u kvantitativnom predviđanju.

Vrijednosti koeficijenta determinacije (R<sup>2</sup>) prilično su visoki u svim izmjerenim uzorcima iz čega se može zaključiti da električna vodljivost vrlo dobro prati promjenu volumnog udjela sokova te količinu dodanog ekstrakta konoplje u pojedini uzorak.



**Slika 10.** Prikaz rezultata mjerenja TDS-a u uzorcima filtriranih sokova ovisno o koncentraciji dodanog ekstrakta konoplje

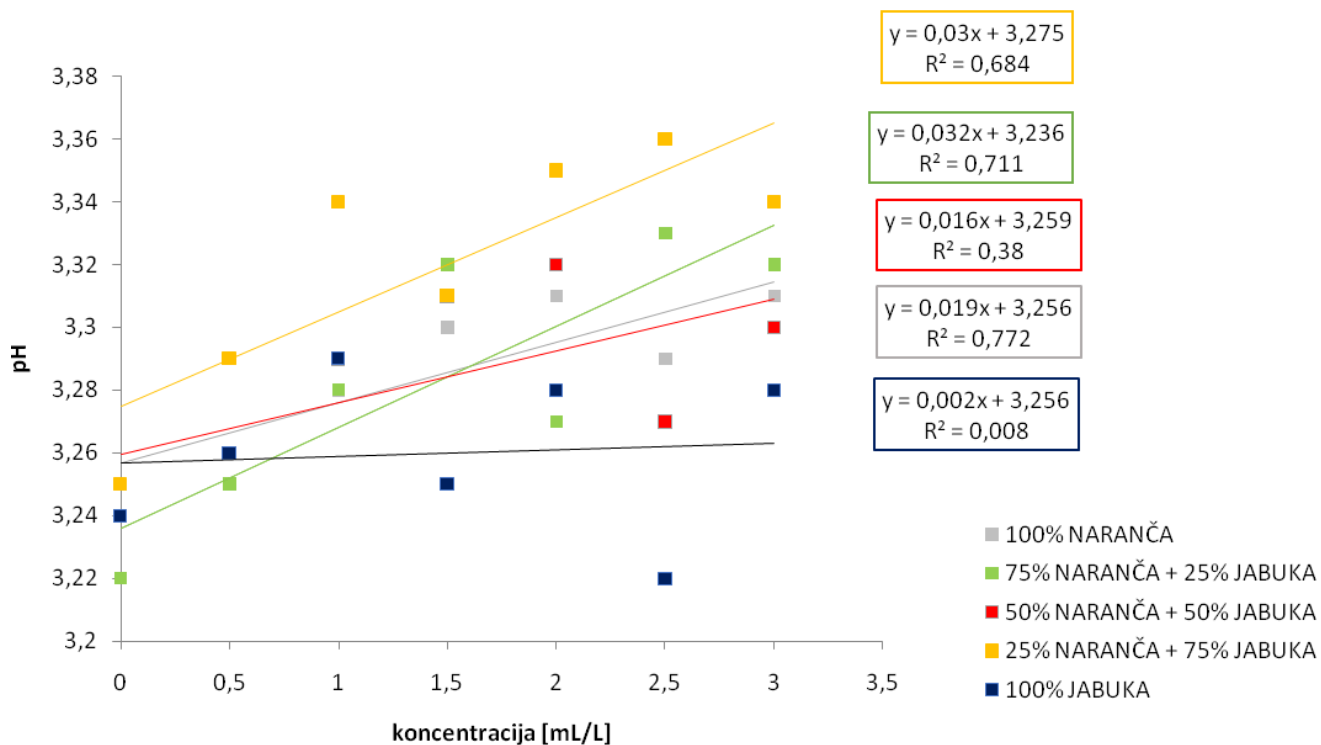


**Slika 11.** Prikaz rezultata mjerenja TDS-a u uzorcima nefiltriranih sokova ovisno o koncentraciji dodanog ekstrakta konoplje

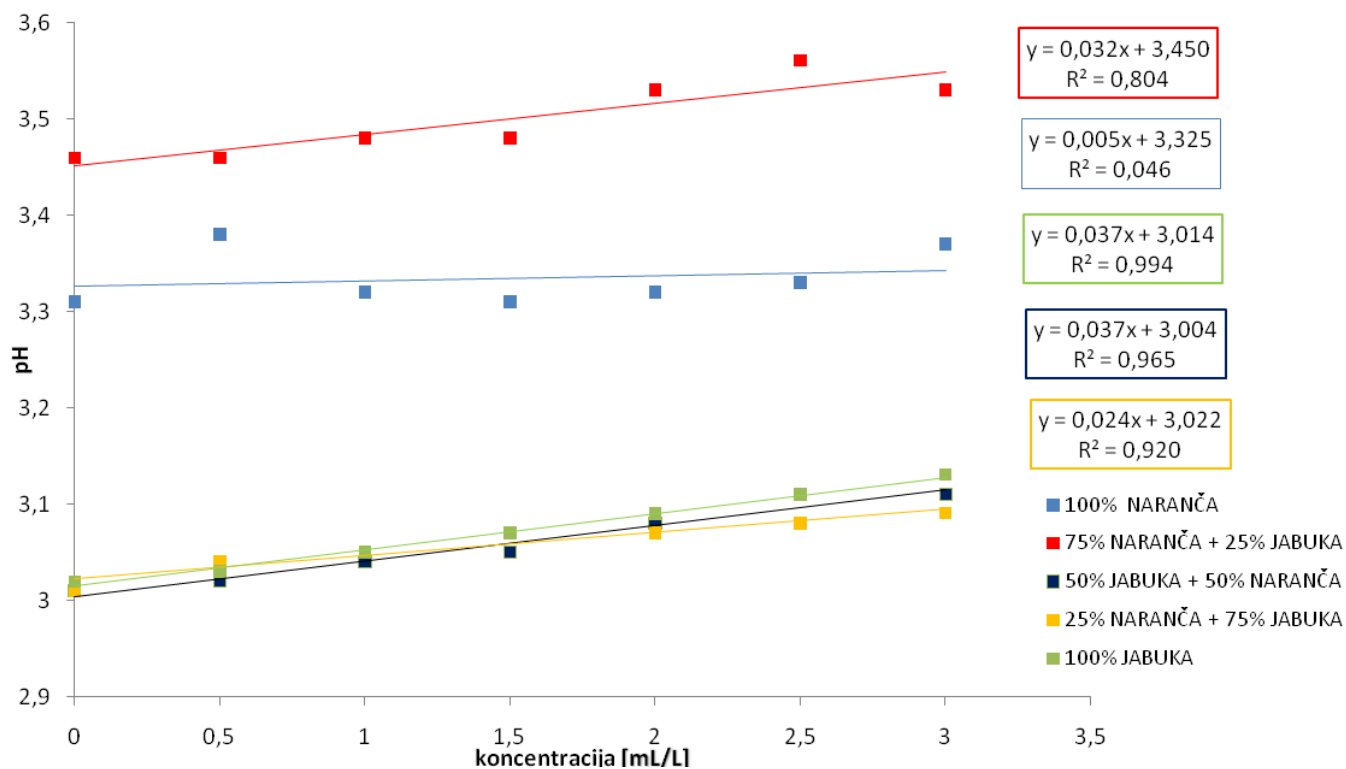
Slično kao i kod vodljivosti, u izmjerenim vrijednostima koncentracije ukupne količine otopljenih tvari vidljiv je padajući linearni trend. Nefiltrirani sokovi (slika 11) i u ovom slučaju imaju više vrijednosti TDS-a od filtriranih sokova (slika 10). Najviša izmjerena vrijednost ( $1626 \text{ mg L}^{-1}$ ) TDS-a zabilježena za 100 %-tni nefiltrirani sok od naranče u koji nije dodan ekstrakt konoplje. Suprotno tome, najniža vrijednost TDS-a ( $859 \text{ mg L}^{-1}$ ) izmjerena je u 100 %-tnom nefiltriranom soku od jabuke u koje je dodana najveća količina ekstrakta konoplje.

Koeficijenti determinacije su visoki iz čega se može iščitati da se i izmjerene vrijednosti TDS-a podudaraju s promjenama volumnog udjela sokova te količinom dodanog ekstrakta konoplje.

Kao što je ranije spomenuto, postoji međusobna zavisnost između TDS-a i vodljivosti, a prikazani grafovi to i potvrđuju.



**Slika 12.** Prikaz rezultata izmjerenih pH vrijednosti u uzorcima filtriranih sokova ovisno o koncentraciji dodanog ekstrakta konoplje



**Slika 13.** Prikaz rezultata izmjerenih pH vrijednosti u uzorcima nefiltriranih sokova ovisno o koncentraciji dodanog ekstrakta konoplje

Za razliku od izmjerenih vrijednosti vodljivosti i TDS-a, vrijednosti pH značajno odstupaju od linearnog trenda (slika 12 i 13), što je pogotovo vidljivo u slučaju filtriranih sokova. Vrijednosti 100 % -tnih sokova jabuke iznosile su 3,02 za nefiltrirane i 3,24 za filtrirane sokove. pH 100 %-tnog nefiltriranog soka od naranče iznosio je 3,31, a filtriranog 3,25.

Iznimke su koeficijenti determinacije ( $R^2$ ) koji su izrazito visoki (preko 0,99), i to za nefiltrirani 100%-tni sok od jabuke koji iznosi 0,994. Ostali koeficijenti determinacije su iznimno niski i kreću se od 0,008 do 0,965. Prema rezultatima može se donijeti zaključak da vrijednosti pH ne odgovaraju promjenama volumnog udjela sokova te količini dodanog ekstrakta konoplje.

## 4.2. KOLORIMETRIJSKA ANALIZA

U tablicama 5 i 6 prikazane su vrijednosti kolorimetrijskog mjerenja ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $c^*$  i  $h^*$ ) očitane s kolorimetra PCE-CSM 3, Engleska. Analiza se provodila na filtriranim i nefiltriranim sokovima koji su se razlikovali prema volumnim udjelima soka jabuke i naranče te prema količini dodanog ekstrakta konoplje u pojedine uzorke.

**Tablica 5.** Prikaz vrijednosti kolorimetrijskog mjerenja ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $c^*$  i  $h^*$ ) za filtrirane sokove

FILTRIRANI UZORCI	Broj uzorka	konc [mL/L]	L srednja vrijednost ± standardna devijacija	a srednja vrijednost ± standardna devijacija	b srednja vrijednost ± standardna devijacija	c srednja vrijednost ± standardna devijacija	H srednja vrijednost ± standardna devijacija
100% NARANČA	1	0,00	44,80 ± 0,01	5,70 ± 0,00	5,14 ± 0,01	7,67 ± 0,00	41,99 ± 0,07
	2	0,50	44,97 ± 0,04	5,49 ± 0,00	5,15 ± 0,01	7,53 ± 0,01	43,11 ± 0,03
	3	1,00	44,91 ± 0,01	5,27 ± 0,00	5,04 ± 0,01	7,29 ± 0,01	46,85 ± 0,68
	4	1,50	44,92 ± 0,00	5,32 ± 0,44	4,99 ± 0,03	7,07 ± 0,03	44,83 ± 0,09
	5	2,00	44,65 ± 0,01	4,95 ± 0,01	5,02 ± 0,01	7,03 ± 0,02	45,41 ± 0,06
	6	2,50	44,08 ± 0,03	4,62 ± 0,01	4,96 ± 0,01	6,77 ± 0,00	47,04 ± 0,01
	7	3,00	44,76 ± 0,01	4,47 ± 0,01	4,88 ± 0,00	6,61 ± 0,00	47,46 ± 0,10
75% NARANČA+ 25% JABUKA	1	0,00	45,36 ± 0,01	4,76 ± 0,01	5,46 ± 0,00	7,25 ± 0,01	48,89 ± 0,05
	2	0,50	45,33 ± 0,01	4,55 ± 0,01	5,37 ± 0,01	7,04 ± 0,01	49,74 ± 0,07
	3	1,00	45,24 ± 0,04	4,42 ± 0,02	5,26 ± 0,01	6,86 ± 0,01	49,97 ± 0,08
	4	1,50	45,18 ± 0,01	4,25 ± 0,01	5,23 ± 0,02	6,73 ± 0,01	50,72 ± 0,24
	5	2,00	45,00 ± 0,02	4,10 ± 0,01	5,19 ± 0,02	6,61 ± 0,01	51,69 ± 0,11
	6	2,50	45,10 ± 0,06	3,81 ± 0,01	5,10 ± 0,00	6,37 ± 0,01	53,28 ± 0,11
	7	3,00	45,15 ± 0,04	3,7 ± 0,01	5,10 ± 0,01	6,30 ± 0,00	54,03 ± 0,16
50% NARANČA + 50% JABUKA	1	0,00	45,38 ± 0,01	3,59 ± 0,00	5,52 ± 0,01	6,49 ± 0,13	56,98 ± 0,06
	2	0,50	45,69 ± 0,01	3,53 ± 0,02	5,65 ± 0,06	6,64 ± 0,02	57,93 ± 0,08
	3	1,00	45,21 ± 0,01	3,39 ± 0,01	5,45 ± 0,01	6,42 ± 0,02	58,14 ± 0,02
	4	1,50	45,34 ± 0,01	3,25 ± 0,00	5,29 ± 0,00	6,21 ± 0,01	58,46 ± 0,04
	5	2,00	45,44 ± 0,00	3,14 ± 0,00	5,27 ± 0,00	6,14 ± 0,01	59,22 ± 0,01
	6	2,50	45,32 ± 0,00	2,99 ± 0,01	5,25 ± 0,01	6,04 ± 0,01	60,33 ± 0,03
	7	3,00	45,20 ± 0,01	2,90 ± 0,01	5,18 ± 0,01	5,93 ± 0,01	60,82 ± 0,05
25% NARANČA + 75% JABUKA	1	0,00	45,45 ± 0,03	2,26 ± 0,01	5,41 ± 0,02	5,86 ± 0,03	67,29 ± 0,06
	2	0,50	45,49 ± 0,03	1,88 ± 0,01	5,27 ± 0,01	5,59 ± 0,01	70,40 ± 0,02
	3	1,00	45,58 ± 0,02	2,08 ± 0,02	5,42 ± 0,07	5,81 ± 0,08	69,07 ± 0,08
	4	1,50	45,43 ± 0,66	1,96 ± 0,01	4,83 ± 0,03	5,22 ± 0,02	67,98 ± 0,16
	5	2,00	44,96 ± 0,04	1,86 ± 0,04	4,83 ± 0,00	5,18 ± 0,00	68,70 ± 0,07
	6	2,50	44,68 ± 0,01	1,84 ± 0,02	4,72 ± 0,01	5,06 ± 0,00	68,75 ± 0,28
	7	3,00	44,56 ± 0,00	1,73 ± 0,01	4,55 ± 0,01	4,86 ± 0,01	69,25 ± 0,04
100% JABUKA	1	0,00	43,88 ± 0,02	1,40 ± 0,01	4,41 ± 0,00	4,63 ± 0,00	72,42 ± 0,04
	2	0,50	44,35 ± 0,00	1,25 ± 0,00	4,57 ± 0,01	4,74 ± 0,01	74,65 ± 0,01
	3	1,00	43,99 ± 0,02	1,37 ± 0,01	4,30 ± 0,01	4,51 ± 0,01	72,38 ± 0,11
	4	1,50	44,00 ± 0,04	1,37 ± 0,01	4,46 ± 0,00	4,67 ± 0,01	72,87 ± 0,16
	5	2,00	43,85 ± 0,01	1,34 ± 0,01	4,26 ± 0,00	4,46 ± 0,00	72,58 ± 0,16
	6	2,50	44,11 ± 0,01	1,35 ± 0,00	4,3 ± 0,00	4,51 ± 0,00	72,58 ± 0,0
	7	3,00	44,09 ± 0,01	1,26 ± 0,01	4,29 ± 0,01	4,47 ± 0,01	73,64 ± 0,08

**Tablica 6.** Prikaz vrijednosti kolorimetrijskog mjerenja ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $c^*$  i  $h^*$ ) za nefiltrirane sokove

NEFILTRIRANI UZORCI	Broj uzorka	konc [ml/L]	$L$ srednja vrijednost $\pm$ standardna devijacija	$a$ srednja vrijednost $\pm$ standardna devijacija	$b$ srednja vrijednost $\pm$ standardna devijacija	$c$ srednja vrijednost $\pm$ standardna devijacija	$H$ srednja vrijednost $\pm$ standardna devijacija
100% NARANĀA	1	0,00	45,92 $\pm$ 0,22	4,09 $\pm$ 0,01	7,77 $\pm$ 0,06	8,78 $\pm$ 0,06	62,25 $\pm$ 0,18
	2	0,50	46,74 $\pm$ 0,01	3,85 $\pm$ 0,01	7,70 $\pm$ 0,01	8,61 $\pm$ 0,01	63,44 $\pm$ 0,06
	3	1,00	46,37 $\pm$ 0,49	3,74 $\pm$ 0,02	7,55 $\pm$ 0,15	8,42 $\pm$ 0,14	63,67 $\pm$ 0,30
	4	1,50	40,35 $\pm$ 7,06	3,60 $\pm$ 0,00	7,21 $\pm$ 0,01	8,06 $\pm$ 0,01	63,45 $\pm$ 0,02
	5	2,00	44,07 $\pm$ 0,36	3,35 $\pm$ 0,02	6,75 $\pm$ 0,01	7,53 $\pm$ 0,01	63,60 $\pm$ 0,18
	6	2,50	44,81 $\pm$ 0,16	3,02 $\pm$ 0,01	6,61 $\pm$ 0,03	7,27 $\pm$ 0,02	65,95 $\pm$ 0,57
	7	3,00	44,14 $\pm$ 0,01	3,19 $\pm$ 0,00	7,09 $\pm$ 0,01	7,77 $\pm$ 0,00	65,73 $\pm$ 0,01
75% NARANĀA+ 25% JABUKA	1	0,00	42,26 $\pm$ 0,11	3,46 $\pm$ 0,00	5,65 $\pm$ 0,01	6,63 $\pm$ 0,01	58,52 $\pm$ 0,01
	2	0,50	42,92 $\pm$ 0,01	3,39 $\pm$ 0,00	5,77 $\pm$ 0,01	6,69 $\pm$ 0,01	59,59 $\pm$ 0,06
	3	1,00	41,99 $\pm$ 0,43	3,52 $\pm$ 0,02	6,13 $\pm$ 0,02	7,06 $\pm$ 0,03	60,23 $\pm$ 0,08
	4	1,50	42,74 $\pm$ 0,12	3,45 $\pm$ 0,01	6,18 $\pm$ 0,03	7,08 $\pm$ 0,02	60,89 $\pm$ 0,02
	5	2,00	44,37 $\pm$ 1,53	3,27 $\pm$ 0,02	6,35 $\pm$ 0,28	7,14 $\pm$ 0,25	62,69 $\pm$ 0,83
	6	2,50	45,58 $\pm$ 0,01	2,71 $\pm$ 0,00	6,20 $\pm$ 0,04	6,77 $\pm$ 0,04	66,40 $\pm$ 0,15
	7	3,00	45,49 $\pm$ 0,01	2,83 $\pm$ 0,01	5,72 $\pm$ 0,00	6,60 $\pm$ 0,01	64,66 $\pm$ 0,08
50% NARANĀA + 50% JABUKA	1	0,00	42,23 $\pm$ 0,00	2,39 $\pm$ 0,01	6,07 $\pm$ 0,01	6,53 $\pm$ 0,01	68,55 $\pm$ 0,01
	2	0,50	42,78 $\pm$ 0,92	2,19 $\pm$ 0,11	5,99 $\pm$ 0,42	6,37 $\pm$ 0,42	70,16 $\pm$ 0,76
	3	1,00	46,05 $\pm$ 0,08	2,21 $\pm$ 0,01	6,89 $\pm$ 0,02	7,24 $\pm$ 0,02	72,25 $\pm$ 0,10
	4	1,50	43,59 $\pm$ 0,27	2,21 $\pm$ 0,04	6,32 $\pm$ 0,01	6,69 $\pm$ 0,00	70,56 $\pm$ 0,00
	5	2,00	44,28 $\pm$ 0,23	2,10 $\pm$ 0,00	6,24 $\pm$ 0,04	6,58 $\pm$ 0,04	71,40 $\pm$ 0,07
	6	2,50	44,22 $\pm$ 0,01	2,04 $\pm$ 0,01	6,34 $\pm$ 0,04	6,66 $\pm$ 0,04	72,18 $\pm$ 0,06
	7	3,00	43,19 $\pm$ 0,05	1,83 $\pm$ 0,03	5,67 $\pm$ 0,11	5,96 $\pm$ 0,11	72,11 $\pm$ 0,01
25% NARANĀA + 75% JABUKA	1	0,00	45,69 $\pm$ 0,04	1,18 $\pm$ 0,01	6,09 $\pm$ 0,05	6,2 $\pm$ 0,04	79,08 $\pm$ 0,05
	2	0,50	44,07 $\pm$ 2,46	1,26 $\pm$ 0,19	5,20 $\pm$ 0,37	5,35 $\pm$ 0,31	76,35 $\pm$ 2,86
	3	1,00	41,68 $\pm$ 0,02	1,36 $\pm$ 0,01	5,02 $\pm$ 0,01	5,20 $\pm$ 0,01	74,86 $\pm$ 0,08
	4	1,50	41,46 $\pm$ 0,04	1,37 $\pm$ 0,01	4,95 $\pm$ 0,01	5,13 $\pm$ 0,01	74,65 $\pm$ 0,18
	5	2,00	41,71 $\pm$ 0,06	1,31 $\pm$ 0,02	5,06 $\pm$ 0,05	5,22 $\pm$ 0,04	75,51 $\pm$ 0,31
	6	2,50	41,40 $\pm$ 0,01	1,34 $\pm$ 0,00	4,57 $\pm$ 0,01	4,76 $\pm$ 0,01	73,68 $\pm$ 0,09
	7	3,00	41,64 $\pm$ 0,01	1,37 $\pm$ 0,02	4,78 $\pm$ 0,01	4,97 $\pm$ 0,01	74,05 $\pm$ 0,22
100% JABUKA	1	0,00	41,69 $\pm$ 0,01	1,51 $\pm$ 0,01	4,22 $\pm$ 0,01	4,48 $\pm$ 0,01	70,39 $\pm$ 0,01
	2	0,50	41,32 $\pm$ 0,04	1,53 $\pm$ 0,00	4,13 $\pm$ 0,03	4,40 $\pm$ 0,03	69,68 $\pm$ 0,11
	3	1,00	41,64 $\pm$ 0,07	1,55 $\pm$ 0,03	4,30 $\pm$ 0,06	4,58 $\pm$ 0,06	70,22 $\pm$ 0,07
	4	1,50	41,19 $\pm$ 0,25	1,66 $\pm$ 0,01	4,18 $\pm$ 0,02	4,53 $\pm$ 0,06	68,33 $\pm$ 0,08
	5	2,00	4,20 $\pm$ 0,01	1,56 $\pm$ 0,01	4,29 $\pm$ 0,01	4,57 $\pm$ 0,01	70,02 $\pm$ 0,14
	6	2,50	41,23 $\pm$ 0,91	1,61 $\pm$ 0,04	4,24 $\pm$ 0,05	4,53 $\pm$ 0,06	69,26 $\pm$ 0,18
	7	3,00	41,18 $\pm$ 0,01	1,60 $\pm$ 0,01	4,26 $\pm$ 0,01	4,55 $\pm$ 0,01	69,48 $\pm$ 0,10

Prilikom kolorimetrijske analize korišten je CIELab kolorimetrijski sustav iz kojeg su dobivene brojĉane vrijednosti, a koje opisuju poloŹaj određene boje u navedenom sustavu.  $L^*$  vrijednost opisuje svjetlinu pojedinog piksela te se izraŹava brojĉanim vrijednostima od 0 (crno, potpuno tamno) do 100 (bijelo, potpuno svjetlo). Izmjerene vrijednosti u uzrocima varirale su izmeĹu 46,74 do 40,35 Źto ukazuje na to da se uzorci svrstavaju meĹu tamnije.  $a^*$  vrijednost opisuje poloŹaj uzorka na osi koja se seŹe izmeĹu zelene i crvene boje, a  $b^*$  vrijednost poloŹaj izmeĹu plave i Źute. Ni jedna ni druga os nemaju brojĉano ograniĉenje, veĉ se opisuju oznaĉavanjem negativnog ili pozitivnog predznaka. Źto  $a^*$  vrijednost ima manju vrijednost, odnosno Źto je broj viŹe negativan, boja se kreĉe ka zelenoj, dok u sluĉaju vrijednosti  $b^*$  boja naginje ka plavoj. Kada vrijednosti nemaju negativan predznak,  $a^*$  Će naginjati ka crvenoj, a  $b^*$  ka Źutoj boji.

Za filtrirane sokove  $a^*$  vrijednosti iznose od 5,70 do 1,25 za filtrirane sokove i od 4,09 do 1,18 za nefiltrirane, Źto indicira da se svi uzorci nalaze unutar sive zone na  $a$  - koordinati. Prema oĉitanim  $b^*$  vrijednostima vidljivo je da je Źuta boja i u filtriranim i u nefiltriranim uzorcima prevladavajuĉa.

Pomoĉu  $c^*$  vrijednosti izraŹava se zasiĉenje boje (0 za neutralnu, do 100 za sivu boju i viŹe od 100 za vrlo zasiĉenu boju). U ispitivanim uzorcima izmjerene vrijednosti variraju izmeĹu 7,67

i 4,46 za filtrirane sokove te između 8,78 i 4,40 za nefiltrirane sokove što ukazuje da su uzorci imali gotovo potpuno nezasićenu boju.

$H^*$  vrijednosti iznose između 74,65 i 41,99 za filtrirane sokove dok su kod nefiltriranih sokova te vrijednosti malo niže i iznose između 79,08 i 58,52. Prema navedenoj literaturi, žuta boja opisana je kutom od  $90^\circ$ , a crvena kutom od  $0^\circ$  (HunterLab, 2008) pa je prema tome jasno da se po ovom parametru naši uzorci svrstavaju u raspon od žute do crvene, odnosno u narančastu boju.

### **4.3. UMJETNE NEURONSKE MREŽE**

Uzroci koji su se koristili za ispitivanje električne vodljivosti, TDS-a, pH i boje, također su bili snimani i s NIR instrumentom. Na temelju prvih 10 faktora PCA analize ispitivane su umjetne neuronske mreže kako bi se vidjelo može li se NIR uspješno koristiti za predviđanje vrijednosti promatranih parametara u usporedbi s onima direktno mjerenima (slike 8-13). Odabrano je po pet neuronskih mreža koje su imale najviše koeficijente determinacije za učenje, testiranje i validaciju s najmanjim pogreškama za filtrirane i pet neuronskih mreža za nefiltrirane uzorke (tablica 7).

**Tablica 7.** Karakteristike modela odabranih umjetnih neuronskih mreža (ANN) razvijenih za predviđanje električne vodljivosti, TDS-a, boje, pH i volumnih udjela izmještanosti sokova

STRUKTURA MREŽE	PRECIZNOST UČENJA	POGREŠKA UČENJA	PRECIZNOST TESTIRANJA	POGREŠKA TESTIRANJA	PRECIZNOST VALIDACIJE	POGREŠKA VALIDACIJE	SKRIVENA AKTIVACIJSKA FUNKCIJA	IZLAZNA AKTIVACIJSKA FUNKCIJA
<b>FILTRIRANI SOKOVI – 70:15:15</b>								
10-13-9	0,935	0,044	0,880	0,054	0,909	0,069	Logistic	Tanh
10-5-9	0,916	0,057	0,886	0,050	0,894	0,076	Exponential	Identity
10-4-9	0,935	0,044	0,884	0,052	0,900	0,072	Tanh	Identity
<b>10-6-9</b>	<b>0,956</b>	<b>0,032</b>	<b>0,927</b>	<b>0,036</b>	<b>0,919</b>	<b>0,061</b>	<b>Tanh</b>	<b>Logistic</b>
10-8-9	0,953	0,033	0,911	0,042	0,918	0,062	Logistic	Exponential
<b>NEFILTRIRANI SOKOVI – 70:15:15</b>								
10-13-9	0,940	0,043	0,897	0,074	0,888	0,078	Logistic	Exponential
10-5-9	0,929	0,050	0,897	0,079	0,891	0,086	Tanh	Logistic
10-9-9	0,920	0,058	0,892	0,080	0,887	0,084	Exponential	Logistic
<b>10-9-9</b>	<b>0,952</b>	<b>0,035</b>	<b>0,907</b>	<b>0,068</b>	<b>0,906</b>	<b>0,072</b>	<b>Logistic</b>	<b>Exponential</b>
10-13-9	0,935	0,047	0,906	0,076	0,873	0,081	Tanh	Exponential

Podaci su bili raspodijeljeni na učenje, testiranje i validaciju prema omjeru 70:15:15 koji se pokazao kao najbolji između 4 isprobana (60:20:20, 50:30:20, 70:20:10 i 70:15:15). Broj neurona u skrivenom sloju bio je postavljen na raspon od 4 do 13.  $R^2$  vrijednosti kod filtriranih sokova za učenje, testiranje i validaciju iznosile su između 0,880 do 0,956 što ove modele svrstava u precizne modele. Kod nefiltriranih sokova situacija je slična;  $R^2$  vrijednosti iznosile su između 0,873 do 0,952. Pogreške su u svim slučajevima bile poprilično male i varirale su od 0,032 do 0,076 kod filtriranih te od 0,035 do 0,086 kod nefiltriranih sokova. Najbolja neuronska mreža je izabrana na osnovu  $R^2$  vrijednosti i najmanje pogreške. Za filtrirane sokove odabrana je neuronska mreža 10-6-9 sa šest neurona u skrivenom sloju koja ima najviše  $R^2$  vrijednosti za učenje, trening i validaciju te najmanju pogrešku za iste. Za nefiltrirane sokove odabrana je neuronska mreža 10-9-9 s devet neurona u skrivenom sloju koja je za učenje, trening i validaciju imala najviše  $R^2$  vrijednosti od svih pet odabranih. Ove dvije odabrane mreže korištene su za daljnje analize predviđanja električne vodljivosti, TDS-a, boje, pH i volumnih udjela izmještanosti sokova (tablica 8).



**Tablica 8.** Rezultati predviđanja električne vodljivosti, TDS-a , boje, pH i volumnih udjela izmješnanosti sokova na temelju odabranih ANN modela iz tablice 7

	VARIJABLA	PRECIZNOST UČENJA	PRECIZNOST TESTIRANJA	PRECIZNOST VALIDACIJE
<b>FILTRIRANI</b>	<b>El. vodljivost</b>	0,986	0,984	0,979
	<b>TDS</b>	0,986	0,984	0,979
	<b><i>L</i>*</b>	0,909	0,884	0,837
	<b><i>a</i>*</b>	0,982	0,982	0,977
	<b><i>b</i>*</b>	0,953	0,884	0,881
	<b><i>c</i>*</b>	0,992	0,990	0,980
	<b><i>H</i>*</b>	0,971	0,968	0,975
	<b>pH</b>	0,869	0,707	0,703
	<b>Volumni udio</b>	0,959	0,958	0,964
<b>NEFILTRIRANI</b>	<b>El. vodljivost</b>	0,968	0,855	0,962
	<b>TDS</b>	0,968	0,958	0,963
	<b><i>L</i>*</b>	0,814	0,722	0,623
	<b><i>a</i>*</b>	0,983	0,966	0,973
	<b><i>b</i>*</b>	0,955	0,894	0,967
	<b><i>c</i>*</b>	0,969	0,933	0,983
	<b><i>H</i>*</b>	0,954	0,814	0,757
	<b>pH</b>	0,980	0,952	0,954
	<b>Volumni udio</b>	0,979	0,972	0,973

Iz prikazane tablice vidljivo je da su koeficijenti determinacije najveći u slučajevima izmjerenih vrijednosti TDS-a, električne vodljivosti te  $c^*$  u uzrocima filtriranih sokova. Za električnu vodljivost i TDS su iznosili 0,986 za učenje, 0,984 za testiranje i 0,979 za validaciju, a za  $c^*$  0,992 za učenje, 0,990 za testiranje i 0,980 za validaciju. Kod nefiltriranih sokova vrijednosti koeficijenta determinacije najveći je za volumni udio (0,979 za učenje, 0,972 za testiranje i 0,973 za validaciju). Koeficijenti determinacije također su bili visoki i za filtrirane sokove (0,959 za učenje, 0,958 za testiranje i 0,964 za validaciju). Vrijednosti  $R^2$  neuronskih mreža za električnu vodljivost vrlo su slične onima za TDS u obje vrste sokova.

Do značajnijeg pada koeficijenta determinacije dolazi kod izmjerenih vrijednosti za pH u filtriranim sokovima gdje je  $R^2$  za učenje iznosio 0,869, za testiranje 0,707 te za validaciju 0,703. Kod nefiltriranih sokova pad koeficijenta determinacije uočen je kod izmjerenih

vrijednosti boje, odnosno  $L^*$  gdje je  $R^2$  za učenje iznosio 0,814, za testiranje 0,722 te za validaciju 0,623. I ostali koeficijenti determinacije za parametre dobivene kolorimetrijskom analizom generalno su bili niži kod nefiltriranih nego kod filtriranih sokova osim u slučaju  $R^2$  za parametar  $b^*$  koji je iznosio 0,953 za učenje, 0,884 za test i 0,881 za validaciju kod filtriranih, a 0,955 za učenje, 0,894 za testiranje i 0,967 za validaciju kod filtriranih sokova.

Koeficijenti determinacije za pH viši su u slučaju nefiltriranog soka (0,980 za učenje, 0,952 za testiranje i 0,954 za validaciju) nego u slučaju filtriranog soka (0,869 za učenje, 0,707 za testiranje i 0,703 za validaciju). Uspoređujući koeficijente determinacije za TDS veći su oni izmjereni za filtrirane sokove (0,986 za učenje, 0,984 za testiranje i 0,979 za validaciju) od onih za nefiltrirane (0,968 za učenje, 0,958 za testiranje i 0,962 za validaciju), međutim ta razlika nije prevelika.

Uspoređujući koeficijente determinacije dobivene primjenom ANN modela i onih dobivenih direktnim mjerenjem (slike 8-13) možemo zaključiti da se pomoću NIR spektroskopije primjenom neuronskih mreža vrlo precizno mogu odrediti određena svojstva poput električne vodljivosti, TDS-a te volumnog udjela izmiješanih sokova s dodatkom ekstrakta konoplje.

Kako bi se vidjelo može li se s NIR spektroskopijom odrediti udio ekstrakta konoplje u ispitivanim uzorcima korištene su odabrane neuronske mreže iz tablice 7.

**Tablica 9.** Rezultati predviđanja koncentracije konoplje u izmješanosti sokova na temelju odabranog ANN modela iz tablice 7

	Izmiješanost sokova	Preciznost učenja	Preciznost testiranja	Preciznost validacije
<b>FILTRIRANI</b>	100% NARANČA	0,998	0,991	0,991
	75 % NARANČA + 25 % JABUKA	0,998	0,996	0,995
	50 % NARANČA + 50 % JABUKA	0,995	0,987	0,987
	25 % NARANČA + 75 % JABUKA	0,988	0,974	0,917
	100 % JABUKA	0,997	0,996	0,996
<b>NEFILTRIRANI</b>	100% NARANČA	0,984	0,989	0,988
	75 % NARANČA + 25 % JABUKA	0,996	0,911	0,843
	50 % NARANČA + 50 % JABUKA	0,998	0,999	0,966
	25 % NARANČA + 75 % JABUKA	0,936	0,929	0,929
	100 % JABUKA	0,987	0,972	0,965

Tablica 9 prikazuje rezultate predviđanja količine dodanog ekstrakta konoplje u filtriranim i nefiltriranim sokovima različite izmiješanosti i to 0 mL ekstrakta u 10 mL soka; 0,5 mL ekstrakta u 9,5 mL soka; 1 mL ekstrakta u 9 mL soka; 1,5 mL ekstrakta u 8,5 mL soka; 2 mL ekstrakta u 8 mL soka; 2,5 mL ekstrakta u 7,5 mL soka te 3 mL ekstrakta u 7 mL soka . Vidljivo je da su svi koeficijenti determinacije vrlo visoki kako za učenje i testiranje tako i za validaciju i svi su u rasponu od 0,843 – 0,998. Visoki koeficijenti determinacije dokaz su da se pomoću NIR spektroskopije može vrlo točno odrediti koncentracija proteina konoplje u filtriranim i nefiltriranim sokovima bilo koje izmiješanosti. Ovakvi rezultati potvrđeni su od strane drugih autora koji su u svojim istraživanjima koristili NIR spektroskopiju i ANN za predviđanje funkcionalnih, reoloških, fizikalnih, kemijskih i osjetilnih svojstava različitih prehrambenih proizvoda (Huang i sur., 2007).

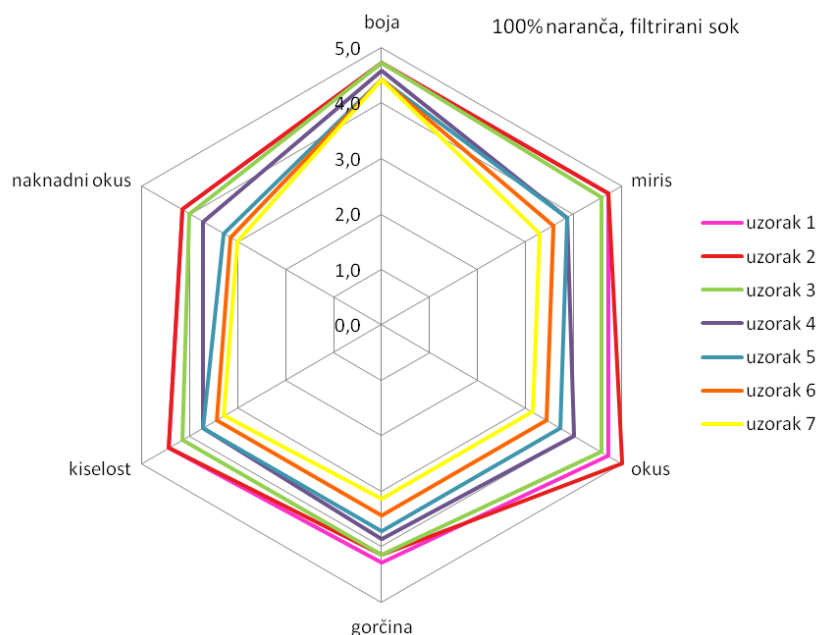
#### 4.4. SENZORSKA ANALIZA

Na uzorku od 7 ispitanika proučena je prihvaćenost određenog uzroka uzimajući u obzir boju, miris, okus, gorčinu, kiselost i naknadni okus. Ispitivani su uzorci različite izmiješanosti filtriranih i nefiltriranih sokova jabuke i naranče u koje su dodavane različite količine ekstrakta konoplje (tablica 10). Za ocjenjivanje je korištena hedonistička skala u kojoj je pojedinoj razini prihvaćanja pripisana brojana vrijednost od 1 do 5 odnosno vrlo poželjno (5); poželjno (4); neutralno (3); nepoželjno (2) i vrlo nepoželjno (1).

**Tablica 10.** Prikaz volumena ekstrakta industrijske konoplje u pripremljenim uzorcima soka

Broj uzorka	V(sok) / [mL]	V(ekstrakt) / [mL]
1	10,0	0,0
2	9,5	0,5
3	9,0	1,0
4	8,5	1,5
5	8,0	2,0
6	7,5	2,5
7	7,0	3,0

Na slikama 14-25 grafički su prikazani rezultati senzorske analize šest različitih svojstava pojedinih uzoraka.

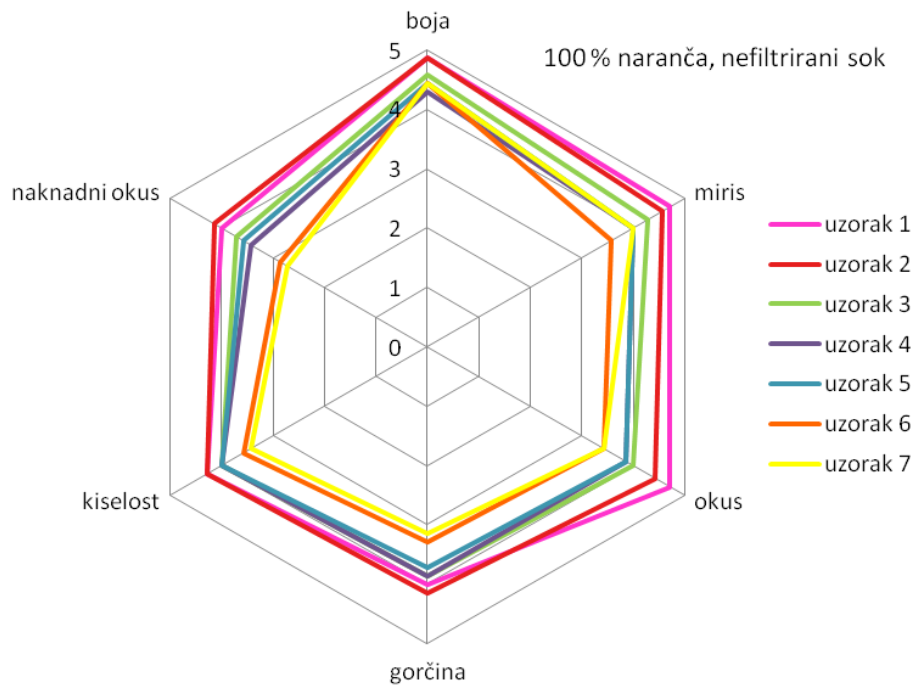


**Slika 14.** Grafički prikaz rezultata senzorske analize 100 %-tnog filtriranog soka od naranče

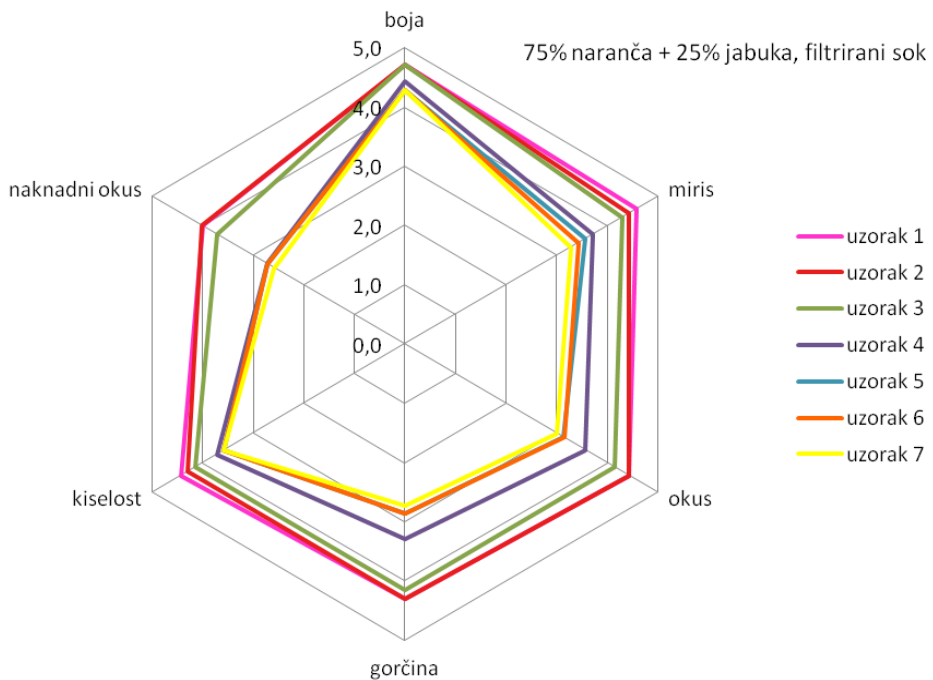
U 100 %-tnom filtriranom narančinom soku najbolje su ocijenjeni uzorci broj 2 i broj 1. Uzorak broj 2 se od uzorka broj 1 razlikovao jedino u parametru okus u kojem je jedino imao višu ocjenu i to 5,0 (slika 14). Uzorci 3 – 7 imali su nižu ukupnu ocjenu od prva dva. Najslabije ocijenjeni parametri uzorka broj 2 su gorčina i naknadni okus (4,14). Najlošije je bio ocijenjen uzorak broj 7 koji je najslabiju ocjenu dobio upravo za naknadni okus (3,0), a najveću za boju (4,43).

Kod 100 %-tnog nefiltriranog soka od naranče uzorak broj 1 najbolje je ocijenjen (slika 15) i to ocjenom 4,43. Ta ocjena je niža od onih prva dva najbolje ocijenjena uzorka 100%-tnog filtriranog soka. U uzorku broj 1 najslabije ocijenjeni parametri bili su, ponovno, naknadni okus i gorčina koji su u ovom slučaju imali nešto nižu ocjenu (4,0). Najslabije ocijenjeni uzorci bili su uzorak 6 i uzorak 7 koji su najslabiju ocjenu dobili za gorčinu (3,29) odnosno (3,14), a najbolju za boju (4,43).

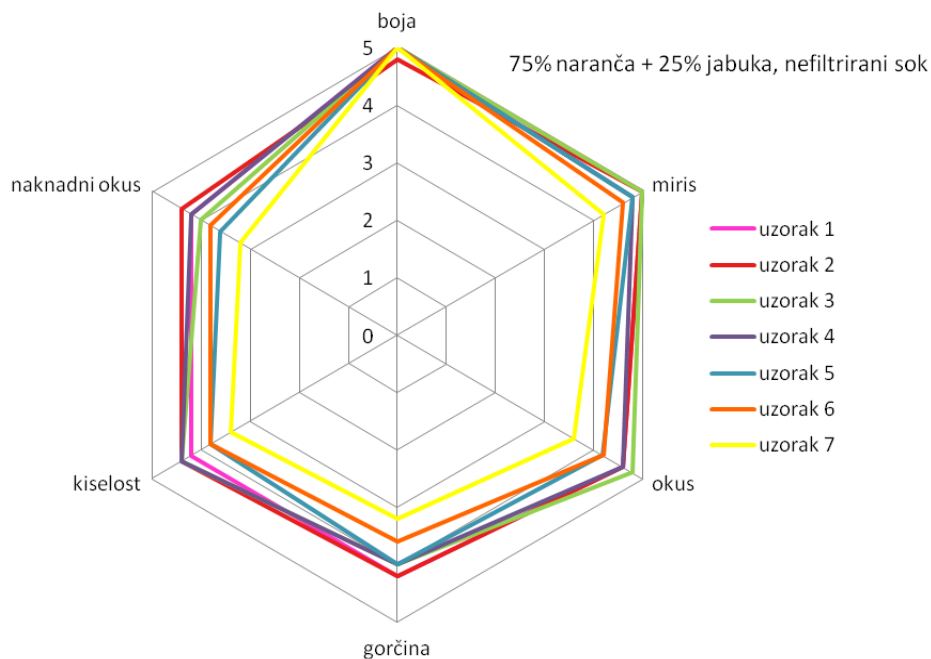
Iz grafičkih prikaza možemo primijetiti da su uzorci filtriranih i nefiltriranih uzoraka vrlo slično ocijenjeni, nefiltrirani neznatno bolje.



**Slika 15.** Grafički prikaz rezultata senzorske analize 100 %-tnog nefiltriranog soka od naranče



**Slika 16.** Grafički prikaz rezultata senzorske analize uzorka pripremljenog od 75 % filtriranog narančinog soka i 25 % filtriranog soka od jabuke

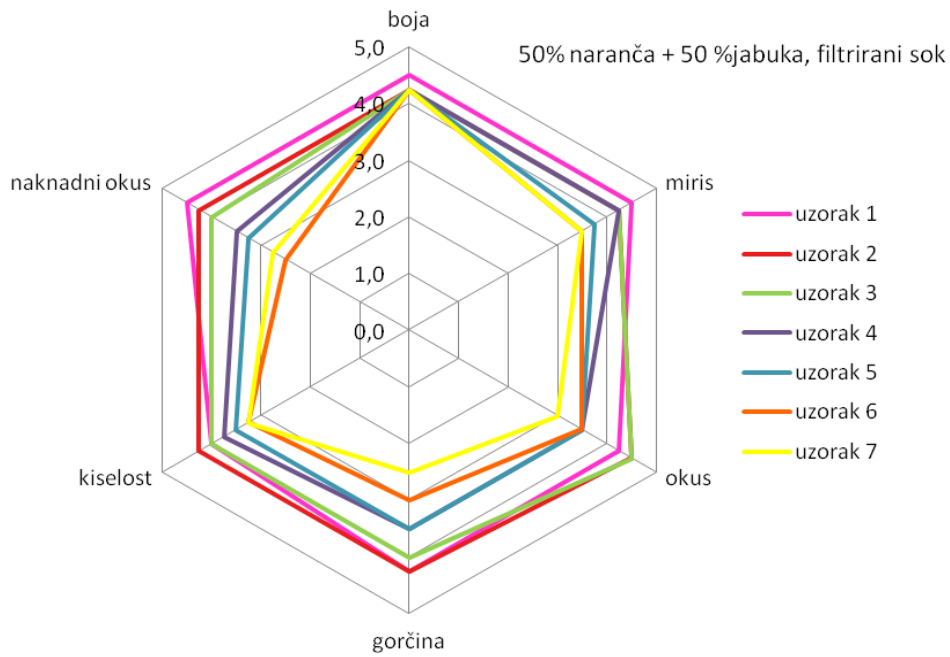


**Slika 17.** Grafički prikaz rezultata senzorske analize uzorka pripremljenog od 75 % nefiltriranog narančinog soka i 25 % nefiltriranog soka od jabuke

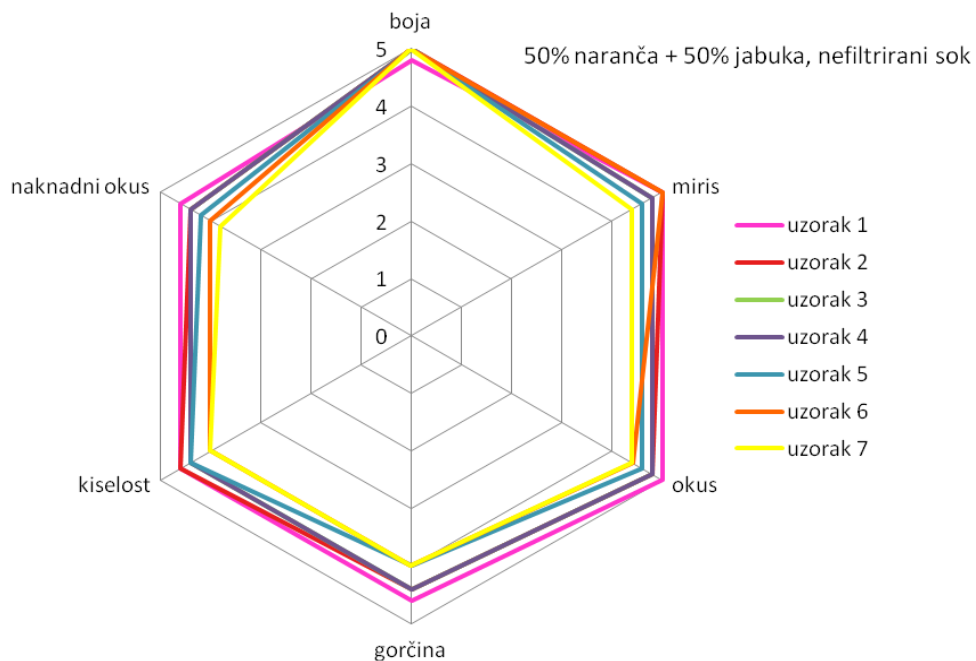
U uzorku filtriranog soka u kojemu je omjer sokova naranča:jabuka iznosio 3:1 (slika 16) najbolje je ocijenjen uzorak broj 1. Odnosno, ocjene uzorka se kreću od najveće prema najmanjoj kako se od uzorka broj 1 do uzorka broj 7. U najbolje ocijenjenom uzorku, kao najbolji parametar izabrana je boja (4,71), a naknadni okus izabran je kao najlošiji parametar (4,0). Najlošije ocjene pripale su uzorku broj 7 u kojemu je kao najlošiji parametar izabran naknadni okus (2,1), a kao najbolji gorčina (3,0).

U uzorcima nefiltriranog soka u kojima je omjer sokova naranča:jabuka također bio 3:1 (slika 17), najbolje ocijenjen uzorak bio je uzorak broj 1. Boja je ponovno ocijenjena kao najbolji parametar (4,9) dok su okus, gorčina i naknadni okus i ovoga puta imali najnižu ocjenu (4,1). Najlošije ocijenjen uzorak je bio uzorak broj 7 u kojem je najbolje ocijenjena boja (4,29), a najslabije naknadni okus (2,57).

U slučajevima u kojima je omjer sokova naranča:jabuka iznosio 3:1 nefiltrirani sokovi bili su bolje ocijenjeni od filtriranih.



**Slika 18.** Grafički prikaz rezultata senzorske analize uzorka pripremljenog od 50 % filtriranog narančinog soka i 50 % filtriranog soka od jabuke

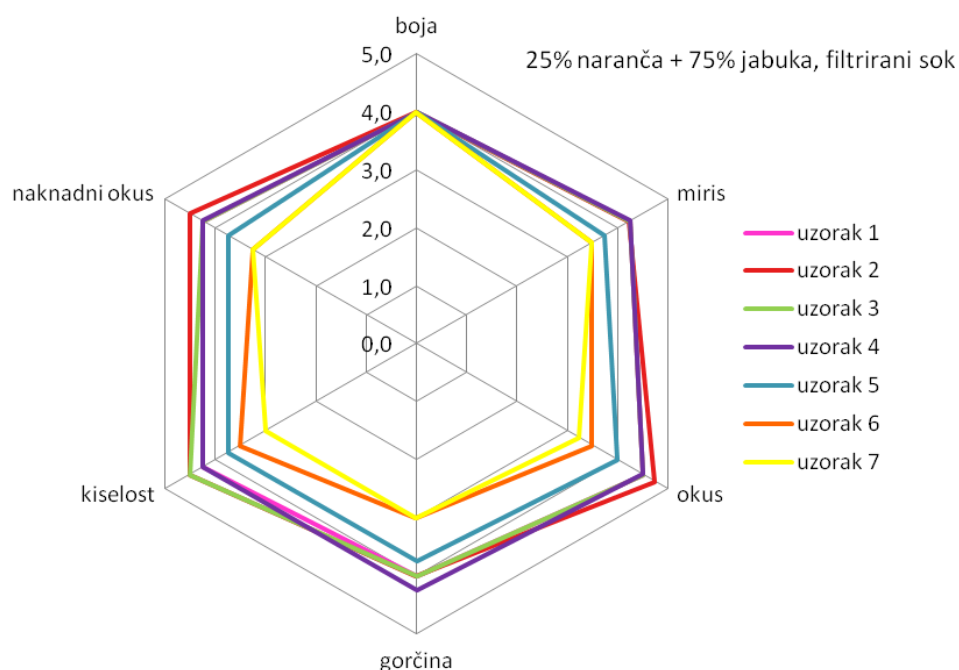


**Slika 19.** Grafički prikaz rezultata senzorske analize uzorka pripremljenog od 50 % nefiltriranog narančinog soka i 50 % nefiltriranog soka od jabuke

U uzorcima filtriranog soka u kojima je omjer narančinog soka i soka od jabuke 1:1 (slika 18), ponovno je kao najbolji uzorak izabran uzorak broj 1. Najbolje ocijenjeni parametri su boja, miris i naknadni okus (4,5), a kiselost najlošije ocijenjeni parametar (4,0). Najlošije ocijenjen uzorak bio je uzorak broj 7, a najgore ocijenjeni parametar bio je gorčina (2,5) dok je najbolji boja (4,5).

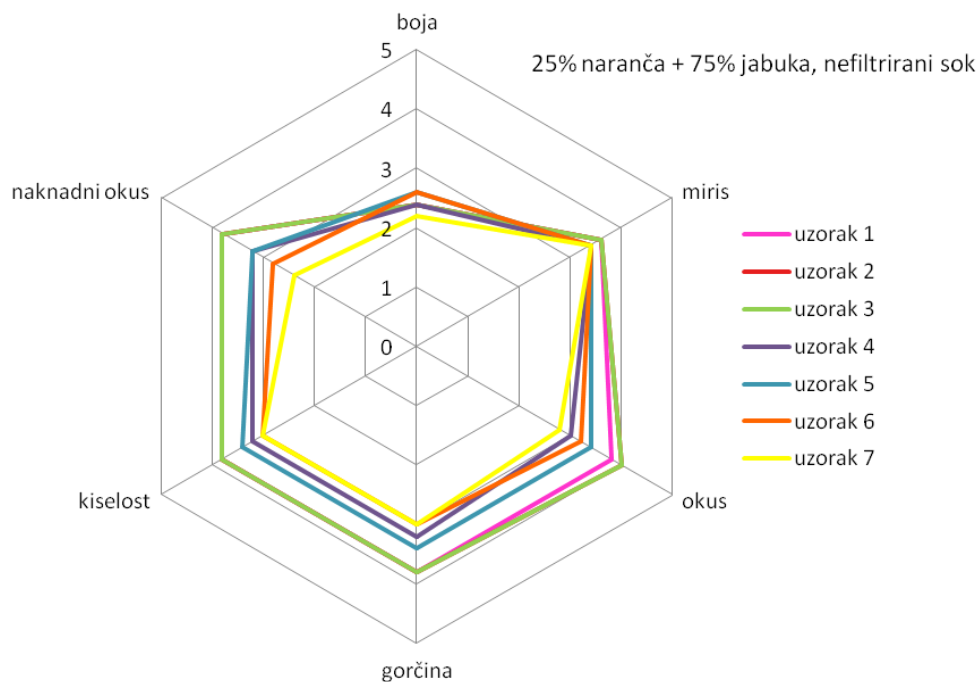
U uzorcima nefiltriranih sokova podjednakih omjera (slika 19), uzorak broj 1 izabran je kao najbolji. Najbolje ocijenjeni parametri su okus i miris (5,0), dok su najslabije ocijenjeni bili parametri kiselosti, gorčine i naknadnog okusa (4,6). Najlošije ocijenjen uzorak bio je ponovno uzorak broj 7 gdje je najbolje ocijenjena boja (5,0), a najslabije je ocijenjen naknadni okus (3,8).

U slučaju uzoraka podjednakih omjera sokova jabuke i naranče, nefiltrirani sokovi pokazali su znatno više ocjene.



**Slika 20.** Grafički prikaz rezultata senzorske analize uzorka pripremljenog od 25 % filtriranog narančinog soka i 75 % filtriranog soka od jabuke



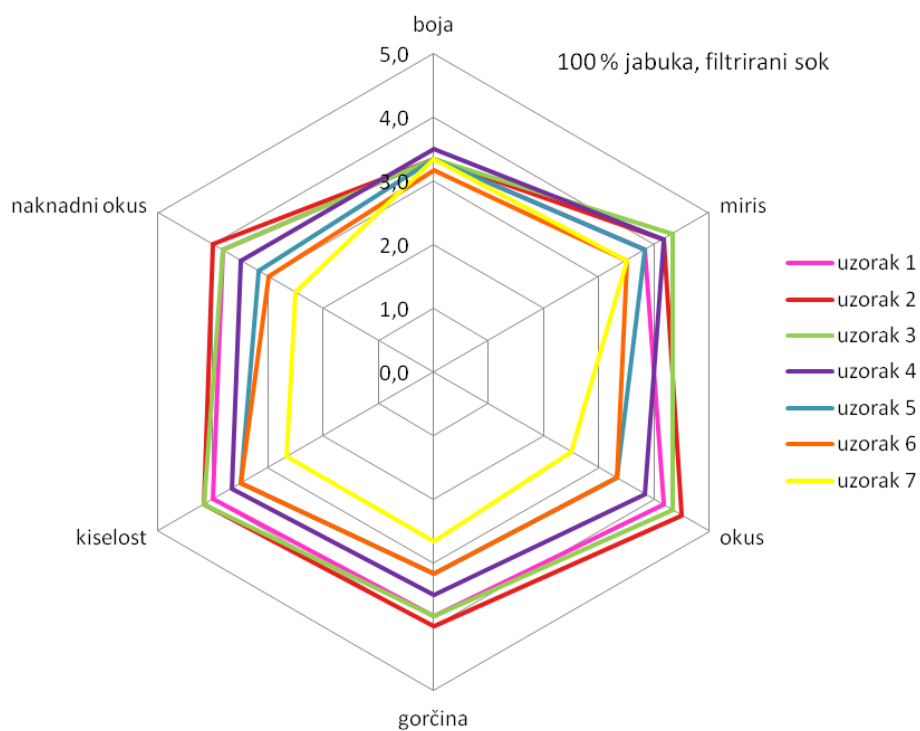


**Slika 21.** Grafički prikaz rezultata senzorske analize uzorka pripremljenog od 25 % nefiltriranog narančinog soka i 75 % nefiltriranog soka od jabuke

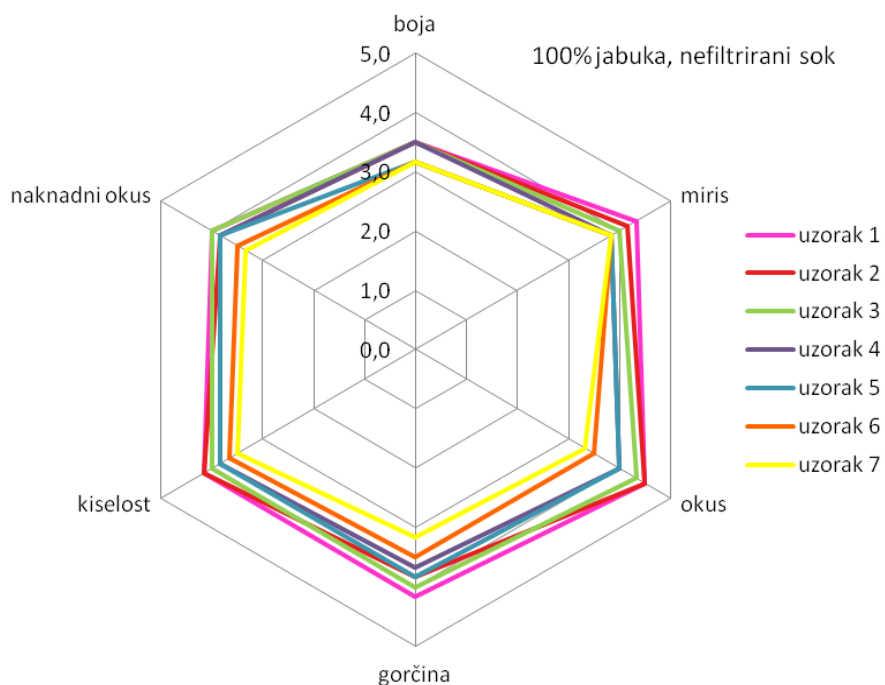
Na slikama 20 i 21 grafički su prikazani rezultati senzorske analize filtriranih i nefiltriranih sokova u kojima je omjer soka od naranče naprema soku od jabuke iznosio 1:3. Kod uzoraka filtriranog soka trend se prekida (slika 20) te uzorak broj 1 nije ponovno ocijenjen kao najbolji. Najbolje ocijenjeni uzorak je uzorak broj 2. Parametar okusa je ocijenjen najvišom ocjenom (4,75), dok su najslabiju ocjenu dobili gorčina i boja (4,0). Za razliku od najbolje ocijenjenog uzorka, slučaj najgore ocijenjenog uzorka slijedi trend uzorka broj 7 koji je i ovaj put dobio najmanju ukupno ocjenu. Parametri koji su izabrani kao najgori su gorčina i kiselost (3,0), a najbolji boja (4).

Uzorci broja 1 i 2 najbolje su ocijenjeni u slučaju nefiltriranog soka. Oni također dijele jednake ocjene za sve parametre, a najbolje su ocijenjeni naknadni okus, gorčina i kiselost (3,8), dok je parametru boja dodijeljena najgora ocjena (2,4) (slika 21). U najlošije ocijenjenom uzorku, uzorku broj 7, najbolje ocijenjen parametar bila je miris (3,4), a najlošije boja (2,2).

Kod uzoraka u kojima je omjer sokova naranča:jabuka iznosio 1:3, bolje su bili ocijenjeni filtrirani uzorci sokova.



**Slika 22.** Grafički prikaz rezultata senzorske analize 100 %-tnog filtriranog soka od jabuke



**Slika 23.** Grafički prikaz rezultata senzorske analize 100 %-tnog nefiltriranog soka od jabuke

Posljednja dva grafička prikaza odnose se na rezultate senzorske analize uzoraka filtriranog (slika 22) i nefiltriranog 100 %-tnog soka od jabuke (slika 23). Uzorak broj 2 ocijenjen je kao najbolji, a za najbolji parametar izabran je okus (4,5). Najlošije ocijenjen uzorak je ponovno uzorak broj 7, s najgore ocijenjenim parametrima okus i naknadni okus (2,5), a najbolje ocijenjenim parametrom mirisom (3,5)

Kod uzoraka 100 %-tnog nefiltriranog soka od jabuke uzorak broj 1 dobio je najveću ukupnu ocjenu, a u ovom slučaju najbolji parametar je bio okus (4,5), dok je na zadnjem mjestu, s najnižom ocjenom, parametar boja (3,5). Ponovno, na posljednjem mjestu je uzorak broj 7 u kojemu je najbolje ocijenjen parametar bila miris (3,8), a najlošije ocjene dobili su parametri gorčina i boja (3,17). Nefiltrirani sokovi bolje su ocijenjeni od filtriranih.

Ukupna prihvatljivost filtriranih uzorka prikazana je u tablici 11, a nefiltriranih u tablici 12.

**Tablica 11.** Srednja ocjena pojedinog uzorka u uzorcima filtriranih sokova

	UZORAK 1	UZORAK 2	UZORAK 3	UZORAK 4	UZORAK 5	UZORAK 6	UZORAK 7
100 % N	4,50 ± 0,25	4,52 ± 0,35	4,36 ± 0,30	3,95 ± 0,32	3,79 ± 0,37	3,57 ± 0,44	3,38 ± 0,52
75 % N + 25 % J	4,40 ± 0,25	4,36 ± 0,23	4,19 ± 0,32	3,57 ± 0,56	3,36 ± 0,58	3,33 ± 0,57	3,24 ± 0,63
50 % N + 50 % J	4,33 ± 0,20	4,29 ± 0,10	4,17 ± 0,20	3,79 ± 0,37	3,63 ± 0,34	3,33 ± 0,58	3,21 ± 0,62
25 % N + 75 % J	4,21 ± 0,19	4,33 ± 0,30	4,25 ± 0,22	4,25 ± 0,16	3,83 ± 0,13	3,46 ± 0,33	3,33 ± 0,38
100 % J	3,83 ± 0,28	4,03 ± 0,39	3,97 ± 0,39	3,69 ± 0,27	3,39 ± 0,25	3,28 ± 0,20	2,86 ± 0,44

**Tablica 12.** Srednja ocjena pojedinog uzorka u uzorcima nefiltriranih sokova

	UZORAK 1	UZORAK 2	UZORAK 3	UZORAK 4	UZORAK 5	UZORAK 6	UZORAK 7
100 % N	4,43 ± 0,38	4,40 ± 0,28	4,07 ± 0,31	3,90 ± 0,28	3,93 ± 0,30	3,52 ± 0,52	3,52 ± 0,61
75 % N + 25 % J	4,53 ± 0,39	4,57 ± 0,29	4,53 ± 0,47	4,50 ± 0,37	4,23 ± 0,56	4,17 ± 0,54	3,77 ± 0,71
50 % N + 50 % J	4,77 ± 0,20	4,70 ± 0,28	4,63 ± 0,27	4,63 ± 0,27	4,47 ± 0,35	4,40 ± 0,49	4,27 ± 0,43
25 % N + 75 % J	3,53 ± 0,56	3,57 ± 0,59	3,57 ± 0,59	3,07 ± 0,35	3,23 ± 0,32	3,00 ± 0,28	2,80 ± 0,44
100 % J	4,11 ± 0,34	4,00 ± 0,35	3,97 ± 0,27	3,78 ± 0,17	3,75 ± 0,29	3,53 ± 0,22	3,39 ± 0,25

Iz prethodnih slika i tablica mogu se donijeti zaključci da su, ukupno gledano, nefiltrirani sokovi bili ponešto bolje prihvaćeni od filtriranih. Također, vidljivo je da u većini slučajeva povećanjem količine dodanog ekstrakta konoplje prihvaćenost uzoraka sve više pada. Kada se proučavaju razine izmiješanosti, većinski su najbolje ocjenjivani uzorci u koje nije dodan ekstrakt konoplje. Najslabije prihvaćeni uzorci su u svakom slučaju bili oni u koje je dodana najveća količina ekstrakta (3 mL). Izuzetci u kojima najbolju ocjenu nisu dobili uzorci bez dodanog ekstrakta su kod filtriranih sokova, u slučaju 100%-tnog soka od naranče u koji je dodano 0,5 mL ekstrakta. Također, filtrirani sok u kojem je omjer soka od naranče naprema soku od jabuke 1:3, bolje su ocijenjeni uzorci u koje su dodani ekstrakti u količini od 0,5 mL, 1 mL i 1,5 mL. Nadalje, uzorak 100%-tnog soka jabuke bolje je ocijenjen u slučaju dodatka ekstrakta konoplje u količini od 0,5 mL i 1 mL. Što se tiče nefiltriranih sokova, uzorak gdje je

omjer izmiješanosti sokova naranča:jabuka 3:1, uzorak 2 u koji je dodan ekstrakt konoplje u količini od 0,5 mL bolje je ocijenjen. Uzorak razine izmiješanosti 25% narančinog soka te 75% jabučnog soka bio je bolje ocijenjen dodatkom ekstrakta konoplje u količini od 0,5 mL te 1 mL. Ovakvi rezultati pokazuju kako bi prirodno cijeđeni sokovi određene izmiješanosti mogli beneficirati dodavanjem ekstrakta konoplje i to ne samo zbog ljekovitih svojstava konoplje, već i zbog senzorskih svojstava samog soka. Naravno, vrlo je bitno odrediti o kojim sokovima se radi, o kojoj razini njihovih izmiješanosti te o količini dodanog ekstrakta.

## 5. ZAKLJUČAK

1. Mjerenjem vodljivosti i TDS-a moguće je pratiti različite izmiješanosti sokova, a isto tako i količinu dodanog ekstrakta konoplje.
2. Pokazano je da se NIR spektroskopijom i korištenjem umjetnih neuronskih mreža također mogu pratiti izmiješanosti sokova, a isto tako i količina dodanog ekstrakta konoplje.
3. U uzrocima 100 %-tnih sokova naranče, kod ispitanika su najbolje bili prihvaćeni filtrirani sokovi s dodatkom 5% ekstrakta konoplje.
4. U uzorcima u kojima je izmiješanost sokova naranča:jabuka bila 75:25, najbolje su bili prihvaćeni nefiltrirani sokovi s dodatkom 5% ekstrakta konoplje.
6. U uzorcima u kojima su udjeli sokova naranče i jabuke bili podjednaki (50:50), najbolje su prihvaćeni bili uzorci nefiltriranih sokova u koje nije dodavan ekstrakt konoplje.
7. U uzorcima u kojima je izmiješanost sokova naranča:jabuka bila 25:75, još jednom su najbolje prihvaćeni uzorci bili oni filtriranog soka u koje je dodano 5% ekstrakta konoplje.
8. U uzorcima nefiltriranog 100 %-tnog soka jabuke, najbolje je prihvaćen uzorak u koji nije dodan ekstrakt konoplje, a u slučaju nefiltriranog soka najbolje prihvaćen je bio onaj u koji je dodano 5% ekstrakta konoplje.
9. Na temelju cjelokupne senzorske analize, neznatno bolju ukupnu ocjenu imali su nefiltrirani sokovi.
10. Za 100%-tne filtrirane sokove od naranče i od jabuke; filtrirane i nefiltrirane sokove u kojima je omjer izmiješanosti sokova naranča:jabuka 1:3 te nefiltrirane sokove u kojima je omjer izmiješanosti sokova naranča:jabuka 3:1 pokazuje se prilika za obogaćivanje ekstraktom konoplje koje bi dovelo ne samo do poboljšanja nutritivnih svojstava, već i do poboljšanja senzorskih svojstava kao što su okus, miris i boja.

## 6. LITERATURA

Agustí, M., Mesejo, C., Reig, C., Martínez-Fuentes, A. (2014) Citrus Production. U: Horticulture: Plants for People and Places (Dixon, G. R. , Aldous, D. E., ured.), Springer Science+Business Media, Dordrecht, str.159–195.

Alishahi, A., Farahmand, H., Prieto, N., Cozzolino, D. (2010) Identification of transgenic foods using NIR spectroscopy: a review. *Spectrochim. Acta A*, **75**, 1–7.

Amiali, M., Ngadi, M. O., Raghavan, V. G. S., Nguyen, D. H. (2006) Electrical Conductivities of Liquid Egg Products and Fruit Juices Exposed to High Pulsed Electric Fields. *Int. J. Food Prop.* **9-3**, 533-540.

Andre, C. M., Hausman, J.-F., Guerriero, G. (2016) Cannabis sativa: the plant of the thousand and one molecules. *Fron. Plant. Sci.* **7**, 1-17.

Andrés-Bello, A., Barreto-Palacios, V., García-Segovia, P., Mir-Bel, J., Martínez-Monzó, J. (2013) Effect of pH on color and texture of food products. *Food Eng. Rev.* **5**, 158-170.

Anonymous 1, Slika stabla jabuke s plodovima, <<https://www.plantea.com.hr/jabuka/>>. Pristupljeno 14. lipnja 2019.

Anonymous 2 (2019) Slika plod jabuke „Granny Smith“, <<https://www.flickr.com/photos/applesnpearsau/12197227533/in/photolist-jzPYNr-6pZyTR-7fhrN-76EVZg-fgK4Dc-rNvUBq-3pF8LY-52FFv4-9UxKr-7ZYaot-4Qw5Bw-qFb77K-25fxTRB-7fyVan-4J9uVS-8a1kWc-3kcUcL-pHeJqF-6UhdZa-gt5CcK-ev9Rts-6hyGjs-8abjGj-5Ve9qu-8ZzLqy-8esnL1-dnSjfK-7x8xpa-at8JTH-8k6ZAB-5XwWqn-6QidfG-5qZ2dT-4a6gJD-5hMTM1-ayifU7-SxzNg6-4buPxx-8QRp7Y-7p97ur-7kV9N6-4bEi6u-4G1ttM-9mt6Bn-6BjgY9-9wnNPi-fmig8f-dd2adk-92nE1e-5cEfi3>>. Pristupljeno 20. lipnja 2019.

Anonymous 3 (2019) Slika stabla naranče s plodovima, <<https://vrtnicentariva.hr/proizvod/naranja-washington-navel/>> Pristupljeno 25. lipnja 2019.

Anonymous 4 (2019) Slika ploda naranče sorte Navel, < <https://www.naturehills.com/orange-washington-navel>> . Pristupljeno 30. lipnja 2019.

Anonymous 5 (2019) Slika biljke konoplje (*Cannabis sativa* L.), <[https://www.eurekalert.org/pub\\_releases/2016-10/asoa-gih101816.php](https://www.eurekalert.org/pub_releases/2016-10/asoa-gih101816.php)>. Pristupljeno 5. srpnja 2019.

- Anonymous 6 (2019) Prikaz podvrsti *Cannabis sativa* L. <<https://www.substancemarket.com/marijuana-type/>>. Pristupljeno 5. srpnja 2019.
- Anonymous 7, (2007) Precise color communication: Color control from perception to instrumentation. Konica Minolta Sensing, Inc.
- Appendino, G., Gibbons, S., Giana, A., Pagani, A., Grassi, G., and Stavri, M. (2008) Antibacterial cannabinoids from *Cannabis sativa*: a structure-activity study. *J. Nat. Prod.* **71**, 1427–1430.
- Aprikian, O., Levrat-Verny, M., Besson, C, Busserolles, J., Remesy, C., Demigne, C. (2001) Apple favourably affects parameters of cholesterol metabolism and of anti-oxidative protection in cholesterol fed rats. *Food Chem.* **75**, 445-452.
- Araujo, P. E. (1977) Role of citrus fruit in Human Nutrition. U'Citrus science and technology.(Nagy, S.,Shaw, P. E., Veldhuis, M. K. ured.) AVI Publ. Co. Inc., WestPort, CT, str. 1–32.
- Biggs, M., McVicar, J., Flowerdew, B. (2005) Enciklopedija voća, povrća i začinskog bilja (prevela Travašić, K.) Naklada Ulkis, Rijeka, str. 394-485.
- Boyer, J., Liu, R. (2004) Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutr. J.* **3**, 5.
- Burstein, S. (2015) Cannabidiol (CBD) and its analogs: a review of their effects on inflammation. *Bioorgan. Med. Chem.* **23**, 1377–1385.
- Cayuela Sánchez, J. A. (2012) Using NIR spectroscopy to predict postharvest quality. *CAB Reviewers.* **7**, 1-14.
- CIE (2019) About the CIE. <<http://www.cie.co.at/about-cie>> Pristupljeno 2. kolovoza 2019.
- Cornille, A., Giraud, T., Smulders, M. J. M., Roldán-Ruiz, I., Ladieux, P. (2014) The domestication and evolutionary ecology of apples. *Trends Genet.*, **30(2)**, 57–65.
- Da Silva, I. N., Hernane Spatti, D., Andrade Flauzino, R., Liboni, L. H. B., dos Reis Alves, S. F. (2017) Artificial Neural Networks: A Practical Course, Springer Publishing Company, Incorporated, São Carlos.
- Davis, W. M., Hatoum, N. S. (1983) Neurobehavioral actions of cannabichromene and interactions with delta9-tetrahydrocannabinol. *Gen. Pharmacol. Vasc. Sys.* **14**, 247–252.

- De Petrocellis, L., Ligresti, A., Moriello, A. S., Allarà, M., Bisogno, T., Petrosino, S. (2011) Effects of cannabinoids and cannabinoid-enriched Cannabis extracts on TRP channels and endocannabinoid metabolic enzymes. *Br. J. Pharmacol.* **163**, 1479–1494.
- DeLong, G. T., Wolf, C. E., Poklis, A., and Lichtman, A. H. (2010) Pharmacological evaluation of the natural constituent of Cannabis sativa, cannabichromene and its modulation by  $\Delta^9$ -tetrahydrocannabinol: *Drug Alcohol Depen.* **112(1-2)**, 126–133.
- Di Marzo, V., Piscitelli, F. (2015) The endocannabinoid system and its modulation by Phytocannabinoids. *Neurotherapeutics.* **12**, 692–698.
- Dubreta, N. (2006) Konoplja–sociološki aspekti uzgoja i upotrebe. *Socijalna ekologija: časopis za ekološku misao i sociologijska istraživanja okoline*, **15(1-2)**, 103- 123.
- Dumancas, G. G., Ramasahayam, S., Bello, G., Hughes, J., Kramer, R. (2015) Chemometric regression techniques as emerging, powerful tools in genetic association studies. *TrAC Trend Anal. Chem.* **74**, 79–88.
- Dziurkowska, E., Wesolowski, M. (2015) Multivariate statistical analysis as a supplementary tool for interpretation of variations in salivary cortisol level in women with major depressive disorder. *Sci. World J.*, **2015**, 1–8.
- Eisohly, H. N., Turner, C. E., Clark, A. M., Eisohly, M. A. (1982) Synthesis and antimicrobial activities of certain cannabichromene and cannabigerol related compounds. *J. Pharm. Sci.* **71**, 1319–1323.
- ElSohly, M. A., Radwan, M. M., Gul, W., Chandra, S., Galal, A. (2017) Phytochemistry of *Cannabis sativa* L. U: Phytocannabinoids, Unraveling the Complex Chemistry and Pharmacology of Cannabis sativa (Kingham A., Falk H., Gibbons S., Kobayashi J. ured.), Springer, str. 1-36.
- ElSohly, M. A., Slade, D. (2005) Chemical constituents of marijuana: the complex mixture of natural cannabinoids. *Life Sci.* **78(5)**, 539-548.
- Emboden, W. A. (1974) Cannabis, a polytypic genus. *Econ. Bot.* **28(3)**, 304-310.
- Englund, A. M., Stone, J., Morrison, P. D. (2012) Cannabis in the arm: what can we learn from intravenous cannabinoid studies? *Curr. Pharmaceut. Des.* **18**, 4906–4914.



- Feskanich, D., Ziegler, R., Michaud, D., Giovannucci, E., Speizer, F., Willett, W., Colditz, G. (2000) Prospective study of fruit and vegetable consumption and risk of lung cancer among men and women. *J. Natl. Cancer I.*, **92**, 1812-1823.
- Gheyas, F., Blankenship, S., Young, E., McFeeters, R. (1997) Dietary fiber content of thirteen apple cultivars. *J. Sci. Food Agric.* **75**, 333–340.
- Gliha, R. (1978) Sorte jabuka u suvremenoj proizvodnji, Radničko sveučiliste „Moša Pijade“, Zagreb.
- Granato, D., Putnik, P., Kovačević, D. B., Santos, J. S., Calado, V., Rocha, R. S., Pomerantsev, A. (2018) Trends in Chemometrics: Food Authentication, Microbiology, and Effects of Processing. *Compr. Rev. Food. Sci. F.* **17(3)**, 663–677.
- Hanson, B. R., Grattan, S. R., Fulton, A. (2006) Agricultural Salinity and Drainage, University of CALIFORNIA Press, Davis.
- Hidalgo, B., Goodman, M. (2013) Multivariate or multivariable regression?. *Am. J. Public Health.* **103(1)**, 39–40.
- Hill, A. J., Williams, C. M., Whalley, B. J., Stephens, G. J. (2012) Phytocannabinoids as novel therapeutic agents in CNS disorders. *Pharmacol. Therapeut.* **133(1)**, 79–97.
- Hillig K. W. (2005) Genetic evidence for speciation in *Cannabis* (*Cannabaceae*). *Genet. Resour. Crop. Evol.* **52(2)**, 161-180.
- Hillig, K. W. (2004) A chemotaxonomic analysis of terpenoid variation in *Cannabis*. *Biochem. Syst Ecol* 32:875
- Hodgkin, A. L., Huxley, A. F. (1952) A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve. *J. Physiol.* **117**, 500–544.
- Horn, H., Lullmann, C. (1992) Das grosse Honigbuch: Entstehung, Gewinnung, Zusammensetzung, Qualität, Gesundheit und Vermarktung, Ehrenwirth, München.
- Huang, Y., Kangas, L. J., Rasco, B. A. (2007). Applications of artificial neural networks (ANNs) in food science. *Crit. Rev. Food Sci.* **47(2)**, 113-126.
- Huang, H., Yu H., Xu, H., Ying, Y. (2008) Near infrared spectroscopy for on/in-line monitoring of quality in foods and beverages: A review. *J. Food Eng.*, **87**, 303–313.

Hunter, R. S., Harold, R. W. (1987) *The Measurement of Appearance*, 2. izd., Wiley, New York.

HunterLab (2008) *Insight on Color: CIE L\*a\*b\* Color Scale*. 8, 7.

International Organization for Standardization (2007) *Sensory analysis – General guidance for the design of test rooms*, <<http://www.iso.org/iso/home/standards.htm>>. Pristupljeno 1. kolovoza 2019.

Jednačak T., Novak P. (2013) Procesne analitičke tehnike temeljene na vibracijskoj spektroskopiji in-line i primjena u industriji. *Kem. Ind.* **62** (3-4), 71–80.

Juniper, B. E., Maberley, D. J. (2006) *The Story of the Apple*, Timber Press, Portland.

Kefford, J. F. (1960) The Chemical Constituents of Citrus Fruits. *Adv. Food Res.*, **9**, 285-372.

Knekt, P., Kumpulainen, J., Jarvinen, R., Rissanen, H., Heliovaara, M., Reunanen, A., Hakulinen, T., Aromaa, A. (2002) Flavonoid intake and risk of chronic diseases. *Am. J. Clin. Nutr.* **76**, 560-568.

Krstić M., Turković G., Bohutinski O. (1963) *Jabuka* [online], Zadruga knjiga, Beograd, <<https://www.tehnologijahrane.com/knjiga/jabuka-3>>. Pristupljeno 14. lipnja 2019.

Ladaniya, M. S. (2008) *Citrus Fruit: Biology, Technology and Evaluation*. Elsevier Inc., Atlanta, USA, 1-10.

Larson-Hall, J. (2010) *Levels of measurement of variables in a guide to doing statistics. U: Second language research using SPSS*, Taylor & Francis., New York, str. 33–35.

Leontowicz, H., Gorinstein, S., Lojek, A., Leontowicz, M., Ciz, M., Soliva Fortuny, R., Park, Y., Jung, S., Trakhtenberg, S., Martin-Belloso, O. (2002) Comparative content of some bioactive compounds in apples, peaches, and pears and their influence on lipids and antioxidant capacity in rats. *J. Nutr. Biochem.* **13**, 603-610.

Li, J., Huang, W., Zaho, C., Zhang, B. (2013) A comparative study for the quantitative determination of soluble solids content, pH and firmness of pears by Vis/NIR spectroscopy. *J. Food Eng.* **116**, 324-332.

Liu, Y., Sun, X., Ouyang, A. (2010) Nondestructive measurement of soluble solid content of navel orange fruit by visible–NIR spectrometric technique with PLSR and PCA-BPNN. *LWT - Food Sci. Technol.*, **43**, 602–607.

- Lunze, J. (1998) Qualitative modelling of dynamical systems. *Math. Comput. Simulat.* **46(5)**, 465-483.
- Mapson, L. W. (1967) *The vitamins*, Academic Press, London i New York, str.385 .
- Mayer, B., Schumacher, M., Branstatter, H., Wagner, F., Hermetter, A. (2001) High-throughput fluorescence screening of antioxidative capacity in human serum. *Analyt. Biochem.* **297**, 144-153.
- McCulloch, W. S., Pitts, W. (1943) A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *B. Math. Biophys.* **5**, 115–133.
- Morgan, J., Richards, A. (2003) *The New Book of Apples: The Definitive Guide to Over 2000 Varieties*, Ebury Press, London.
- Nishimura, K., Yoshida, N., Kosaka, K. (1992) Adsorption of calcium on dietary fiber from ‘Konatsu’, a local orange grown in Kochi Prefecture. *J. Japanese Soc. Nutr. Fd. Sci.* **45**, 545-550.
- Oomaha, B. D., Bussonb, M., Godfrey, D. V. , Drovera, J. C. (2002) Characteristics of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil. *Food Chem.* **76**, 33-43.
- Ozaki, Y., McClure, W. F., Christy, A. A. (2007) *Near-infrared spectroscopy in Food Science and Technology*. John Wiley & Sons, New Jersey.
- Parker, M. (2018) *Tree Fruits and Nuts. U: Extension Gardener Handbook* (Moore, K. A., Bradley, L. K., ured.), North Carolina NC State Extension, Raleigh, str. 545–550.
- Pholpho, T., Pathaveerat, S., Sirisomboon, P. (2011) Classification of longan fruit bruising using visible spectroscopy. *J. Food Eng.*, **104**, 169-172.
- Rizzolo, A., Grassi, M., Zerbibi, P. E. (2006) Influence of postharvest ripening on changes in quality and volatile compounds of ‘Golden Orange’ and ‘Golden Lasa’ scab-resistant apple cultivars. *J. Food Qual.* **29**, 353–373.
- Robinson, J. P., Harris, S. A., & Juniper, B. E. (2001) Taxonomy of the genus *Malus* Mill. (Rosaceae) with emphasis on the cultivated apple, *Malus domestica* Borkh. *Plant Syst. Evol.* **226(1-2)**, 35–58.

- Roggo, Y., Chalus, P., Maurer, L., Lema-Martinez, C., Edmond, A., Jent, N., (2007) A review of near infrared spectroscopy and chemometrics in pharmaceutical technologies. *J. Pharmaceut. Biomed.*, **44**, 683-700.
- Ross, S. A., ElSohly, M. A. (1995) Constituents of Cannabis sativa L. XXVIII. A review of the natural constituents: 1980–1994. *Zagazig J Pharm Sci* **4**, 1-10.
- Rubin, V. (1975) Cannabis and Culture. Mouton Publishers, Hague, Paris.
- Rudgley, R. (1995) Essential Substances. A Cultural History of Intoxicants in Society. Kodansha America Inc., New York.
- Russo, E. B. (2011) Taming THC: potential cannabis synergy and phytocannabinoid-terpenoid entourage effects. *Br. J. Pharmacol.* **163**, 1344–1364.
- Sawyer, C. N., McCarty, P. L., Parkin, G. F. (1994) Chemistry for Environmental Engineering, 4. izd., Mc Graw – Hill International Editions, New York.
- Schanda, J. (2007) Colorimetry: understanding the CIE system, Wiley-Interscience, Veszprém.
- Schultes R. E., Klein W. M., Plowman T., Lockwood T. E. (1974) Cannabis: an example of taxonomic neglect. *Harv. Univ. Bot. Mus. Leaflet*. **23(9)**, 337-367.
- Shirokova, Y., Forkutsa, I., Sharafutdinova, N. (2000) Use of electricity conductivity instead of soluble salts for soil salinity monitoring in central Asia. *Irrig. Drain.* **14(3)**, 199-206.
- Small, E., Marcus, D. (2002) Hemp - A new crop with new uses for North America. U: Trends in new crops and new uses. (Janick, J., Whipkey, A., ured.), ASHS Press, Alexandria, VA, str. 284-326.
- Szymanska, E., Gerretzen, J., Engel, J., Geurts, B., Blanchet, L., Buydens, L. M. C. (2015) Chemometrics and qualitative analysis have a vibrant relationship. *TrAC Trend Anal. Chem.* **69**, 34–51.
- Thirumalini, S., Joseph, K. (2009) Correlation between Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids in Natural Waters. *Malayas. J. Sci.* **28**, 55-61.
- Ting, S. V., Attaway, J. A. (1971) Citrus fruits. U: The biochemistry of fruits and their products. 2. izd., (Hulme, A. C. ured.), Academic Press, New York , str. 107–179.

Turner C. E., ElSohly M. A., Boeren E. G. (1980) Constituents of *Cannabis sativa* L. XVII. A review of the natural constituents. *J.Nat. Prod.* **43**(2), 169-234.

USDA (2015) Food Composition Databases. USDA-United states department of Agriculture.<<https://www.ndb.nal.usda.gov>>. Pristupljeno 12. srpnja 2019.

Vahčić, N. (2016) Senzorske analize hrane, interna skripta, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb

Vujević, P., Milinović, B., Jelačić, T., Halapija Kazija, D., Čiček, D. (2011) Sorte voćnih vrsta 2011: jabuka, kruška - Pokušalište Donja Zelina, Hrvatski centar za poljoprivredu, hranu i selo, Zagreb.

Webster, D. (2003) pH–Principles and measurement. U: Encyclopedia of food sciences and nutrition, 2. izd., (Caballero, B., Trugo, L., & Finglas, P., ured.), Elsevier Science BV, str. 4501-4507.

Xu, Q., Chen, L. L., Ruan., X., Chen, D., Zhu, A., Chen., C. Bertrand, D., Jiao, W. B., Hao, B.H., Lyon, M.P., Chen, J., Gao, S., Xing, F., Lan, H., Chang, J. W., Ge, X., Lei, Y., Hu, Q., Miao, Y., Wang, L., Xiao, S., Biswas, M. K., Zeng, W., Guo, F., Cao, H., Yang, X., Xu, X. W., Cheng, Y. J., Xu, J., Liu, J. H., Luo, O. J., Tang, Z., Guo, W. W., Kuang, H., Zhang, H. Y., Roose M. L., Nagarain, N., Deng, X. X., Ruan, Y. (2013) The draft genome of sweet orange (*Citrus sinensis*). *Nat. Genet.* **45**, 59-66.

## IZJAVA O IZVORNOSTI

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.



---

Tamara Vulić