

Utjecaj ultrazvuka visokih snaga na fizikalno-kemijska i senzorska svojstva vina

Marušić, Ana

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

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:159:410895>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-31**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno – biotehnološki fakultet
Preddiplomski studij Nutricionizam

Ana Marušić

6921/N

**Utjecaj ultrazvuka visokih snaga na fizikalno-kemijska i
senzorska svojstva vina**
ZAVRŠNI RAD

**Naziv znanstveno-istraživačkog projekta: Novi enološki postupci kao alternativa
sumporovom dioksidu u proizvodnji visokokvalitetnih vina**

Mentor: prof.dr.sc. Karin Kovačević Ganić

Zagreb, 2018.

Ovo istraživanje provedeno je u sklopu projekta „Novi enološki postupci kao alternativa sumporovom dioksidu u proizvodnji visokokvalitetnih vina“ (IP-09-2014-3796) financiranom od strane Hrvatske zaklade za znanost (HRZZ)

Rad je izrađen u Laboratoriju za kemiju i analitiku vina na Zavodu za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod mentorstvom prof. dr. sc. Karin Kovačević Ganić, Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu te uz pomoć mag. ing. Katarina Lukić.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu

Prehrambeno-biotehnološki fakultet

Preddiplomski sveučilišni studij Nutricionizam

Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo

Laboratorij za tehnologiju i analitiku vina

Utjecaj ultrazvuka visokih snaga na fizikalno-kemijska i senzorska svojstva vina

Ana Marušić 0058205112

Sažetak:

Sumporov dioksid je jedan od najčešće korištenih aditiva u proizvodnji vina zbog svojeg antioksidativnog i antimikrobnog djelovanja. U ovom radu ispitan je utjecaj ultrazvuka visokih snaga, netoplinske metode koja predstavlja novi enološki postupak kao alternativu uporabi sumporovog dioksida, na fizikalno-kemijska i senzorska svojstva vina. Ultrazvučni tretmani su provedeni na vinima Cabernet Sauvignon i Graševina vinogorja Erdut u trajanju od 3 i 9 minuta, sondom promjera 12.7 mm te amplitudama jakosti 25, 50, 75 i 100 %. Neposredno nakon tretmana u kontrolnim i tretiranim uzorcima određene su koncentracija slobodnog i ukupnog sumporovog dioksida, koncentracija otopljenog kisika te kromatske karakteristike. Utvrđeno je da upotreba ultrazvuka visokih snaga sondom promjera 12,7 mm, pri različitim procesnim parametrima (trajanje tretmana i amplituda), rezultira blagim promjenama fizikalno-kemijskih i senzorskih svojstava tretiranih vina.

Ključne riječi: kisik, kromatske karakteristike, sumporov dioksid , ultrazvuk visokih snaga, vino

Rad sadrži: 27 stranica, 11 slika, 5 tablica, 19 literaturnih navoda

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničnom obliku pohranjen u: Knjižnica prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 23, Zagreb

Mentor: prof.dr.sc Karin Kovačević Ganić

Pomoć pri izradi: Katarina Lukić, mag.ing.

Datum obrane: 10. rujna 2018.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Bachelor thesis

University of Zagreb
Faculty of Food Technology and Biotechnology
University Undergraduate study Nutrition
Department of Food Engineering
Laboratory for Technology and Analysis of Wine

The influence of high power ultrasound on physico-chemical and sensory properties of wine

Ana Marušić 0058205112

Abstract:

Sulfur dioxide is one of the most used additives in wine production due to its antioxidant and antimicrobial activity. This paper examines the influence of high power ultrasound, a non-thermal method that represents a new enological process as an alternative to the use of sulfur dioxide, on physico-chemical and sensory properties of wine. Ultrasound treatments were carried out on Cabernet Sauvignon and Graševina wine, vineyards Erdut for 3 and 9 minutes with 12.7 mm diameter probe and amplitudes 25, 50, 75 and 100 %. Immediately after the treatment, the concentrations of free and total sulfur dioxide, dissolved oxygen and chromatic characteristics were measured in control and treated samples. It has been shown that the use of high power ultrasound with a 12.7 mm probe, with different processing parameters (duration of treatment and amplitude), results in slight changes in physico-chemical and sensory properties of treated wines.

Keywords: high frequency ultrasound, wine, sulfur dioxide, chromatic characteristics, oxygen

Thesis contains: 27 pages, 11 figures, 5 tables, 19 references

Original in: Croatian

Thesis in printed and electronic form deposited in the: Library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Kačićeva 23, Zagreb

Mentor: Karin Kovačević Ganić, PhD. Full professor

Technical support and assistance: Katarina Lukić, BSc. Research Assistant

Defence date: September 10, 2018.

SADRŽAJ

Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO.....	2
2.1. Ultrazvuk.....	2
2.1.1. Mehanizam i učinci ultrazvuka	2
2.1.2. Uporaba ultrazvuka visokih snaga u proizvodnji vina.....	3
2.2. Sumpor	4
2.3. Kisik.....	5
3. EKSPERIMENTALNI DIO	7
3.1. Materijali.....	7
3.1.1. Vino	7
3.1.2. Kemikalije	7
3.1.3. Aparatura i pribor.....	7
3.2. Metode.....	8
3.2.1. Obrada ultrazvukom visokih snaga.....	8
3.2.2. Određivanje kromatskih karakteristika CIE L*a*b* metodom	9
3.2.3. Određivanje slobodnog i ukupnog sumporovog dioksida	11
3.2.4. Određivanje koncentracije otopljenog kisika	12
4. REZULTATI I RASPRAVA	13
4.1. Rezultati i rasprava za crno vino.....	13
4.1.1. Kromatske karakteristike.....	13
4.1.2. Slobodni i ukupni sumporov dioksid.....	16
4.1.3. Otopljeni kisik	18
4.2. Rezultati i rasprava za bijelo vino	19
4.2.1. Kromatske karakteristike.....	19
4.2.2. Slobodni i ukupni sumporov dioksid.....	22
4.2.3. Otopljeni kisik	23
5. ZAKLJUČAK.....	25
6. LITERATURA.....	26

1. UVOD

Cilj svakog vinara je proizvesti visokokvalitetno vino koje će s godinama dobivati na kompleksnosti senzorskih svojstava i zadržati mikrobiološku ispravnost (1). Proces dobivanja kvalitetnog vina uvelike ovisi o sorti vinove loze, području uzgoja, vinogradarskoj praksi i načinu berbe. Ono što je zajedničko svim procesima proizvodnje vina je dodavanje sumporovog dioksida koji se dodaje zbog svog antioksidativnog i antiseptičkog djelovanja. Osim pozitivnih učinaka na samo vino sumporov dioksid uzrokuje zdravstvene poteškoće kod osoba koje konzumiraju sumporeno vino kao što su alergijske reakcije, glavobolje te iritacije probavnog sustava. Upravo iz navedenih razloga glavni cilj u vinarstvu je razvoj novih tehnika koje će omogućiti bolje i zdravije načine proizvodnje jednako kvalitetnih vina. Ultrazvuk visokih snaga je nova metoda koja ima za cilj smanjenje sumporenja vina, riječ je o netoplinskoj tehnici koja se sve više koristi u posljednjih deset godina u prehrambenoj industriji (2). Djelovanje ultrazvuka se povezuje sa uništavanjem stanica nepoželjnih bakterija, kvasaca, gljivica, ali i protozoa zahvaljujući efektu kavitacije (3). U industriji pića ultrazvuk se koristi zbog izvanrednih svojstava ekstrakcije bioaktivnih spojeva, procesiranja otpada koji se dobiva u proizvodnji sokova, smanjenju uporabe sumporovog dioksida te ubrzavanje procesa starenja vina u vinarskoj industriji (4).

U ovom radu je promatrana mogućnost smanjenja uporabe sumporovog dioksida novom metodom, ultrazvukom visokih snaga. Glavni cilj prilikom tretiranja vina ultrazvukom je zadržavanje aroma koje doprinose bogatstvu vina te boje vina koja govori o brojnim karakteristikama korištene sorte vinove loze te postizanje optimalnih mikrobioloških parametara. Pratio se utjecaj ultrazvuka na fizikalno-kemijska i senzorska svojstva vina, sorti Cabarnet Sauvignona i Graševine vinogorja Erdut.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Ultrazvuk

Ultrazvuk je zvuk frekvencije iznad 20 kHz. Ljudsko uho može čuti zvukove čija je frekvencija u rasponu od 16 Hz do 16 kHz (5). Zvuk je mehanički val koji uzrokuje poremećaj u mediju na koji se primjenjuje tako što prenosi energiju iz jedne točke u drugu. Dok zvučni val putuje medijem širi se energija putem sudara susjednih čestica koje osciliraju oko ravnotežnog položaja. Razlikujemo transvezalne i longitudinalne valove ovisno o smjeru osciliranja čestica koji ovisi o smjeru širenja energije kroz medij. Samo čvrste tvari mogu širiti zvučne valove transvezalno dok se u svim ostalim tvarima valovi šire longitudinalno (6). Zvučni val određen je svojom amplitudom (A), frekvencijom (f), valnom duljinom (λ) te koeficijentom prigušenja (α). S obzirom na visinu frekvencije razlikujemo ultrazvuk niske energije tzv. dijagnostički, ako je frekvencija visoka i ultrazvuk visoke energije, ako je frekvencija niska. Dijagnostički ultrazvuk, tj. ultrazvuk niskog intenziteta (intenzitet manji od 1 Wcm^{-2}) djeluje u frekvecijskom rasponu od 2 MHz i na više. Koristi se kao analitička tehnika za kontrolu obrade hrane, mjerenja teksture i sastava, viskoznosti, brzine protjecanja, kontrolu pakiranja, određivanja razine kapljevine u bačvama ili tankovima te koncentracije tvari u hrani te se smatra neinvazivnom tehnikom jer ne uzrokuje ni fizičke ni kemijske promjene u svojstvima medija na koji je primjenjen. Ultrazvuk visokog intenziteta (u rasponu od 1 do 1000 Wcm^{-2}) u rasponu frekvencija od 20 do 100 kHz može uzrokovati fizičke promjene materijala te neke kemijske reakcije u materijalima na kojima je primjenjen. Koristi se za čišćenje, otplinjavanje tekućina, homogenizaciju tekućina, sušenje, omekšavanje mesa, ekstrakciju, emulgiranje, destilaciju, sterilizaciju itd.

2.1.1. Mehanizam i učinci ultrazvuka

Ultrazvuk visokog intenziteta može se stvoriti pokretanjem tekućine, mlazom plina ili pomoću električne snage. Potonji način dobivanja ultrazvuka se temelji na radu generatora koji pretvara napon istosmjerne struje u visoke frekvencije električne energije. Električna energija se zatim pomoću pretvarača zvuka pretvara u energiju zvuka. Unutar sonde koja emitira zvuk u medij prvo dolazi do privlačenja molekula piezoelektirnog sustava što rezultira pojavom mehaničkih vibracija koja se pojačavaju na pojačalu te se ultrazvučni valovi emitiraju u medij. Prolaskom ultrazvučnog vala kroz medij dolazi do nastanka longitudinalnih valova što naposljetku dovodi do pojave milijuna mjehurića, koji se šire pod utjecajem negativnog tlaka a zatim eksplodiraju pod utjecajem pozitivnog tlaka. Opisana pojava se naziva kavitacijom (postoje četiri tipa kavitacija s

obzirom na način generiranja ultrazvučne energije, a to su optička, hidrodinamična, kavitacija čestica i akustična) (4).

Do pucanja mjehurića će doći kada oni dosegnu svoju kritičnu veličinu odnosno kada više ne mogu apsorbirati energiju, naime bez ulazne energije šupljina mjehurića se ne može sama održavati. Kritična veličina mjehurića ovisi o frekvenciji i intenzitetu ultrazvuka. Primjerice kod primjenjene frekvencije od 20 MHz kritična veličina mjehurića iznosi 170 μm . Osim o frekvenciji i intenzitetu ultrazvuka, pojava kavitacije ovisi o svojstvima proizvoda poput viskoznosti medija, gustoći, površinskoj napetosti medija i prisutnosti otopljenih plinova. Pucanjem mjehurića dolazi do nastajanja udarnih valova koji uzrokuju vrlo visoke temperature čak do 5500 K i tlakove do 100 MPa. Ukoliko se ultrazvuk primjenjuje na tekući medij intenzitet kavitacije će ovisiti o koligativnim svojstvima tog medija koji uključuju tlak pare, površinsku napetost, viskozitet i gustoću, kao i bilo kojem drugom svojstvu koje se odnosi na broj atoma, iona i molekula u mediju. Energija za postizanje mjehurića kavitacije u tekućem mediju ovisit će o površinskoj napetosti i tlaku pare. Što je veća površinska napetost medija to će biti potrebna i veća energija za postizanje kavitacijskih mjehurića, a time će i energija udarnih valova biti veća. Kavitaciju u čistoj vodi čija je površinska napetost 70 mNm^{-1} pri sobnoj temperaturi je jako teško postići. Isto tako u hladnoj vodi čiji je tlak para izrazito nizak bez zagrijavanja tekućine pojavu kavitacije je teško postići, naime svaka tekućina ima određeni temperaturni raspon pri kojem kavitacija pokazuje najveću aktivnost (7).

2.1.2. Uporaba ultrazvuka visokih snaga u proizvodnji vina

Visokokvalitetna vina se tradicionalno proizvode starenjem u bačvama ili bocama. Takav način proizvodnje iziskuje jako puno vremena stoga se u posljednjih nekoliko godina razvijaju nove tehnologije, prvenstveno ultrazvuk visokih snaga, koje ubrzavaju brojne reakcije u vinu ili povećavaju koncentraciju fenolnih spojeva koji prelaze iz grožđa u mošt te na taj način smanjuju vrijeme potrebno za dobivanje visokokvalitetnog vina. Starenje vina je proces koji se sastoji od dvije faze: sazrijevanja (oksidativnog starenja) i sazrijevanja u bocama nakon punjenja. Tijekom sazrijevanja vina mogu biti podvrgnuta malolaktičkoj fermentaciji ili pak stavljena u hrastove bačve na dugotrajno odležavanje. Većina vina koja se danas proizvode su namijenjena da se konzumiraju mlada, dok su njihove voćne note na vrhuncu. Međutim, kod mladih vina rok trajanja arome i okusa je veoma kratak dok odležana vina kroz duži vremenski period zadržavaju svoje senzorske karakteristike.

Možemo zaključiti da je proizvodnja visokokvalitetnih vina za koja proizvođač može garantirati da će imati one arome koje su karakteristične za tu sortu i nekoliko godina nakon punjenja u boce izrazito skup i zahtjevan posao. Ultrazvuk visokih snaga je ne samo nova obećavajuća metoda nakon čije primjene se dobiva vino gotovo identično onome koje je bilo podvrgnuto starenju i do nekoliko godina već je i nova tehnologija koja nudi nove mogućnosti u kontroli mikrobiološke ispravnosti vina (8,9).

2.2. Sumpor

Dva su izvora sumpora u vinu, sumporov dioksid koji se dodaje u vino te sumpor koji potječe od razgradnje aminokiselina koje sadrže sumpor (cistein i cistin). Sumporov dioksid je jedan od najčešće korištenih aditiva koji se koriste u vinarstvu zbog njegovog antimikrobnog i antioksidativnog djelovanja. Sumporni dioksid se u vinu nalazi u raznim slobodnim i vezanim oblicima. Od slobodnih oblika, samo mali dio je prisutan kao otopljeni plin (od 7,5 % pri pH=2,9 do 7 % pri pH=3,8), još manji dio je u obliku slobodnih sulfitnih iona, SO_3^{2-} (od 0,004 % pri pH=2,9 do 0,04 % pri pH=3,8), a najveći dio ionskog sumpornog dioksida je u obliku bisulfitnih iona, HSO_3^- . Bisulfiti se mogu, reverzibilno ili ireverzibilno, vezati sa spojevima vina koji imaju karbonilnu grupu, prvenstveno acetaldehid, zatim piruvat, α -ketoglutarat, šećeri, tanini, čineći tako frakciju vezanog sumpornog dioksida u vinu. Antimikrobno djelovanje sumpornog dioksida prvenstveno ovisi o njegovoj slobodnoj komponenti, od koje mikroorganizmi najbrže apsorbiraju molekularni sumpor. Njegova antimikrobna aktivnost najvjerojatnije uključuje kidanje disulfidnih mostova enzima, vezanje na nukleinske kiseline i lipide, nagli pad koncentracije ATP-a te sniženje staničnog pH (10).

Sumporov dioksid sprječava razvoj brojnih mikroorganizama kao što su nepoželjni kvasci, malolaktičke bakterije (osobito nepoželjne u proizvodnji crnih vina) te u manjoj mjeri bakterije octene kiseline, sprječava sekundarnu fermentaciju i razna bakterijska kvarenja vina. Osim navedenih antimikrobnih djelovanja, važna je primjena sumporovog dioksida kao antioksidansa. Tri su moguća načina njegova antioksidativnog djelovanja: (i) direktno uklanjanje kisika, (ii) reakcija sa vodikovim peroksidom i (iii) redukcija kinona nastalih tijekom oksidacijskih procesa u njihov primarni fenolni oblik. Djeluje i na enzime polifenoloksidaze, peroksidaze i proteaze odgovorne za nepoželjno posmeđivanje vina tako što ih inaktivira i sprječava Maillardove reakcije. Jednom kad je dodan u vino, sumporov dioksid može reagirati sa brojnim spojevima, primarno to su acetaldehidi, piruvinska kiselina i 2-oksoglutarina kiselina. Reakcije sa navedenim spojevima rezultiraju smanjenjem brzine polimerizacije fenolnih spojeva i gubitkom boje vina koja se inače

prirodno događa tijekom starenja vina. Također, mu se pripisuje svojstvo da je zaslužan za očuvanje arome vina.

Unatoč svim prednostima dodavanja sumporovog dioksida, povećanje koncentracije sulfita povezuje se sa pojavom alergijskih reakcija kod ljudi koji konzumiraju vino. Osobe koje su osjetljive na sulfite mogu reagirati čak i na unesene količine od 20 do 50 mg simptomima kao što su dermatitis, urtikarija, abdominalna bol ili pak anafilaktički napadaji. Najopasniji oblici alergijskih reakcija se javljaju kod osoba koje boluju od bolesti dišnog sustava. Zbog navedenih razloga koncentracija sumpora u vinu mora biti strogo kontrolirana, ne smije uzrokovati inaktivaciju poželjnih kvasaca i bakterija, niti gubitak boje vina, a osobito ne smije doseći toksičnu koncentraciju. Maksimalno dopuštena koncentracija sumpora za bijela vina iznosi 200 mgL^{-1} , a za crna 150 mgL^{-1} . Pretjerano korištenje ovog aditiva se mora izbjegavati ne samo zbog mogućih zdravstvenih problema već i zbog utjecaja na finalni proizvod u kojem dolazi do negativne promjene organoleptičkih svojstava. Nedovoljne količine sumporovog dioksida ne osiguravaju adekvatnu stabilnost vina koja je posljedica nekontroliranog rasta mikroorganizama i mogućih nepoželjnih oksidacijskih procesa. Zbog kompleksne kemijske ravnoteže SO_2 , koja rezultira kemijskim spojevima sa molekulom sumporova dioksida i određenom količinom slobodnog sumpora koja ne bi smjela prelaziti koncentraciju od $10\text{-}20 \text{ mgL}^{-1}$, jako je teško precizno odrediti odgovarajuću količinu sumpora koja se mora dodati u vino (11).

2.3. Kisik

Kisik ima važnu ulogu u proizvodnji vina. Izlaganje vina kisiku predmet je istraživanja brojnih znanstvenih radova u posljednjih nekoliko godina, u kojima se ispituje utjecaj kisika na kemijska i senzorska svojstva vina, promjene u aromi, boji i organoleptičkim svojstvima. Kao rezultat, danas je prihvaćeno umjereno izlaganje vina kisiku koje može poboljšati kvalitetu vina dok preniska ili previsoka koncentracija kisika u vinu može imati negativan efekt na boju vina (uzrokuje smanjenje intenziteta), razvoj nepoželjnih aroma te negativna organoleptička svojstva.

Reakcije u kojima sudjeluje kisik se nazivaju reakcijama oksidacije, to su reakcije u kojima dolazi do prijenosa elektrona između oksidansa i reducensa. Glavni supstrat za oksidaciju su fenolni spojevi koji su vrlo važne komponente vina, osobito crnog vina (12,13). Kontrola izlaganja vina kisiku u procesu proizvodnje vina je velik izazov. Određeni koraci u samoj proizvodnji uključuju izlaganje vina kisiku, kao što je sazrijevanje vina u bačvama, mikrooksidacija te dozrijevanje vina u bocama u kojima je omogućen prolazak kisika. Kapacitet različitih vina da

apsorbiraju kisik uvelike ovisi o samom kemijskom sastavu vina, stoga su posljedice izlaganja vina kisiku često nepredvidive.

Kada kisik dođe u doticaj sa vinom, vrlo brzo se otopi te reagira sa već spomenutim fenolnim spojevima te dolazi do formiranja vrlo reaktivnih kemijskih oblika kao što su kinoni, radikali i hidrogen peroksid koji dalje potiču reakcije oksidacije. Kao posljedica se javljaju brojne modifikacije u vinu, kao što je smanjenje otopljenog kisika te smanjenje koncentracije SO₂. Pokazalo se da povećane koncentracije SO₂ uzrokuju veći primitak kisika u vino, međutim nema dovoljno dokaza kako bi se dovelo u korelaciju primitak kisika i koncentracija SO₂ (osobito one koncentracije koje su dozvoljene). S druge strane primitak kisika je u korelaciji sa progresivnim gubitkom SO₂ koji je ključan antioksidans u vinu. Prevelika koncentracija otopljenog kisika u vinu će ne samo utjecati na kemijski sastav već i na njegova senzorska svojstva, naime uzrokovat će posmeđivanje vina. U proizvodnji crnog vina poželjna je mala količina kisika kako bi se postigli bolji rezultati, vino punog i zaobljenog okusa (13).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. Materijal

3.1.1. Vino

U ovom radu ispitivan je utjecaj tretmana ultrazvukom visokih snaga na fizikalno-kemijska i senzorska svojstva vina sorti Graševina i Cabernet Sauvignon, vinogorja Erdut. Osnovni fizikalno-kemijski parametri Graševine su: alkohol 11,5 %, šećer 2 gL⁻¹, hlapiva kiselost (kao octena kiselina) 0,24 gL⁻¹, ukupna kiselost (kao vinska kiselina) 4,86 gL⁻¹ i pH 3,25, a Cabernet Sauvignona: alkohol 12,8 %, šećer 5 gL⁻¹, hlapiva kiselost (kao octena kiselina) 0,43 gL⁻¹, ukupna kiselost (kao vinska kiselina) 5,63 gL⁻¹ i pH 3,54.

3.1.2. Kemikalije

- Sumporna kiselina 1/3 (941), LDS, Laboratoires Dujardin-Salleron, Noizay, Francuska
- Natrijev hidroksid 2N (908), LDS, Laboratoires Dujardin-Salleron, Noizay, Francuska
- Sulfatna kiselina 1/10 (932), LDS, Laboratoires Dujardin-Salleron, Noizay, Francuska
- Jodid/jodat N/64 (921), LDS, Laboratoires Dujardin-Salleron, Noizay, Francuska

3.1.3. Aparatura i pribor

3.1.3.1. Aparatura

- Ultrazvučni procesor QSONICA SONICATORS 700 W, Qsonica Sonicators, Newtown, SAD
- Spektrofotometar, Specord 50 Plus, AnalytikJena, Jena, Njemačka
- Uređaj za mjerenje kisika, Nomasense O₂ P6000, Nomasorc, Belgija
- Uređaj za mjerenje sumporovog dioksida, LDS Sulfilyser, Laboratoires Dujardin-Salleron, Noizay, Francuska

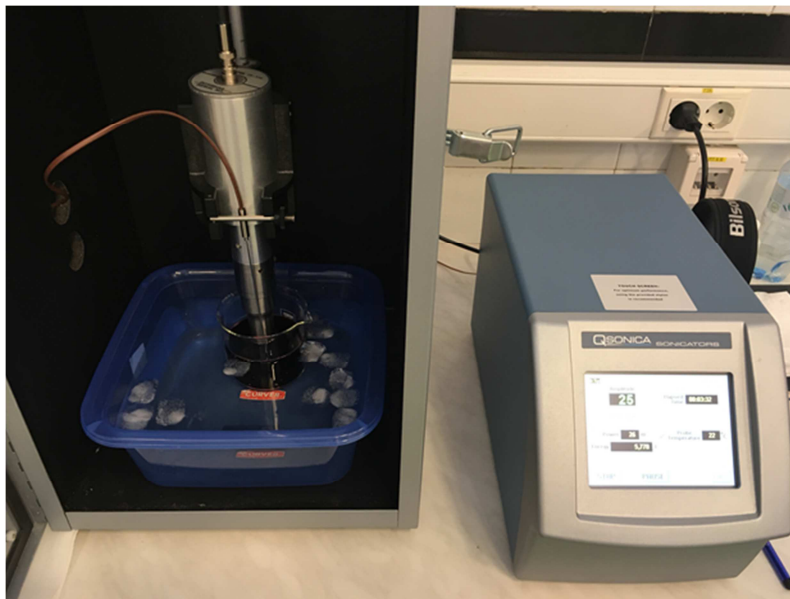
3.1.3.2. Pribor

- Pipete volumena 2, 5, 10, 20 i 25 mL
- Laboratorijske čaše volumena 50 i 400 mL
- Kivete od 1 cm
- Magnet

3.2. Metode

3.2.1. Obrada ultrazvukom visokih snaga

U svrhu tretiranja vina ultrazvukom visokih snaga upotrijebljen je ultrazvučni procesor QSONICA SONICATORS 700 W (Qsonica Sonicators, Newtown, SAD) (Slika 1). Karakteristike ultrazvučnog procesora su sljedeće: maksimalna izlazna snaga – 700 W i frekvencija ultrazvuka od 20 kHz.



Slika 1. Ultrazvučni procesor QSONICA SONICATORS 700 W (Qsonica Sonicators, Newtown, SAD)

Postupak tretiranja:

U laboratorijsku čašu uliti 300 mL vina, uroniti ultrazvučnu sondu promjera 12.7 mm na visinu od 2 cm i centrirati na sredinu čaše. Tijekom ultrazvučnog tretmana temperaturu održavati na $22\text{ °C} \pm 1$ hlađenjem ledom te istovremeno senzorom mjeriti temperaturu uzorka. Definirani parametri ultrazvučnog tretmana su sljedeći: promjer sonde 12.7 mm, amplituda (25, 50, 75 i 100 %) te vrijeme trajanja tretmana (3 i 9 minuta). Osam uzoraka bijelog vina Graševina s oznakom $G_1 - G_8$ te osam uzoraka crnog vina Cabernet Sauvignon $CS_1 - CS_8$ podvrgnuti ultrazvučnom tretmanu prema planu pokusa prikazanom u tablici 1. Svaki pojedini tretman proveden je u duplikatu. Uzorak vina koji nije tretiran ultrazvukom nazvan je kontrolnim uzorkom. Analize pojedinih komponenti provedene su nakon tretmana ultrazvukom.

Tablica 1. Plan pokusa upotrebom ultrazvučne sonde promjera 12.7 mm uz zadane parametre

Naziv uzorka	Amplituda ultrazvuka (%)	Vrijeme tretiranja (min)
G ₁	25	3
G ₂	50	3
G ₃	75	3
G ₄	100	3
G ₅	25	9
G ₆	50	9
G ₇	75	9
G ₈	100	9
CS ₁	25	3
CS ₂	50	3
CS ₃	75	3
CS ₄	100	3
CS ₅	25	9
CS ₆	50	9
CS ₇	75	9
CS ₈	100	9

3.2.2. Određivanje kromatskih karakteristika CIE L*a*b* metodom

Princip određivanja:

CIE L*a*b* prostorni model boja je trodimenzionalni sustav boja koji se temelji na percepciji standardnog promatrača kojeg predstavlja statistički podatak dobiven nizom mjerenja i najbliži je vizualnoj percepciji (14). Koordinate CIE Lab sustava boja se temelji na Heringovoj teoriji suprotnih parova boja, koje ujedno predstavljaju i osi sustava. Kromatske karakteristike vina prema CIE Lab sustavu tako opisuju sljedeći parametri: akromatska os L (svjetlina) sa vrijednostima u rasponu od 0 % do 100 %, pri čemu je 0 % crna, a 100 % bijela; raspon boja crveno-zelena za os a (vrijednost a); raspon boja žuto-plavo za os b (vrijednost b), C (kromatičnost) te H (kut tona boje) (15).

Postupak određivanja:

Mjerenje transmisije provesti skeniranjem valnih duljina od 380 do 780 nm, svakih 5 nm, uz D65 iluminant i kut promatrača 10°, u kiveti od 1 cm nasuprot destiliranoj vodi kao slijepoj probi.

Račun:

Ukupna promjena boje između referentnog (netretiranog) uzorka odnosno standarda i ostalih uzoraka prema CIE Lab sustavu (15) izračunava se sljedećom formulom:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

$$\Delta L^* = L_1^* - L_2^* \quad (2)$$

$$\Delta a^* = a_1^* - a_2^* \quad (3)$$

$$\Delta b^* = b_1^* - b_2^* \quad (4)$$

gdje se veličine L_1^* , a_1^* i b_1^* odnose na boju kojoj se mjeri odstupanje (uzorak), a veličine L_2^* , a_2^* i b_2^* na referentnu boju (standard), pri čemu pozitivne vrijednosti pojedinih razlika (ΔL^* , Δa^* , Δb^*) znače da uzorak ima više te varijable u odnosu na standard. Na primjer, ako je razlika u svjetlini pozitivna vrijednost ($\Delta L^* > 0$), to znači da je uzorak svjetliji od standarda, i obrnuto.

Ovisno o izmjerenim vrijednostima parametra ΔE u odnosu na standard moguće su sljedeće mogućnosti (16):

$\Delta E^* < 0,2$	razlika boja se ne vidi
$\Delta E^* = (0,2 - 1)$	razlika boja se primjećuje
$\Delta E^* = (1 - 3)$	razlika boja se vidi
$\Delta E^* = (3 - 6)$	razlika boja se dobro vidi
$\Delta E^* > 6$	očigledna odstupanja boja

3.2.3. Određivanje slobodnog i ukupnog sumporovog dioksida

Princip određivanja:

U kontrolnim i ultrazvukom tretiranim vinima, neposredno nakon primjene ultrazvučnog tretmana, izmjerene su koncentracije slobodnog i ukupnog sumporovog dioksida (SO₂). Mjerenje je provedeno na uređaju za mjerenje sumporovog dioksida LDS Sulflyser titracijom otopinom jodid/jodata pri čemu se jod reducira, a sumporov dioksid oksidira, uz potenciometrijsko određivanje krajnje točke titracije pomoću LED indikatora.

Postupak određivanja slobodnog sumporovog dioksida:

Slobodni SO₂ u vinima odrediti na sljedeći način: u staklenu čašu od 50 mL otpipetirati 25 mL uzorka vina i 5 mL komercijalne otopine sulfatne kiseline koncentracije 1/3, u čašu dodati magnet za miješanje te čašu postaviti na uređaj. Potom u čašu spustiti elektrodu te uključiti miješanje. Titraciju provesti komercijalnom otopinom jodid/jodata N/64, kojeg je potrebno dodavati u intervalima od 1 sekunde pritiskom na titracijsku tipku uređaja, sve do pojave crvenog LED signala koji se zadržava kroz 5 sekundi, što označava kraj titracije.

Račun:

Utrošak otopine jodid/jodata pomnožiti s faktorom 20, te dobivenu vrijednost slobodnog SO₂ izraziti u mgL⁻¹.

Postupak određivanja ukupnog sumporovog dioksida:

Ukupni SO₂ u vinima odrediti na sljedeći način: u staklenu čašu od 50 mL otpipetirati 10 mL uzorka vina i 2 mL 2N komercijalne otopine lužine. Nakon 5 minuta u čašu dodati 20 mL komercijalne otopine sulfatne kiseline koncentracije 1/10 i magnet za miješanje te čašu postaviti na uređaj. Potom u čašu spustiti elektrodu te uključiti miješanje. Titraciju provesti komercijalnom otopinom jodid/jodata N/64, kojeg je potrebno dodavati u intervalima od 1 sekunde pritiskom na titracijsku tipku uređaja, sve do pojave crvenog LED signala koji se zadržava kroz 5 sekundi, što označava kraj titracije.

Račun:

Utrošak otopine jodid/jodata pomnožiti s faktorom 50, pri čemu dobivenu vrijednost slobodnog SO₂ izraziti u mgL⁻¹.

3.2.4. Određivanje koncentracije otopljenog kisika

Princip određivanja:

U kontrolnim i ultrazvukom tretiranim vinima, neposredno nakon primjene ultrazvučnog tretmana, izmjerena je koncentracija kisika. Mjerenje je provedeno pomoću uređaja za mjerenje kisika Nomasense O2 P6000 koje se bazira na principu luminiscencije. Sastavni dio uređaja je i temperaturna sonda, pri čemu se ujedno vrši i korekcija na temelju temperature vina.

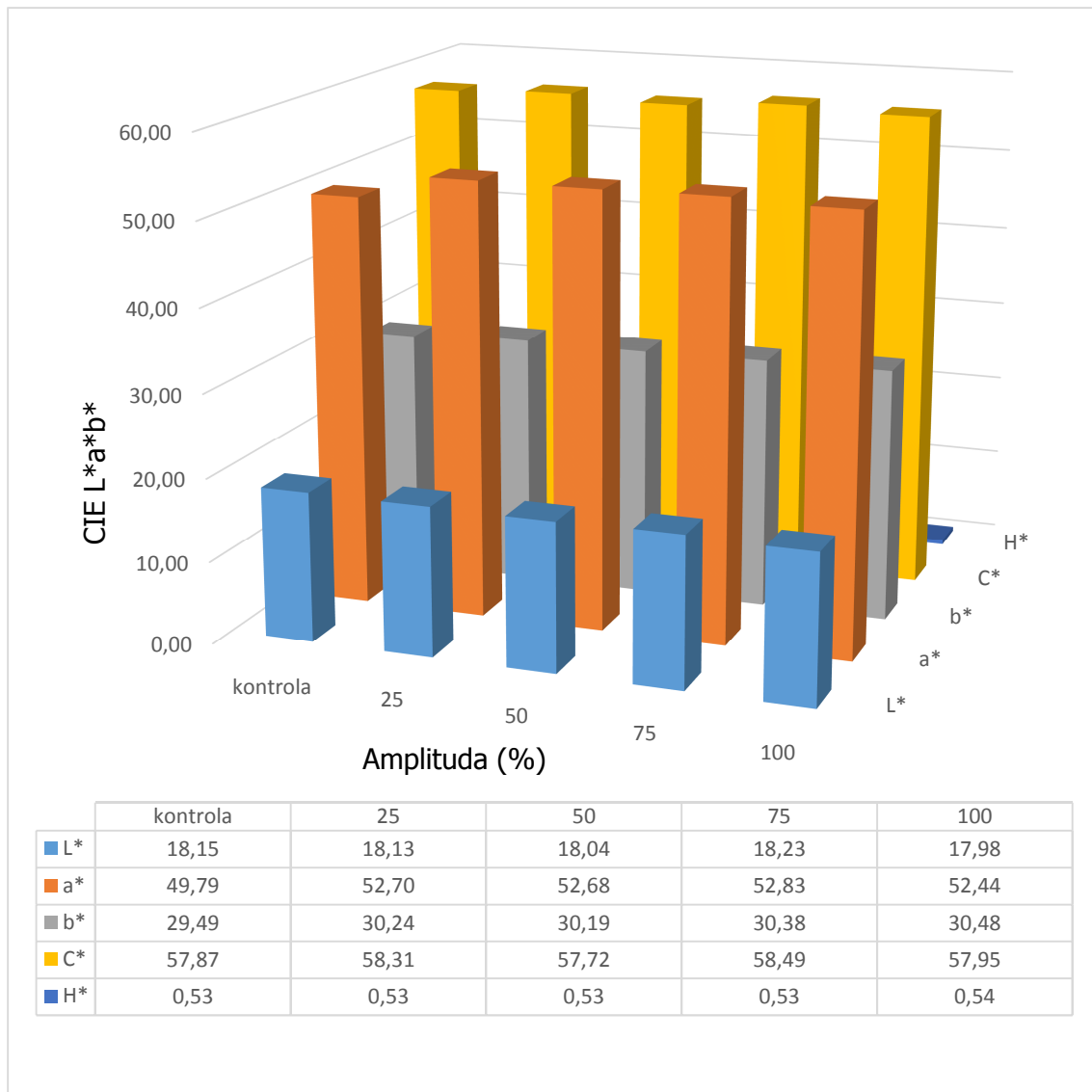
Postupak određivanja:

Neposredno nakon tretmana izmjeriti koncentraciju otopljenog kisika u tretiranim vinima uranjanjem sonde tzv. dipping probe, kojoj je detekcijski limit $15 \mu\text{gL}^{-1}$ kisika i temperature sonde.

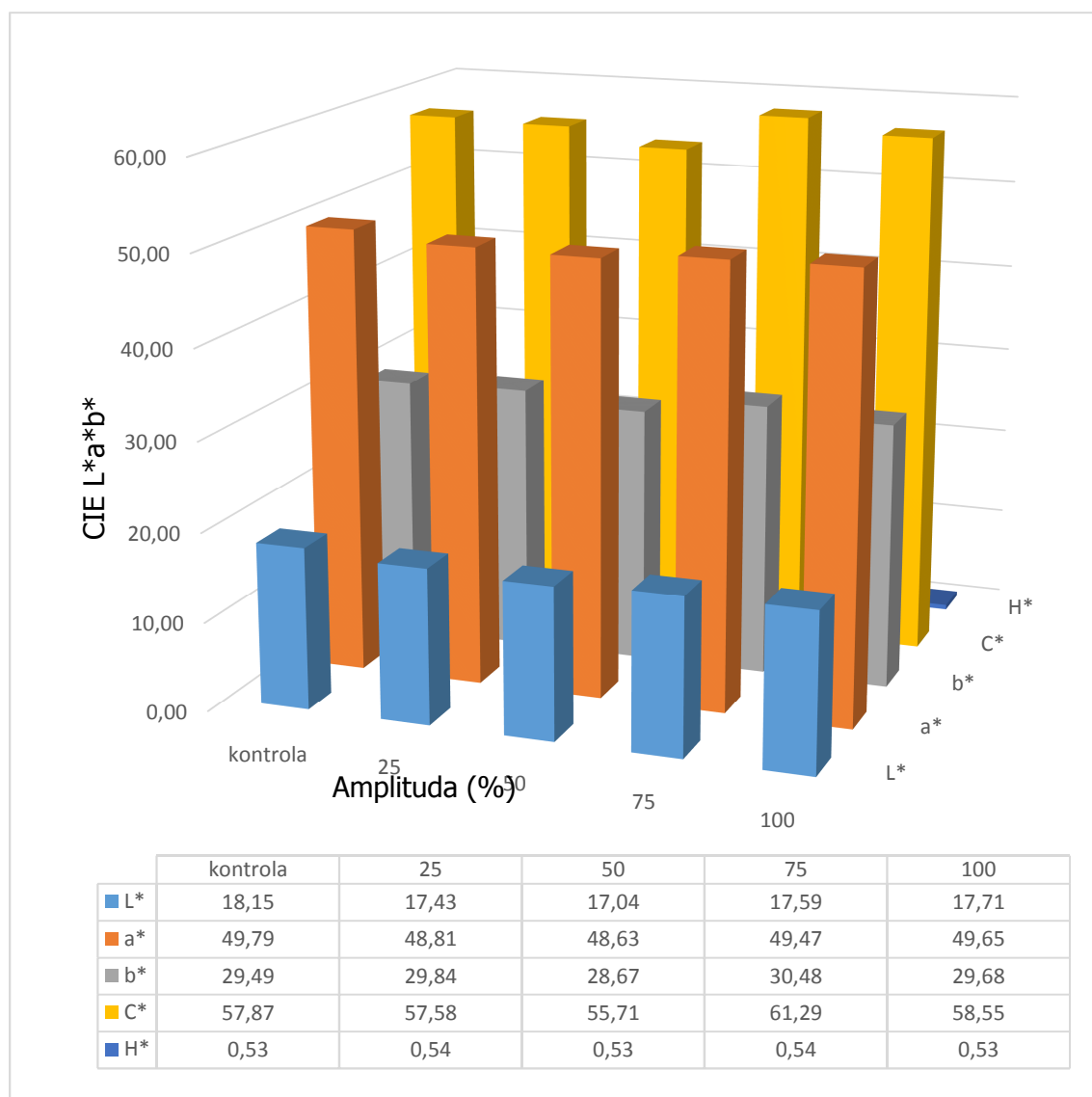
4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1. Rezultati i rasprava za crno vino

4.1.1. Kromatske karakteristike



Slika 2. Prikaz kromatskih karakteristika crnog vina određenih CIE Lab metodom. Uzorci vina (CS₁-CS₄) prethodno tretirani ultrazvukom visokih snaga u trajanju od 3 minute



Slika 3. Prikaz kromatskih karakteristika crnog vina određenih CIE Lab metodom. Uzorci vina (CS₅-CS₈) prethodno tretirani ultrazvukom visokih snaga u trajanju od 9 minuta

Tablica 2. Prikaz ukupne razlike boja između kontrolnog uzorka i uzoraka vina tretiranih ultrazvukom u trajanju od 3 minute

KOLORIMETRIJSKA RAZLIKA	ΔL	Δa	Δb	ΔE
Usporedba kontrole i CS ₁ :	-0,02	2,91	0,75	3,007616
Usporedba kontrole i CS ₂	-0,11	2,89	0,70	2,977047
Usporedba kontrole i CS ₃	0,08	3,04	0,89	3,166077
Usporedba kontrole i CS ₄	-0,17	2,65	0,99	2,834211

Tablica 3. Prikaz ukupne razlike boja između kontrolnog uzorka i uzoraka vina tretiranih ultrazvukom u trajanju od 9 minuta

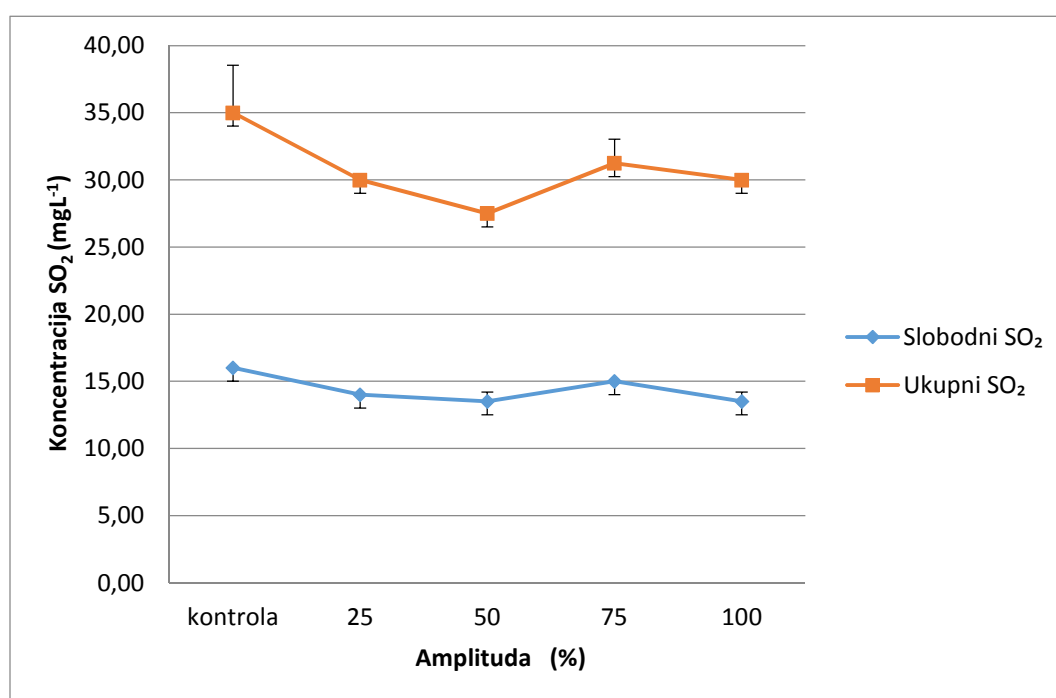
KOLORIMETRIJSKA RAZLIKA	ΔL	Δa	Δb	ΔE
Usporedba kontrole i CS ₅ :	-0,72	-0,98	0,35	1,266053
Usporedba kontrole i CS ₆	-1,11	-1,16	-0,82	1,800663
Usporedba kontrole i CS ₇	-0,56	-0,32	0,99	1,182285
Usporedba kontrole i CS ₈	-0,44	-0,14	0,19	0,497972

Metoda korištena za analizu boje je CIE L*a*b* metoda čiji parametri omogućavaju vrlo preciznu definiciju kromatskih karakteristika vina (17). Boja vina i intenzitet su vizualni indikatori kvalitete vina te su povezani sa koncentracijom antiosidansa odgovornih za intenzitet boje. Na slikama 2 i 3 prikazane su kolorimetrijske koordinate CIE L*a*b* sustava gdje uočavamo da nije došlo do značajnih razlika u vrijednostima kolorimetrijskih parametara između kontrolnog uzorka i ultrazvukom tretiranih uzoraka. Kako bi se precizno odredile promjene u kromatskim karakteristikama izračunat je parametar ΔE prema jednadžbi 1 koji uzima u obzir razlike u kolorimetrijskim koordinatama L*, a* i b* (18). U tablicama 2 i 3 se nalaze podaci o kolorimetrijskim razlikama dvaju tretmana izračunatih prema prethodno spomenutoj jednadžbi.

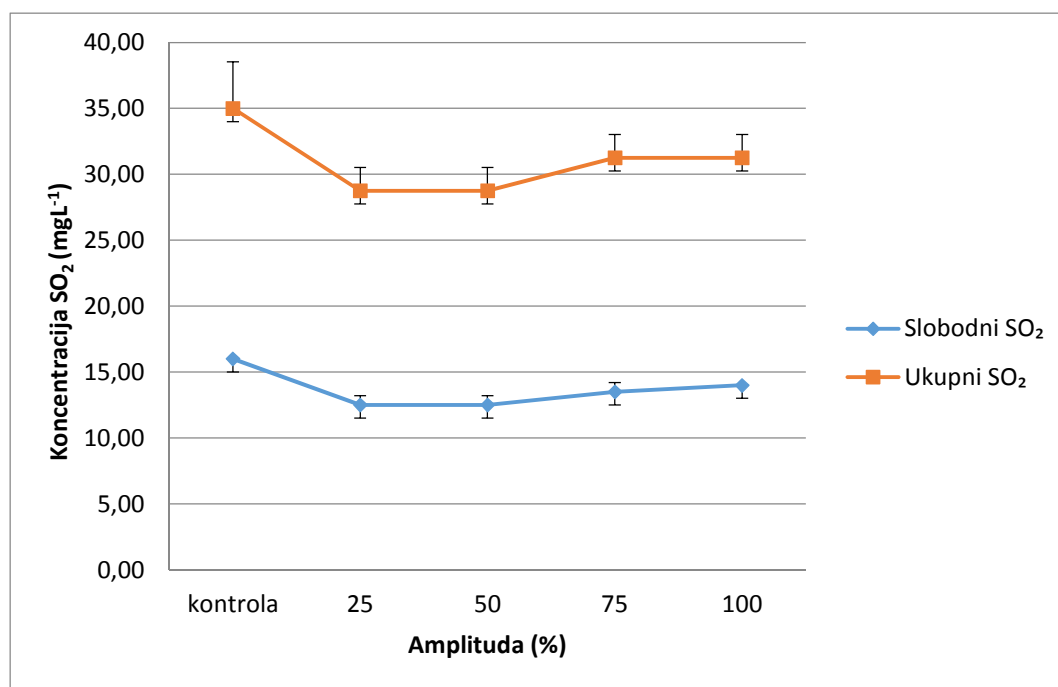
Sveukupna kolorimetrijska razlika netretiranog vina u odnosu na uzorke koji su bili podvrgnuti ultrazvučnom tretmanu je izračunata kako bi se procijenilo da li je došlo do vidljive promjene u boji. Teoretski limit percepcije ljudskog oka $\Delta E > 3$ je predložen kao prag

za uočavanje promjene boja kod crnog vina (2). Vrijednosti ΔE uzoraka CS₁ – CS₄ su bliže teoretskom limitu percepcije nego uzorci CS₅-CS₈. Najveća vrijednost kolorimetrijske razlike je zabilježena kod uzorka CS₃ a iznosi 3,16 koji je tretiran ultrazvukom tri minute jakosti amplitude 75 %, nakon njega slijedi CS₁ kod kojeg je vrijednost ΔE 3,00 tretiran također tri minute jakosti amplitude 25 %. Kod uzoraka tretiranih devet minuta izračunate vrijednosti ΔE su znatno niže stoga možemo zaključiti da nisu primjetne ljudskim okom. Osim različitih primijenjenih procesnih parametara, jedan od mogućih razloga za dobivene razlike u promjenama boje među tretiranim uzorcima su i različite koncentracije slobodnog SO₂ koji može smanjiti intenzitet boje vina (2).

4.1.2. Slobodni i ukupni sumporov dioksid



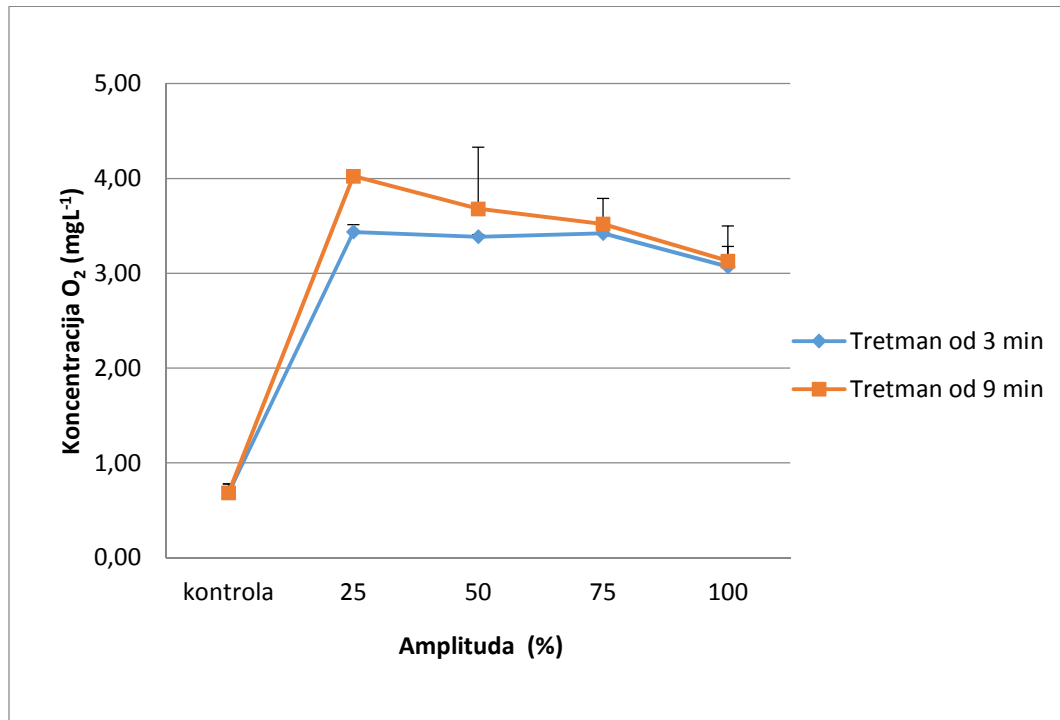
Slika 4. Prikaz koncentracije ukupnog i slobodnog sumpornog dioksida u crnom vinu prethodno tretiranom ultrazvukom visokih snaga u trajanju od 3 minute pri različitim amplitudama



Slika 5. Prikaz koncentracije ukupnog i slobodnog sumpornog dioksida u crnom vinu prethodno tretiranom ultrazvukom visokih snaga u trajanju od 9 minuta pri različitim amplitudama

Na slici 4 prikazane su koncentracije SO₂ pri amplitudama jakosti 25, 50, 75 i 100 % u uzorku crnog vina tretiranog ultrazvukom u trajanju od tri minute. Na slici 5 prikazane su koncentracije SO₂ pri amplitudama jakosti 25, 50, 75 i 100 % u uzorku crnog vina tretiranog ultrazvukom u trajanju od devet minuta. Uočavamo da je pri tretmanu u trajanju od tri minute najveća koncentracija slobodnog i ukupnog SO₂ zabilježena u kontrolnom odnosno netretiranom uzorku, dok je najniža koncentracija zabilježena pri tretiranju uzorka amplitudom jakosti 50 %. Pri tretmanu u trajanju devet minuta također je najveća koncentracija slobodnog i ukupnog SO₂ zabilježena kod kontrolnog uzorka, dok je najniža koncentracija ukupnog i slobodnog SO₂ zabilježena kod uzorka tretiranog amplitudom jakosti 25 %. Sigurna finalna koncentracija slobodnog SO₂ u vinu je definirana od strane Internacionalne organizacije za vino koja iznosi 10-20 mgL⁻¹ (19). Na slikama 4 i 5 vidimo da je koncentracija slobodnog SO₂ nakon tretiranja ultrazvukom u trajanju od tri i devet minuta jakosti amplitude 100% pala ispod 15 mgL⁻¹ dok je kod referentnog uzorka koncentracija SO₂ bila iznad 15 mgL⁻¹. U uzorcima vina tretiranih amplitudama jakosti 25, 50 i 75 % vrijednost koncentracije SO₂ je bila niža u odnosu na kontrolu.

4.1.3. Otopljeni kisik

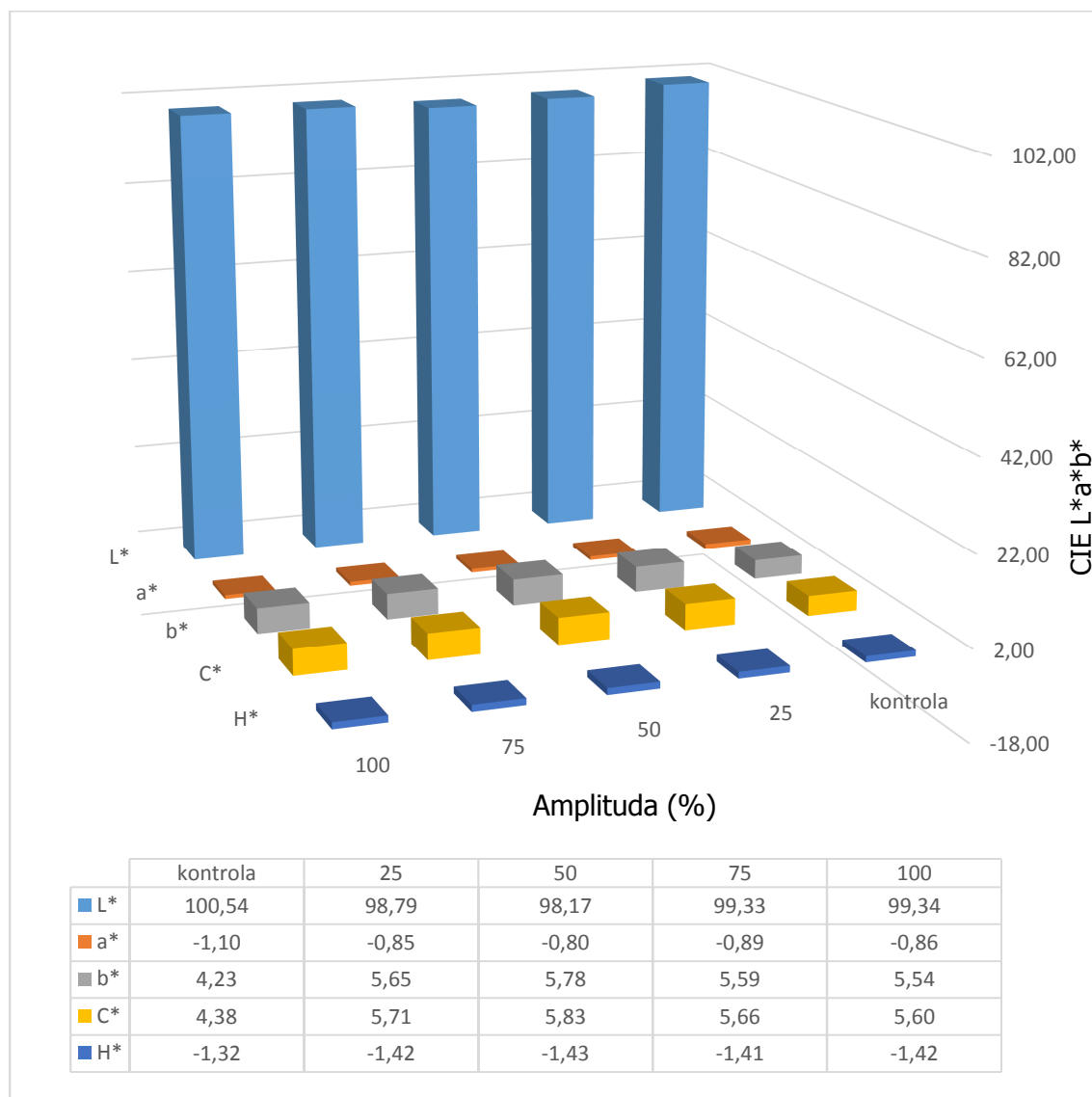


Slika 6. Prikaz koncentracije otopljenog kisika u crnom vinu prethodno tretiranom ultrazvukom visokih snaga u trajanju od 3 i 9 minuta pri različitim amplitudama

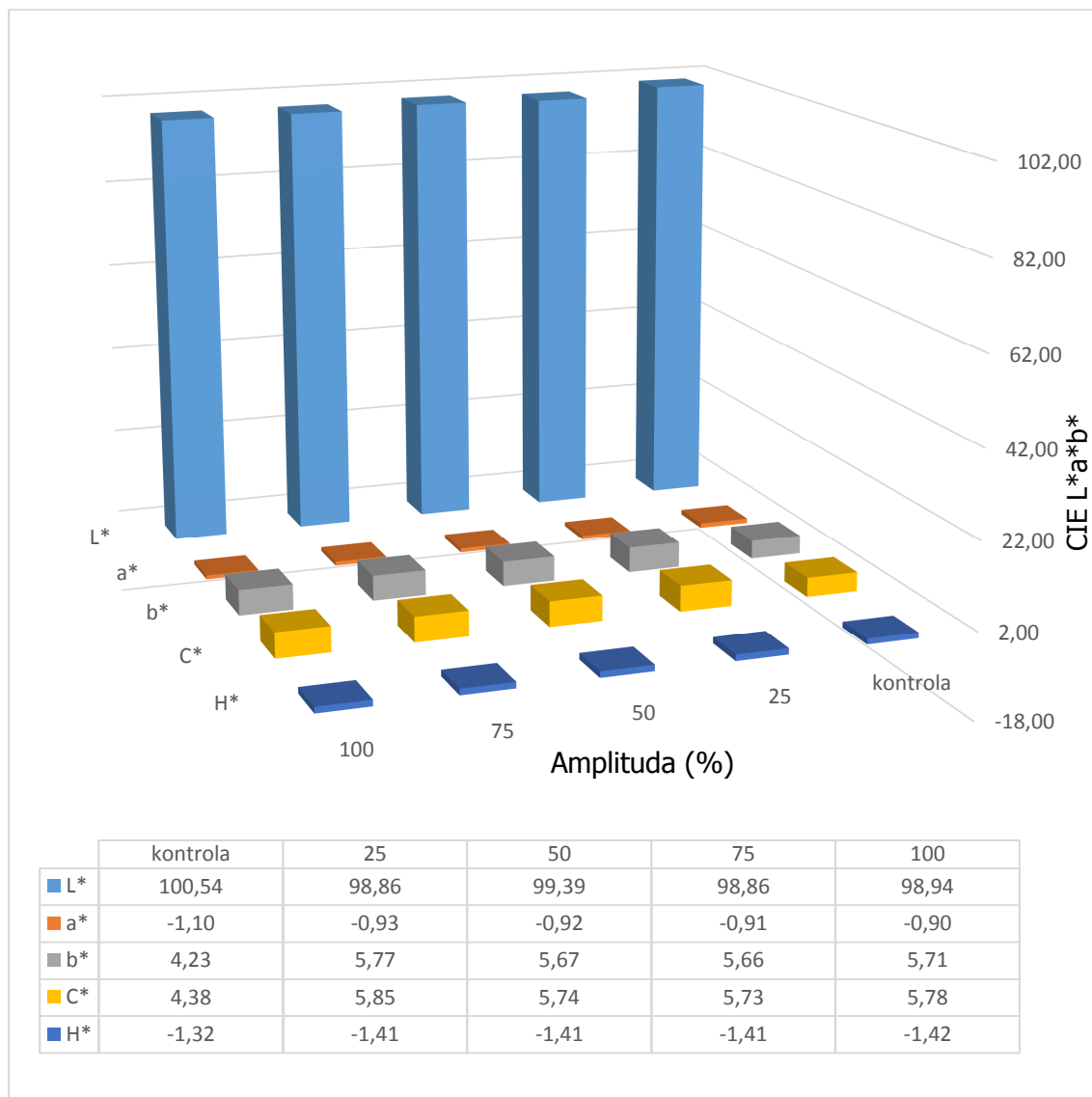
Koncentracija otopljenog kisika prije i nakon tretmana ultrazvukom visokih snaga u uzorcima crnog vina je prikazana na slici 6. Crvenom linijom je prikazana koncentracija otopljenog kisika u uzorcima vina tretiranih ultrazvukom u trajanju od devet minuta. Plavom linijom je prikazana koncentracija otopljenog kisika u uzorcima vina tretiranih ultrazvukom u trajanju od tri minute. Uočavamo da je kod oba tretmana zabilježena najviša koncentracija kisika pri amplitudi od 25 % dok je daljnje povećavanje jakosti amplitude rezultiralo smanjenjem koncentracije otopljenog kisika do vrijednosti 3,13 mgL⁻¹.

4.2. Rezultati i rasprava za bijelo vino

4.2.1. Kromatske karakteristike



Slika 7. Prikaz kromatskih karakteristika bijelog vina određenih CIE Lab metodom. Uzorci vina (G_1 - G_4) prethodno tretirani ultrazvukom visokih snaga u trajanju od 3 minute



Slika 8. Prikaz kromatskih karakteristika bijelog vina određenih CIE Lab metodom. Uzorci vina (G₅-G₈) prethodno tretirani ultrazvukom visokih snaga u trajanju od 9 minuta

Tablica 4. Prikaz ukupne razlike boja između kontrolnog uzorka i uzoraka bijelog vina tretiranih ultrazvukom tri minute

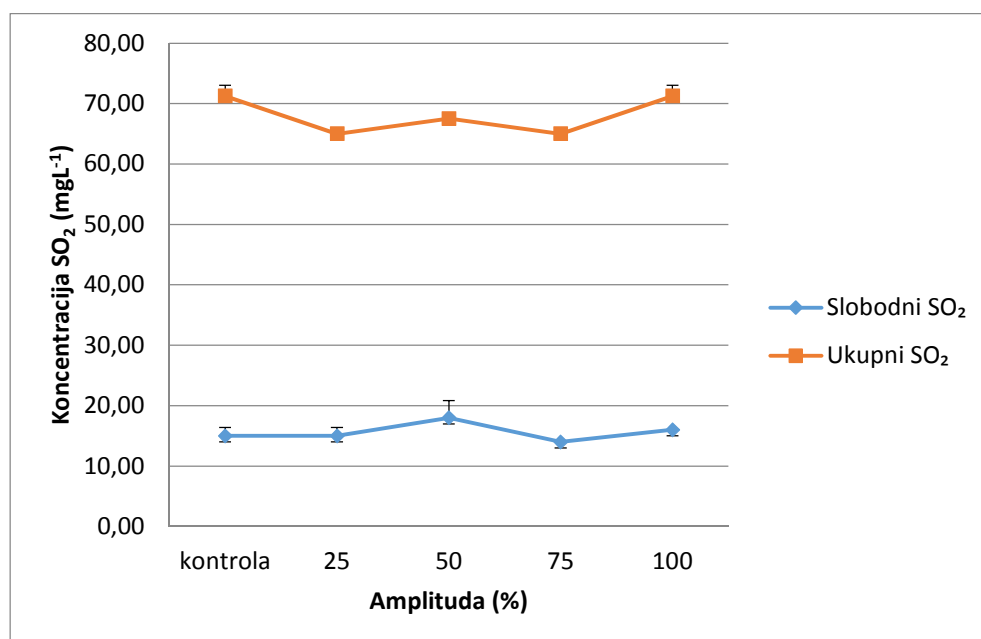
KOLORIMETRIJSKA RAZLIKA	ΔL	Δa	Δb	ΔE
Usporedba kontrole i G1:	-1,75	0,25	1,41	2,263086
Usporedba kontrole i G2	-2,37	0,31	1,54	2,846135
Usporedba kontrole i G3	-1,21	0,21	1,35	1,82731
Usporedba kontrole i G4	-1,20	0,24	1,30	1,78824

Tablica 5. prikaz ukupne razlike boja između kontrolnog uzorka uzoraka bijelog vina tretiranih ultrazvukom devet minuta

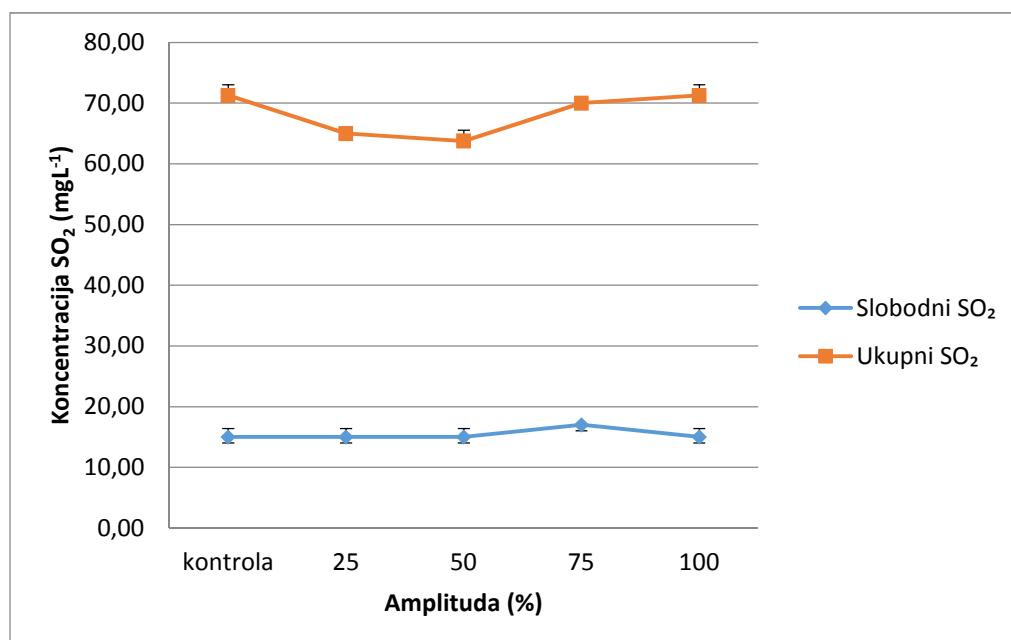
KOLORIMETRIJSKA RAZLIKA	ΔL	Δa	Δb	ΔE
Usporedba kontrole i G ₅ :	-1,68	0,18	1,54	2,284128
Usporedba kontrole i G ₆	-1,15	0,18	1,43	1,842897
Usporedba kontrole i G ₇	-1,67	0,20	1,43	2,207793
Usporedba kontrole i G ₈	-1,60	0,21	1,48	2,185867

Na slikama 7 i 8 prikazane su kromatske karakteristike bijelog vina tretiranog ultrazvukom u trajanju od tri i devet minuta. U tablicama 4 i 5 se nalazi prikaz ukupne razlike boja izračunate prema jednadžbi 1. Na temelju vrijednosti za ΔE (16) možemo zaključiti da kolorimetrijske promjene u uzorcima G₁-G₈ nisu primjetne ljudskim okom, odnosno da nije došlo do značajne promjene u boji tretiranih uzoraka kao ni kod uzoraka crnog vina (Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.).

4.2.2. Slobodni i ukupni sumporov dioksid



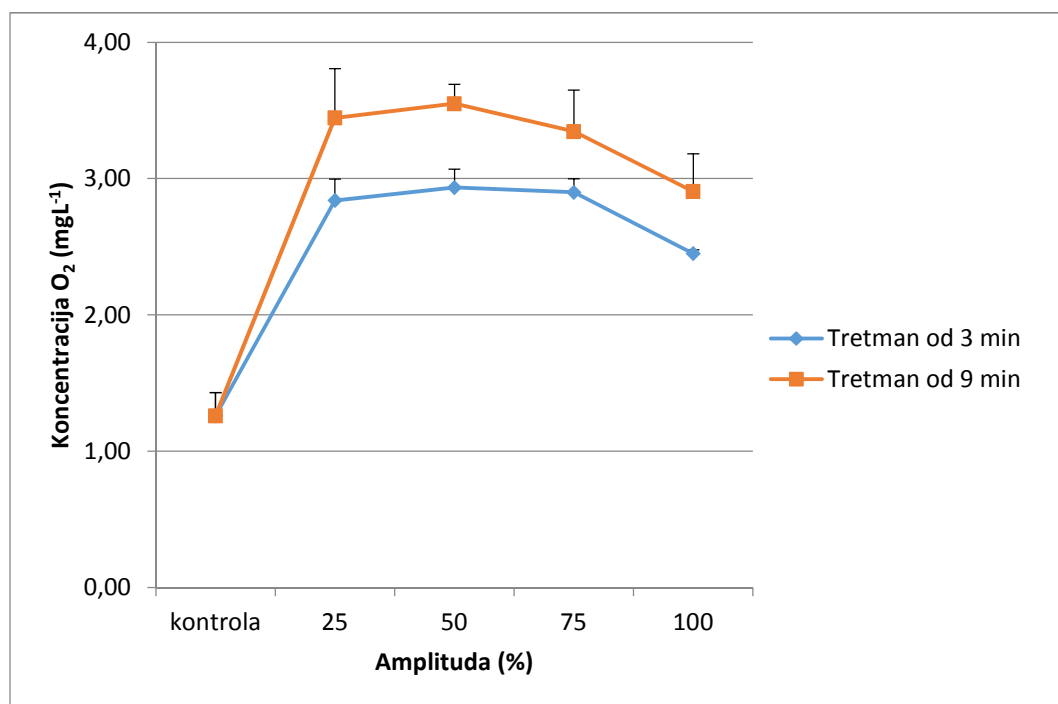
Slika 9. Prikaz koncentracije ukupnog i slobodnog sumpornog dioksida u bijelom vinu prethodno tretiranom ultrazvukom visokih snaga u trajanju od 3 minute pri različitim amplitudama



Slika 10. Prikaz koncentracije ukupnog i slobodnog sumpornog dioksida u bijelom vinu prethodno tretiranom ultrazvukom visokih snaga u trajanju od 9 minuta pri različitim amplitudama

Na slici 9 su prikazane koncentracije ukupnog i slobodnog SO₂ pri amplitudama jakosti 25, 50, 75 i 100 % u uzorcima bijelog vina tretiranih ultrazvukom u trajanju od tri minute, a na slici 10 su prikazane koncentracije ukupnog i slobodnog SO₂ pri amplitudama jakosti 25, 50, 75 i 100 % u uzorcima bijelog vina tretiranih ultrazvukom u trajanju od devet minuta. Crvenom linijom je na obje slike prikazana koncentracija ukupnog SO₂, dok je plavom linijom prikazana koncentracija slobodnog SO₂. Uočavamo da je pri tretmanu od tri minute najveća koncentracija ukupnog SO₂ zabilježena u kontrolnom uzorku, a najniža u uzorku tretiranom amplitudom 25 % dok je najveća koncentracija slobodnog SO₂ zabilježena u uzorku tretiranom amplitudom jakosti 50 %, a najniža u uzorku tretiranom amplitudom jakosti 75 %. Pri tretmanu od devet minuta najveća koncentracija ukupnog SO₂ je zabilježena u kontrolnom uzorku te u uzorku tretiranom amplitudom jakosti 100 %, a najniža koncentracija ukupnog SO₂ u uzorku tretiranom amplitudom jakosti 50 %. Najveća koncentracija slobodnog SO₂ pri tretmanu od devet minuta je zabilježena u uzorku tretiranom amplitudom jakosti 75 %, dok je najniža koncentracija zabilježena kontrolnom uzorku te u uzorcima tretiranim amplitudama jakosti 25 i 50 %.

4.2.3. Otopljeni kisik



Slika 11. Prikaz koncentracije otopljenog kisika u bijelom vinu prethodno tretiranom ultrazvukom visokih snaga u trajanju od 3 i 9 minuta pri različitim amplitudama

Koncentracija otopljenog kisika u bijelom vinu prije i nakon tretmana ultrazvukom visokih snaga u trajanju od tri i devet minuta pri različitim amplitudama je prikazana na slici 11. Crvenom linijom je prikazana koncentracija otopljenog kisika u uzorku vina tretiranog ultrazvukom u trajanju od devet minuta. Plavom linijom je prikazana koncentracija otopljenog kisika u uzorku vina tretiranog ultrazvukom u trajanju od tri minute.

Uočavamo da je kod oba tretmana zabilježena najviša koncentracija kisika pri amplitudi od 25 % te za tretman u trajanju devet minuta iznosi $3,45 \text{ mgL}^{-1}$, a za tretman u trajanju od tri minute iznosi $2,84 \text{ mgL}^{-1}$. Uočavamo da je daljnje povećanje jakosti amplitude rezultiralo smanjenjem koncentracije otopljenog kisika. Kod tretmana ultrazvukom visokih snaga u trajanju tri minute pri jakosti amplitude 100 % je koncentracija otopljenog kisika iznosila $2,45 \text{ mgL}^{-1}$, pri istoj jakosti amplitude za tretman u trajanju od devet minuta je koncentracija kisika iznosila $2,91 \text{ mgL}^{-1}$.

5. ZAKLJUČAK

Na temelju provedenog istraživanja i dobivenih rezultata možemo zaključiti slijedeće:

1. Upotreba ultrazvuka visokih snaga sondom promjera 12,7 mm, pri različitim procesnim parametrima (trajanje tretmana i amplituda), pokazala je blagi utjecaj na fizikalno-kemijska i senzorska svojstva tretiranih vina Cabernet Sauvignon i Graševina.
2. Na temelju rezultata CIE L*a*b* metode te vrijednostima za teoretski limit percepcije ljudskog oka (ΔE) uočavamo da nije došlo do značajnih razlika u vrijednostima kolorimetrijskih parametara između kontrolnih i ultrazvukom tretiranih uzoraka crnog i bijelog vina kod svih pokusnih varijanti te da ni jedan tretirani uzorak ne prelazi teoretski limit percepcije $\Delta E > 3$.
3. Primjena ultrazvuka visokih snaga kod svih pokusnih varijanti utjecala je na blago smanjenje ukupnog i slobodnog SO₂ u crnom i bijelom vinu.
4. Nakon tretmana ultrazvukom najviša koncentracija kisika zabilježena je u uzorcima crnog i bijelog vina tretiranih amplitudom jakosti 25 %, dok je daljnje povećanje jakosti amplitude rezultiralo smanjenjem koncentracije otopljenog kisika kod oba vina.

6. LITERATURA

- (1) Considine J. A., Frankish E. (2013) A complete guide to quality in small-scale wine making. Academic Press. str. 1-10.
- (2) Santos M. C., Nunes C., Saraiva J. A., Coimbra M. A. (2012) Chemical and physical methodologies for the replacement/reduction of sulfur dioxide use during winemaking: review of their potentialities and limitations. *European Food Research & Technology* **234**(1): 1-12.
- (3) García Martín J. F., Sun D. W. (2013) Ultrasound and electric fields as novel techniques for assisting the wine ageing process: The state-of-the-art research. *Trends in food science and technology* **33**(1): 40-53.
- (4) Režek Jambrak A., Vukušić T. (2016) Ultrasound in the beverage industry (I): Effects on beverages. U: Applications of ultrasound in the beverage industry, 1. izd., García Martín, J. F., ur., Food Science and Technology, Nova Science Publishers, Inc. str. 1-18.
- (5) McClements, D.J. (1995) Advances in the application of ultrasound in food analysis and processing. *Trends in food science & technology* **6**: 293.
- (6) Powles A. E., Martin D. J., Wells I. T., Goodwin C. R. (2018) Physics of ultrasound. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine* **19**(4): 202-205.
- (7) Drmić H., Režek Jambrak A. (2010) Ultrazvučna ekstrakcija bioaktivnih spojeva. *Croatian Journal of Food Science and Technology* **2**(2): 22-33.
- (8) García Martín, J. F., Sun, D. W. (2013). Ultrasound and electric fields as novel techniques for assisting the wine ageing process: The state-of-the-art research. *Trends in food science & technology* **33**(1): 40-53.
- (9) Jiranek V., Grbin, P., Yap A., Barnes M., Bates D. (2008) High power ultrasonics as a novel tool offering new opportunities for managing wine microbiology. *Biotechnology letters* **30**(1): 1-6.
- (10) Jackson, R.S. (2008) Wine science: Principals and applications, 3. izd., Elsevier. str. 312-317.
- (11) Santos M. C., Nunes C., Saraiva J. A., Coimbra M. A. (2012) Chemical and physical methodologies for the replacement/reduction of sulfur dioxide use during winemaking: review of their potentialities and limitations. *European Food Research and Technology* **234**(1): 1-12.
- (12) Du Toit W. J., Marais J., Pretorius I. S., Du Toit M. (2017) Oxygen in must and wine: A review. *South African Journal of Enology and Viticulture* **27**(1): 76-94.

- (13) Ferreira V., Carrascon V., Bueno M., Ugliano M., Fernandez-Zurbano P. (2015) Oxygen consumption by red wines. Part I: consumption rates, relationship with chemical composition, and role of SO₂. *Journal of agricultural and food chemistry* **63**(51): 10928-10937.
- (14) CIE, Central Bureau of the Commission Internationale de L'Ectarge (1986) Colorimetry, Publication CIE No. 15.2., Vienna, Austria.
- (15) OIV, 2006, Method OIV-MA-AS2-11, Determination of chromatic characteristics according to CIELab. Compendium of International Analysis of Methods, R2006.
- (16) Schläpfer, K. (1993) Farbmatrik in der Reproduktionstechnik und im Mehrfarbendruck, UGRA, St. Gallen.
- (17) Esparza I., Santamaría Carolina A., Calvo Isabel., Fernández J. M. (2009) Significance of CIELAB parameters in the routine analysis of red wines Relevancia de los parametros CIELAB en el analisis de rutina de vinos tintos. *CyTA–Journal of Food* **7**(3): 189-199.
- (18)García Martín J. F., Zhang Q. A., Feng C. H. (2016) Ultrasound for accelerating the wine ageing process from physicochemical point of view. U: Applications of ultrasound in the beverage industry, 1. izd., García Martín, J. F., ur., Food Science and Technology, Nova Science Publishers, Inc. str. 89-110.
- (19) Santos M. C., Nunes C., Saraiva J. A., Coimbra M. A. (2012) Chemical and physical methodologies for the replacement/reduction of sulfur dioxide use during winemaking: review of their potentialities and limitations. *European Food Research and Technology* **234**(1): 1-12.

Izjava o izvornosti

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

Ava Maurović

ime i prezime studenta