

# Utjecaj vrste soka od jabuke na tijek fermentacije i fizikalno-kemijske karakteristike gazirane jabukovače

---

Ciberlin, Antonia

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:302356>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-06**

REPOZITORIJ

PTF OS

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

dabar  
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Repository / Repozitorij:

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



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

**Antonia Ciberlin**

**UTJECAJ VRSTE SOKA OD JABUKE NA TIJEK  
FERMENTACIJE I FIZIKALNO – KEMIJSKE  
KARAKTERISTIKE GAZIRANE JABUKOVAČE**

**DIPLOMSKI RAD**

**Osijek, rujan, 2024.**

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek  
Zavod za procesno inženjerstvo  
Katedra za bioproceno inženjerstvo  
Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Hrvatska

### Diplomski sveučilišni studij prehrambeno inženjerstvo

**Znanstveno područje:** Biotehničke znanosti  
**Znanstveno polje:** Prehrambena tehnologija  
**Nastavni predmet:** Biotehnološka proizvodnja hrane  
**Tema rada:** je prihvaćena na X. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2022./2023. održanoj 7. srpnja 2023.  
**Mentor:** izv. prof. dr. sc. Kristina Mastanjević  
**Pomoć pri izradi:** dr. sc. Ivana Ivić

### Utjecaj vrste soka od jabuke na tijek fermentacije i fizikalno – kemijske karakteristike gazirane jabukovače

Antonia Ciberlin, 0113145787

#### Sažetak:

Cider, osvježavajuće alkoholno piće dobiveno fermentacijom soka od jabuke, proizvodi se fermentacijom mošta prešanog iz različitih vrsta voća, najčešće jabuka. Krušaka, trešanja i ribiza. Fermentacija je ključan proces u proizvodnji cidera, pri kojem se šećeri pretvaraju u alkohol, a razvijaju se karakteristične arome. Za proizvodnju cidera obično se koristi mješavina različitih sorti jabuka, ovisno o dostupnosti, tradiciji i preferencijama proizvođača. Cilj ovog rada bio je proizvesti cider i analizirati njegova fizikalno kemijska svojstva. Za kvantitativnu analizu aromatskih spojeva korištena je metoda plinske kromatografije u kombinaciji s mikroekstrakcijom na čvrstoj fazi (SPME). Rezultati istraživanja pokazuju da različite sirovine i tehnološki parametri, poput izbora sorti jabuka i uvjeta fermentacije, značajno utječu na konačnu kvalitetu cidera. Ovi čimbenici ključni su za postizanje optimalnih organoleptičkih svojstava i prilagodbu proizvoda preferencijama potrošača.

**Ključne riječi:** Cider, fermentacija, sok od jabuka, hlapljivi spojevi

**Rad sadrži:** 35 stranica  
4 slika  
8 tablica  
0 priloga  
18 literaturnih referenci

**Jezik izvornika:** Hrvatski

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

1. prof. dr. sc. Vinko Krstanović	Predsjednik
2. izv. prof. dr. sc. Kristina Mastanjević	član-mentor
3. izv. prof. dr. sc. Ante Lončarić	Član
4. doc. dr. sc. Krunoslav Aladić	zamjena člana

**Datum obrane:** 27. rujna. 2024.

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

## BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

**University Josip Juraj Strossmayer in Osijek**  
**Faculty of Food Technology Osijek**  
**Department of Process Engineering**  
**Subdepartment of Bioprocess Engineering**  
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia

### Graduate program Food Engineering

**Scientific area:** Biotechnical sciences

**Scientific field:** Food technology

**Course title:** Biotechnological food production

**Thesis subject** was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no. X held on July 7, 2023.

**Mentor:** Kristina Mastanjević, PhD, associate prof.

**Technical assistance:** Ivana Ivić, PhD

### **Influence of apple juice type on fermentation course and physicochemical properties of hard apple cider**

Antonia Ciberlin, 0113145787

#### Summary:

Cider, a refreshing alcoholic beverage obtained through the fermentation of apple juice, is produced by fermenting the must pressed from various types of fruit, most commonly apples, but also pears, cherries, and currants. Fermentation is a key process in cider production, during which sugars are converted into alcohol, and characteristic aromas developed. The production of cider typically involves a blend of different apple varieties, depending on availability, tradition, and producer preferences. The aim of this thesis was to produce cider and analyze its physicochemical properties. For the quantitative analysis of aromatic compounds, the method of gas chromatography combined with solid-phase microextraction (SPME) was used. The research results show that different raw materials and technological parameters, such as the choice of apple varieties and fermentation conditions, significantly influence the final quality of the cider. These factors are crucial for achieving optimal organoleptic properties and tailoring the product to consumer preferences.

**Key words:** Cider, fermentation, apple juice, volatile compounds

**Thesis contains:** 35 pages  
4 figures  
8 tables  
0 supplements  
18 references

**Original in:** Croatian

#### Defense committee:

- |   |              |
|---|--------------|
| 1. Vinko Krstanović, PhD, prof.               | chair person |
| 2. Kristina Mastanjević, PhD, associate prof. | Supervisor   |
| 3. Ante Lončarić, PhD, associate prof.        | Member       |
| 4. Krunoslav Aladić, PhD, assistant prof.     | stand-in     |

**Defense date:** September 27, 2024

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

**DIPLOMSKI RAD JAVNO JE OBRANJEN DANA**

27. 9. 2024

---


**TE OCIJENJEN USPJEHOM**

IZVRSTAN (5)

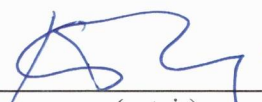
---

**Pred Povjerenstvom za obranu diplomskog rada:**

1. prof. dr. sc. Vinko Krstanović - predsjednik

u/z   
(potpis)

2. izv. prof. dr. sc. Kristina Mastanjević - član

  
(potpis)

3. izv. prof. dr. sc. Ante Lončarić - član

  
(potpis)

Iskreno zahvaljujem svojoj mentorici na nesebičnoj pomoći, stručnim savjetima i konstruktivnim kritikama koje su uvelike doprinijele uspješnom završetku ovog rada.

Posebnu zahvalnost upućujem svojim roditeljima i sestri, čija su me ljubav, podrška i strpljenje pratili tijekom cijelog mog obrazovanja.

Na kraju, od srca zahvaljujem svojim prijateljima i kolegama, koji su uvijek bili uz mene, pružajući mi podršku i ohrabrenje u svakom trenutku.

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. TEORIJSKI DIO .....	3
2.1. KEMIJSKI SASTAV JABUKA .....	4
2.2. SORTE JABUKA .....	5
2.3. POVIJEST .....	6
2.4. JABUČNO VINO I CIDER .....	7
2.5. CIDER NA TRŽIŠTU.....	8
3. EKSPERIMENTALNI DIO .....	11
3.1. ZADATAK.....	12
3.2. PROIZVODNJA HARD.....	12
3.3. FIZIKALNO-KEMIJSKA ANALIZA .....	14
3.4. ODREĐIVANJE HLAPIVIH SPOJEVA.....	15
3.5. SEZNORSKA ANALIZA I ISPITIVANJE .....	17
4. REZULTATI I RASPRAVA.....	19
4.1. FIZIKALNO KEMIJSKI PARAMETRI SOKA OD JABUKE I PROIZVODA .....	20
4.2. PRAĆENJE FERMENTACIJSKOG PROCESA .....	21
4.3. USPOREDBA AROMATSKIH/HLAPLJIVIH SPOJEVA .....	22
4.4. PROMJENA KONCENTRACIJE ALKOHOLA TIJEKOM ODLEŽAVANJA.....	25
4.5. REZULTATI SENZORSKE ANALIZE I PITKOSTI CIDERA .....	27
5. ZAKLJUČCI .....	29
6. LITERATURA .....	31
7. PRILOZI.....	34
POPIS SLIKA: .....	35
POPIS TABLICA: .....	35
POPIS JEDNADŽBI: .....	35

## Popis oznaka, kratica i simbola

PTF	Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek
HAH	Hrvatska agencija za hranu
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Point
SPME	Mikroekstrakcija krute faze
GS-MS	Plinska kromatografija
NIST	Nacionalni institut za standarde i tehnologiju
RT	Retencijsko vrijeme
NaCl	Natrijev klorid
CO <sub>2</sub>	Ugljikov(IV) oksid
SO <sub>2</sub>	Sumporov(IV) oksid



## **1. UVOD**

Voćna vina ili cider proizvode se fermentacijom mošta dobivenog prešanjem raznih vrsta voća od kojih se najčešće koriste jabuke, kruške, trešnja, ribiz i slično. Proces proizvodnje cidera vrlo je sličan proizvodnji vina od grožđa, ali umjesto grožđa koristi se voće različitih vrsta (Radiković 2022).

Prerada započinje berbom jabuka, pri čemu se koristi prešanje i muljanje svježih plodova kako bi se dobio čisti sok (mošt). Svaka sorta jabuka dozrijeva u specifično vrijeme, što znači da se različite sorte beru u različitim fazama zrenja. Berba se najčešće provodi tresenjem stabala, pri čemu zreli plodovi padaju na tlo.

Voćna vina temelje se na voću, nisu destilirana niti fermentirana, te stoga zadržavaju većinu hranjivih tvari prisutnih u izvornom voćnom soku. Tehnološki proces proizvodnje voćnih vina i cidera je gotovo identičan proizvodnji samog vina od grožđa, i kao takav obuhvaća osnovne operacije poput muljanja ploda, prešanja, maceracije, fermentacije, stabilizacije, odležavanja i slično (Čakar i sur., 2016).

Prema *Pravilniku o vinarstvu*, NN 81/2022, voćnim vinom se smatra prehrambeni proizvod dobiven alkoholnim vrenjem soka ili pulpe svježeg i za to pripremljenog koštičavog, jezgričavog, jagodičastog, bobičastog i ostalog voća, isključujući vinsko i stolno grožđe, a koji ima sadržaj prirodnog alkohola od najmanje 1,2 % do najviše 18% vol. (Radiković 2022).

Cilj ovog diplomskog rada je proizvodnja cidera te istraživanje fizikalno - kemijskih karakteristika proizvoda. Proces proizvodnje započinje berbom voća, koja se obično provodi ručno kako bi se osigurao odabir samo najkvalitetnijih plodova. Nakon berbe, voće se pažljivo sortira, zbog uklanjanja neželjenih dijelova, poput peteljki i trulog voća. Sljedeći korak uključuje drobljenje ili cijedenje voća kako bi se oslobodili sokovi i šećeri. Ovaj korak je ključan, jer kvaliteta soka izravno utječe na kvalitetu finalnog proizvoda. Dobiveni voćni sok prenosi se u fermentacijske posude. Fermentacija je ključni proces u proizvodnji cidera, tijekom kojeg se šećeri pretvaraju u alkohol, a istovremeno se oslobađaju karakteristične arome. U ovom procesu, dodavanje specifičnih kvasaca može dodatno naglasiti voćne arome. Nakon završetka fermentacije, cider prolazi kroz proces odležavanja, koji omogućuje dublji razvoj vinskih karakteristika. Cider se može pohraniti u drvenim bačvama ili čeličnim posudama, ovisno o željenom stilu i karakteristikama konačnog proizvoda (Gurjanov i sur., 2021).

## **2. TEORIJSKI DIO**

## 2.1. KEMIJSKI SASTAV JABUKA

Jabuka je najrasprostranjenija sorta voća u svijetu. Pripada rodu *Malus* i porodici ruža *Rosaceae* te se dobro prilagođava različitim ekološkim uvjetima. Nalazi se rasprostranjena na svim kontinentima i pogodna je za preradu. Također jabuke se mogu preraditi u različite proizvode, uključujući sok, sirup, rakiju, džem, ocat, pektin, i mnoge druge (Kosseva, Joshi & Panesar 2016).

Kemijski sastav jabuka varira ovisno o sorti. Poznavanje sastava različitih sorti utječe na poboljšanje organoleptičkih svojstava vina kao i napredovanje same fermentacije. Glavni sastojci jabuke su voda i ugljikohidrati u koje se ubrajaju šećeri, škrob, pektin, celuloza, organske kiseline, tanini te hemiceluloza, a u manjim količinama prisutni su lipidi, proteini, minerali i vitamini, fenoli te aromatski spojevi (Jemrić i sur. 2014).

Šećeri su jedan od glavnih pokazatelja stupnja zrelosti kod jabuka. Poznavanje količine prisutnih različitih šećera može dovesti do zaključka radi li se o patvorenju jabučnog soka ili vina. Patvorenje znači dodavanje šećera dobivenog iz šećerne repe ili trske u sok jabuke. Pravi sok od jabuke ima omjer fruktoze i glukoze najmanje 1,6 , a udio saharoze ne smije biti veći od 3,5 (Škorjanec 2022).

Energetska vrijednost jabuka je mala i iznosi oko 60 kcal. Veliku ulogu kemijskih spojeva zauzima skupina spojeva bioaktivne tvari, od kojih treba spomenuti polifenole (flavonoide). Polifenoli daju karakterističan okus i aromu jabukama bilo da se radi o sirovim proizvodima ili o prerađevinama. Njihov udio ovisi o sorti, raznim klimatskim uvjetima, o načinu skladištenja te uvjetima skladištenja nakon berbe. O sadržaju fenolnih tvari ovisi i sama gorčina i trpkost jabučnog vina. Vrlo su važni spojevi koji utječu na izgled i okus cidera. Najpoznatiji polifenoli prisutni u sortama jabuka su kvercetin glikozid koji spada u flavonole, katehini i procijanidini iz skupine flavan-3-ola, katehin, epikatehin, kumarna kiselina, antocijani i mnogi drugi. Najviše su zastupljeni u kori i imaju pozitivne učinke na zdravlje ljudi radi svojih antioksidativnih svojstva (Škorjanec 2022).

Indikatori kakvoće kod proizvodnje jabučnog vina su organske kiseline od kojih su najzastupljenije vinska, jabučna, jantarna, mliječna i octena kiselina. Također ovise o vrsti i količini prisutnoj u jabukama. Iako su to kiseli spojevi oni također sudjeluju u profilu gorčine (Mihovilović 2016). Sama kiselost je bitna radi očuvanja svježine i čistog okusa vina. Aroma cidera se sastoji od niza spojeva i njihovih koncentracija koji se formiraju tijekom fermentacije

i starenja. Ključni i odgovorni za aromu su esteri, uključujući više alkohole, aldehide, ketone, terpene i masne kiseline. Kombinacija tih spojeva oblikuje karakterističan okus jabučnog vina ili cidera. Većina aromatskih spojeva prisutnih u jabukama može se izgubiti tijekom prerade, zbog čega je faza fermentacije i prerade ključna za razvoj glavnih aroma. Ona predstavlja značajnu ulogu u kvaliteti cidera, stoga je od esencijalne važnosti razumjeti doprinos svake komponente koja utječe na miris cidera (Jemrić i sur. 2014; Mihovilović 2016).

## 2.2. SORTE JABUKA

Podrijetlo jabuke dolazi iz Male Azije i stoga su najveći proizvođači jabuka baš u Aziji. U Europu se proširila preko Njemačke, Francuske i Italije (Caballero, Finglas & Toldrá 2015).

Za proizvodnju cidera koriste se različite sorte jabuka. Prvi popis sorata zabilježen je u Francuskoj 1589. godine i sadržavao je samo 65 sorti prikladnih za proizvodnju cidera. Danas je identificirano više od 360 sorti koje se koriste u proizvodnji cidera. Iako svaka sorta može biti prikladna za proizvodnju jabučnog vina, samo određene sorte daju optimalne rezultate. Pogodnost određene sorte za proizvodnju vina ovisi o omjeru šećera i kiselina, trpkosti (astringenciji) te karakteristikama arome i okusa. Osim sadržaja alkohola, kiselina igra ključnu ulogu u očuvanju i senzorskim karakteristikama vina (Mihovilović 2016). Cider se najčešće proizvodi od sorata bogatih kiselinama koje se mogu podijeliti u skupine prikazane u **Tablici 1**.

**Tablica 1.** Skupine sorti jabuka za proizvodnju cidera

Skupina sorata	Količina kiselina (g/100mL soka)	Količina tanina (g/100mL soka)
Slatke	< 0,45	< 0,2
Gorko slatke	< 0,45	> 0,2
Kisele	> 0,45	< 0,2
Gorko kisele	> 0,45	> 0,2

Slatke sorte jabuka često se koriste u kombinaciji s aromatičnim sortama kako bi se postigla blaža arome. Gorko-slatke sorte, koje karakterizira manji sadržaj kiselina i veći sadržaj tanina, pružaju osjećaj trpkosti, a njihov intenzitet može varirati. Sorte s većim sadržajem organskih kiselina sve se manje konzumiraju svježije, budući da postaju osnova za proizvodnju cidera.

Takve sorte mogu činiti do 10% sastava cidera pripremljenog od sorti s povećanim sadržajem tanina, pri čemu ukupan udio cidera bilo koje vrste ne bi trebao prelaziti 20% (Mirošević i sur. 2009).

Za proizvodnju cidera obično se koristi mješavina sorti jabuka, čiji sastav ovisi o dostupnosti sorti, preferencijama proizvođača, tradiciji proizvodnje i specifičnim zahtjevima. Kakvoća jabuka ključan je čimbenik okusa, koji određuje omjerom između kiselina i šećera. Udio ukupnih kiselina u soku može varirati od 0,4 do 1,0 %, dok sadržaj šećera ne smije prelaziti 8%. Optimalan omjer šećera i kiselina kreće se između 15 i 20. Osim profila okusa, važni su i drugi parametri poput mase plodova, pH, udjela pektina i fenola te prisutnosti taloga u soku (Azeredo i sur. 2016).

### 2.3. POVIJEST

Cider je bio najpopularnije alkoholno piće Sjeverne Amerike tijekom 18. i 19. stoljeću. U modernom SAD-u, termin „cider“ obično se odnosi na nefiltrirani slatki sok od jabuka, dok se „tvrđi cider“ (hard cider) odnosi na fermentirani alkoholni proizvod od jabuka. Međutim, u ostatku svijeta, pojam „cider“ označava alkoholno piće. Tijekom proteklih stoljeća, cider je izgubio na popularnosti zbog različitih čimbenika, uključujući urbanizaciju uzrokovanu industrijalizacijom, prohibiciju i rastuću masovnu proizvodnju konkurentskih proizvoda poput piva. Ipak, u posljednja dva desetljeća, cider je doživio preporod i postao rastuća industrija, a sve više privlači mlađe potrošače (Jakopović 2021).

Industrija cidera u SAD-u ostvarila je godišnji prihod od 517,26 milijuna američkih dolara u razdoblju od 2016. do 2021. godine, s velikim interesom potrošača usmjerenim na craft ili lokalno proizvedene cidere. Virginija je šesti najveći proizvođač jabuka u SAD-u, gdje se uzgaja više od 200 vrsta jabuka, uključujući sorte namijenjene za proizvodnju cidera kao i desertne jabuke. Trenutno u Virginiji posluju 32 proizvođača cidera. Unatoč rastućoj popularnosti cidera u Virginiji i SAD-u općenito, postoji vrlo malo objavljenih istraživanja o prirodi, porijeklu i značaju cidera (RiCOME, Solano-Hermosilla & Ciaian 2022; Škorjanec 2022).

Mnoga istraživanja o europskim sortama cidera pokazala su da postoji širok raspon okusa cidera i da se cidere razlikuju u okusima na temelju načina proizvodnje i mjestu podrijetla.

Značajna komercijalna proizvodnja cidera počinje krajem devetnaestog stoljeća (Škorjanec 2022).

## 2.4. JABUČNO VINO I CIDER

Jabučno vino je fermentirano piće od svježeg ili koncentriranog soka od jabuke. Ono zauzima značajno mjesto u industriji vina, pri čemu se fermentacija soka od jabuka koristi za dobivanje ugodnog alkoholnog napitka (Škorjanec, 2022.).

Cider predstavlja voćno vino koje se može razlikovati po sadržaju alkohola, od bezalkoholnog do onog s udjelom alkohola u rasponu od 1,2 do 8,5% vol. Dodavanje destiliranog alkohola je zabranjeno. Tradicionalno se proizvodi fermentacijom jabuka, iako se, osim jabuka, mogu koristiti i kruške. One se mogu koristiti kao samostalni sastojak ili kao kombinacija s drugim voćem (Škorjanec 2022; Klobučar 2024).

Kvalitetna sirovina i pažljivo odabrani sojevi kvasca ključni su za proizvodnju cidera, jer značajno utječu na karakteristike konačnog proizvoda. Pravilna selekcija i priprema jabuka su važni koraci jer pomažu u eliminaciji mikroorganizama koji bi mogli uzrokovati komplikacije tijekom kasnijih faza proizvodnje. Hranjiva vrijednost jabuka kao ploda značajna je, ali se obično smanjuje tijekom procesa prerade. Količina hranjivih tvari u cideru, uključujući vitamine, minerale, polifenole i vlakna, može varirati, a kvalitetan cider proizveden na manjim poljoprivrednim gospodarstvima često zadržava veću prehrambenu vrijednost jer ne prolazi kroz proces pasterizacije. Međutim, važno je biti svjestan mogućeg rizika od kontaminacije potencijalno štetnim bakterijama, posebno ako plodovi nisu ubrani s drveta, već s tla, ili nisu dovoljno temeljito oprani (Škorjanec 2022; Čalugār i sur. 2024)

Danas se cider smatra pićem koje se konzumira diljem svijeta, a u mnogim zemljama ima status lokalnog i sezonskog napitka. Svaka regija često primjenjuje svoja specifična pravila i propise u proizvodnji cidera. Glavni proizvođači cidera u EU su Španjolska i Francuska. U Španjolskoj je proizvodnja cidera prvotno bila koncentrirana na sjeveru zemlje, gdje je cider bio poznat pod nazivom „sidra“. U Francuskoj ključna područja za proizvodnju cidera su Bretanja i Normandija (Caballero i sur. 2015).

U Hrvatskoj sama proizvodnja i promet voćnih vina regulirani Zakonom o vinu te *Pravilnikom o vinarstvu*, NN 81/2022. Cider, koji se proizvodi fermentacijom svježeg voća, bilježi rastuću potražnju u 21. stoljeću. U 2020. godine, potrošnja cidera u Hrvatskoj iznosila je 3,9 milijuna litara, što se može pripisati pojavi novih proizvoda na tržištu i širenju tržišta (Škorjanec 2022).

Glavna razlika između cidera i vina od jabuke leži u udjelu alkohola; vino od jabuke sadrži veći udio alkohola i često zahtijeva dodatak šećera. Cider je alkoholno piće koje se dobiva potpunom

ili djelomičnom fermentacijom soka od svježih jabuka ili mješavinom soka od svježe jabuke i rekonstituiranog soka od koncentrata jabuke. Postoje i varijante cidera sa smanjenim udjelom alkohola, uključujući cider bez alkohola ili bezalkoholni cider, koji sadrži udio alkohola ispod 0,5% vol., te cider s niskim postotkom alkohola, čiji udio alkohola prelazi 0,5% vol., ali ne prelazi 1,2% vol (Mihovilović 2016).

## **2.5. CIDER NA TRŽIŠTU**

U Sjedinjenim Američkim Državama, nepasterizirani „cider“ odnosi se na mutni, nepasterizirani jabučni sok. Uz ovaj oblik cidera, poznat je i „hard cider“, koji karakterizira puniji i bogatiji okus s povećanim udjelom alkohola. Organoleptička svojstva cidera variraju ovisno o sirovini, sorti jabuke te tehnološkim postupcima proizvodnje. Nepasterizirani cider u SAD-u nije imao dugi vijek trajanja zbog pojave bakterije *E. coli*, koja je uzrokovala trovanje. To je dovelo do uvođenja pasterizacije kako bi se smanjio broj mikroorganizama. Danas samo proizvođači koji rade u skladu s načelima HACCP-a mogu proizvoditi i prodavati nepasterizirani cider (Calugar i sur. 2021).

U Europi je cider poznat pod raznim nazivima, ovisno o zemlji. U Francuskoj se naziva „cidre“, u Španjolskoj „sidra“, u Belgiji „cidre“, dok je u Njemačkoj i Švicarskoj poznat kao „Apfelwein“-

Francuski „cidre“ odlikuje se bogatim voćnim okusom s izraženim notama gorčine i slatkoće. Dominantno se proizvodi od svježeg soka gorke-slatkih sorti jabuka. Proces fermentacije može se dovesti do potpune suhoće ili se zaustavlja ranije kako bi se dobio slađi cider. Postoje varijante cidera s višim udjelom alkohola, koje su suše, te one s nižim udjelom alkohola koje rezultiraju slađim okusom. U Francuskoj je proizvodnja cidera koncentrirana u četiri regije koje pokrivaju oko 95% ukupne proizvodnje. Cider se prodaje izravno na poljoprivrednim gospodarstvima, u trgovinama, ali i u restoranima gdje je prepoznat kao dio bogate gastronomske ponude (Le Quéré i sur. 2006).

U Španjolskoj postoje dva tipa cidera: „Sidra“ i „Sidra natural“. Razlika među njima leži u postupku gaziranja. „Sidra“ je gazirani cider sličan pjenušavom vinu, bogat voćnim aromama i svijetložlatne boje. „Sidra natural“, s druge strane, je negazirani cider kiselkastog okusa, koji se toči uz pomoć posebnog uređaja. Proizvodnja cidera u Španjolskoj uglavnom se temelji na lokanim sortama jabuka, s malim udjelom uvezenih sorti (Škorjanec 2022).



U Belgiji se cider proizvodi nalik pjenušavom vinu, s izraženim voćnim notama jabuke i kruške. Ovaj cider je svijetložlatne boje, gaziran i sladak, a kao glavna sirovina koriste se jabuke uz dodatak krušaka. Sadržaj alkohola kreće se između 4,5 i 5% vol. Na tržištu dominiraju ciderei s različitim okusima. Fermentacija se provodi do suhog stadija, uz mogućnost dodavanja šećera za postizanje slatkoće (Škorjanec 2022).

Njemački „Apfelwein“ klasičan je cider s okusom vina, svijetložlatne boje i srednje do oštrog okusa. Njemački cider je gaziran, s umjerenim voćnim notama. Konzumacija cidera je na određenim mjestima, a nalik konzumacije podsjeća na ispijanje piva. Konzumira se direktno točen iz bačve. Postoje različiti profili okusa, a udio alkohola iznosi oko 5%vol. Kao i kod drugih vrsta cidera, fermentacija se provodi do suhog stadija (Škorjanec 2022).



### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

### 3.1. ZADATAK

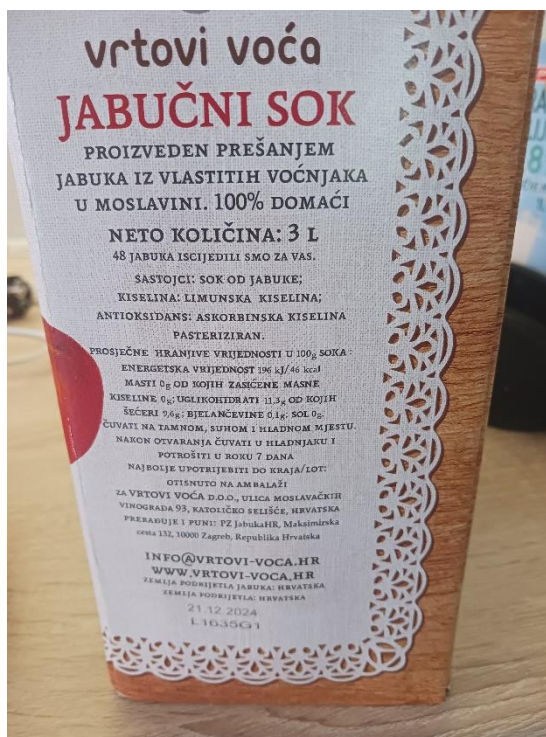
Cilj ovog diplomskog rada je proizvodnja cidera te analiza njegovih fizikalno-kemijskih svojstava. Cider je proizveden od različitih sirovina te je praćena alkoholna jakost i sadržaj šećera u pojedinim uzorcima. Na uzorcima su analizirane arome kroz određivanje količina kiselina, alkohola, karbonilnih spojeva, terpena, estera i hlapivih fenola.

### 3.2. PROIZVODNJA HARD

Proces proizvodnje cidera započinje odabirom i preradom jabuka. Uzorci korišteni u ovom diplomskom radu su dva različita soka od jabuke, s različitim udjelom voća. Prvi uzorak je Nektar od jabuke, Spar, proizveden od koncentriranog soka od jabuke, koji ima niži udio voća u usporedbi s drugim uzorkom, Vrtovi voća, 100% prirodnim jabučnim sokom. Kako je prikazano na **Slici 2** i **Slici 3**, uzorci se razlikuju i po prosječnoj hranjivoj vrijednosti. U soku od 100% udjela voća nisu zastupljene masti, a udio šećera je manji u usporedbi s uzorkom nektara od jabuke s 50% udjela voća.

Schnittliche Nährwerte pro 100 ml - Prosječne hranjive vrijednosti u 100 ml - Prosječna hranilna vrednost na 100 ml:	
Energie / Energija / Energijska vrednost	181 kJ/43 kcal
Fett / Masti / Maščobe	< 0,5 g
davon gesättigte Fettsäuren / od kojih zasićene masne kiseline / od tega nasićene maščobe	< 0,1 g
Kohlenhydrate / Ugljikohidrati / Ogljikovi hidrati	10 g
davon Zucker / od kojih šećeri / od tega sladkorji	9,8 g
Ballaststoffe / Vlakna / Prehranske vlaknine	< 0,5 g
Eiweiß / Bjelančevine / Beljakovine	< 0,5 g
Salz / Sol / Sol	< 0,01 g
Proteinheiten / BE jedinice / Krušne enote	0,8 BE

**Slika 1** Nektar od jabuke, Spar



Slika 2 Jabučni sok, Vrtovi voća

Nakon selekcije sokova, provedena je fermentacija. Budući da je količina šećera u soku niska, što je ključno za postizanje odgovarajuće razine alkohola, dodan je konzumni šećer. Također je izvršena korekcija pH vrijednosti soka, kako bi se postigla idealna razina između 3,2 i 3,8, što omogućuje optimalni razvoj kvasca.

Fermentacija je započela dodatkom kvasca *Saccharomyces cerevisiae*, koji je ključan za pretvorbu šećera u alkohol. Kvasci korišteni u procesu otporni su na SO<sub>2</sub>, učinkovito troše šećer i podnose visoku razinu etanola. Fermentacija se odvijala na temperaturi od 22 °C. Prije završne faze fermentacije, mlado vino je pretočeno u novi spremnik kako bi se odvojio talog koji sadrži nepoželjne tvari i mrtve stanice kvasca (Slika 4).



**Slika 3** Istaložene stanice kvasca

Nakon premještanja, fermentacija se nastavila sve dok sav preostali šećer nije bio potrošen, uz oslobađanje CO<sub>2</sub>, koji je štitio cider od oksidacije.

Osnovni produkti alkoholne fermentacije uključuju etanol i različite viši alkohole i estere koji pridonose aromi cidera. Osim alkoholne, u proizvodnji cidera može doći i do malolaktičke fermentacije, pri kojoj se jabučna kiselina pretvara u mliječnu, čime se smanjuje ukupna kiselost proizvoda.

Završna faza proizvodnje uključuje filtriranje i doradu cidera. Iako bistrenje nije nužan proces, ono može doprinijeti boljoj vizualnoj kvaliteti. U ovom istraživanju, cider proizveden od koncentriranog soka bio je bistar, dok je cider od prirodnog soka bio mutan.

Buteljiranje je završni korak u kojemu se može dodati mala količina šećera za poticanje naknadne fermentacije i stvaranje CO<sub>2</sub>. Cider je bio spreman za konzumaciju tri mjeseca nakon fermentacije.

### **3.3. FIZIKALNO-KEMIJSKA ANALIZA**

Ekstrakti i etanol određeni su izravno na licu mjesta korištenjem uređaja EasyDens® (Anton Paar, Graz, Austrija). pH vrijednosti analizirane su prema metodi koju su opisali Gajek i

suradnici (Gajek i sur. 2021). Ukratko, pH vrijednost proizvedenog cidera mjerena je pomoću pH metra HI 2020 edge® (Hanna Instruments, Woonsocket, RI, SAD). Analiza je provedena u tri primjerka za svaki uzorak, a prosječne vrijednosti pojedinih uzoraka uzete su kao konačni rezultati

### 3.4. ODREĐIVANJE HLAPLIVIH SPOJEVA

U istraživanju hlapljivih spojeva korišten je plinski kromatograf s masenim detektorom tvrtke Agilent (**Slika 1**), model 7890B GC povezan s 5977A MS spektrometrom (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, SAD).



**Slika 1** Plinski kromatograf s masenim detektorom tvrtke Agilent

Ovaj uređaj omogućio je detaljnu analizu hlapljivih spojeva uz korištenje sljedećih postavki:

- temperatura: 40 °C
- vrijeme: 45 min
- SPME punilo : 65 µm PDMS/DVB (Supelco)

GS-MS analitički uvjeti:

- kolona: HP-5MS (30m x 0,25mm x 0,25  $\mu$ m)
- početna temperatura: 40 °C (10 min)
- temperatura gradijent 1: 3 °C/min do 120 °C
- temperatura gradijent 2: 10 °C/min do 250 °C
- završna temperatura: 250 °C
- temperatura injektora: 250 °C
- vrijeme desorpcije: 7 min
- temperatura detektora: 250 °C
- plin nosač: helij 5,0 (čistoća 99,9 %)
- energija ionizacije: 70 eV
- maseni interval (m/z): 40 – 400

Priprema uzorka uključivala je prijenos 5 mL uzorka u bočicu od 20 mL, s dodatkom 1 g NaCl i 5  $\mu$ L internog standarda (mirtenol, 0,5 mg/L). Bočica je zatvorena i postavljena u miješalicu gdje je uzorak miješan pri 300 okretaja u minuti i zagrijavan na 40 °C. Hlapljivi spojevi su ekstrahirani pomoću SPME vlakna s PDMS/DVB sorbentom tijekom 45 minuta.

Nakon ekstrakcije, SPME vlakno je prebačeno u GC otvor za ubrizgavanje, gdje je izvršena desorpcija pri temperaturi od 250 °C kroz 7 minuta, u načinu rada bez cijepanja. U pećnici plinskog kromatografa postavljena je kolona HP-5MS (30 m x 0,25 mm x 0,25  $\mu$ m). Temperatura pećnice bila je 40 °C tijekom prvih 10 minuta, zatim je povećana na 120 °C pri brzini od 3 °C/min, a zatim na 250 °C pri brzini od 10 °C/min. Kao plin nosač korišten je helij (čistoća 99,999%) s protokom od 1 mL/min.

Uvjeti rada masenog spektrometra bili su:

- temperatura izvora: 230 °C
- temperatura kvadrupola: 150 °C
- raspon m/z : 40 - 400
- energiju ionizacije: 70 eV.



Identifikacija dobivenih pikova na kromatogramu provedena je korištenjem unaprijed postavljenih baza spojeva NIST08 i Wiley 9, kao i retencijskog indeksa. Za izračun retencijskog indeksa korištena je sljedeća jednadžba:

$$RI = 100 \times \left[ n + (N - n) \frac{\log t_x - \log t_n}{\log t_N - \log t_n} \right] \quad (1)$$

gdje je:

RI – retencijski indeks,

n – broj C atoma u alkanu koji izlaze prije nepoznatog spoja,

N – broj C atoma u alkanu koji izlaze nakon nepoznatog spoja,

x – nepoznati spoj,

t – retencijsko vrijeme (min).

Indeks zadržavanja izračunat je pomoću standarda zasićenih alkana C7–C30, analiziranih pod istim uvjetima GC/MS. Kvantifikacija spojeva provedena je polukvantitativnom metodom korištenjem internog standarda (IS). Koncentracije otkrivenih spojeva izračunate su na temelju odnosa indeksa i faktora odgovora u odnosu na IS, koji su određeni ubrizgavanjem poznatih koncentracija standarda.

Izuzeci su spojevi kao što su 2-etilheksanska kiselina, stearinska kiselina, izobutanol, metionol, 2-nonanon, menton, metil eugenol, butil acetat i 2,4-di-t-butilfenol, čije su koncentracije određene provizorno. Promjene u hlapljivim spojevima praćene su tijekom tri tjedna nakon završetka fermentacije: odmah nakon fermentacije, nakon jednog tjedna sazrijevanja i nakon dva tjedna sazrijevanja.

### 3.5. SEZNORSKA ANALIZA I ISPITIVANJE

Uzorci jabučnog cidera podvrgnuti su senzorskoj analizi prije i nakon dodavanja šećera i karbonizacije. Analizu je provelo dvadeset netreniranih panelista, među kojima je bilo 5 muškaraca i 15 žena, u dobi od 21 do 59 godina. Panelisti su bili studenti i djelatnici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta u Osijeku. Za ocjenjivanje su im posluženi negazirani i gazirani uzorci cidera. Svaki panelist je dobio 50 ml uzorka u čistim, neprozirnim vinskim čašama, koje su bile prekrivene staklenim poklopcem i označene nasumično odabranim troznamenkastim kodovima. Uzorci su posluženi ohlađeni na 4 °C.

Panelisti su upućeni da pomirišu i kušaju svaki uzorak, te da nakon kušanja ispljunu uzorak. Kako bi očistili nepce između uzoraka, opskrbljeni su negaziranom vodom sobne temperature i neslanim krekerima. Kao kontrolni uzorak korišten je kupovni cider, u slučaju gaziranih uzoraka, dok je negazirani cider poslužio kao usporedba s negaziranim vinom od jabuke. Svi uzorci bili su označeni nasumičnim troznamenkastim kodovima.

Senzorska analiza gaziranih uzoraka cidera provedena je u dva različita dana, kako bi se uzorci mogli pohraniti u hladnjaku. Panelisti su ocjenjivali intenzitet osjetilnih atributa na ljestvici od pet točaka, pri čemu je 1 bod označavao „grešku“, a 5 bodova „izvrsno“. Korišteni deskriptori uključivali su izraze poput suho/kiselo, zemljano, gorko, voćno, slatko, cvjetno, hrskavo, gazirano, oštro, trpko i bobičasto. Svi uzorci bili su numerirani, a svaki uzorak je testiran u tri primjerka.

Ispitivanja su provedena u odgovarajućim prostorijama, a uzorci cidera ostavljeni su na sobnoj temperaturi 10 minuta prije kušanja kako bi se postigla optimalna degustacijska temperatura. Skale intenziteta korištene su kako bi se postigla što bolja diskriminacija između uzoraka i osigurala ponovljivost rezultata.

Nakon senzorske analize provedeno je ispitivanje pitkosti proizvedenih tvrdih jabukovača. Ispitivanje je uključivalo dva različita uzorka jabukovače, a ponovno su sudjelovali isti panelisti (20 ispitanika u dobi od 21 do 59 godina) koji su prethodno sudjelovali u senzorskom ocjenjivanju. Na početku im je ponuđeno da u opuštеноj atmosferi, nalik okruženju bara, kušaju sve uzorke jabukovače (100 mL po uzorku, u čašama označenima brojevima). U ovom ambijentu panelisti su imali slobodu naručivati uzorke kao da su u baru, pri čemu je konobar preuzimao narudžbe.

Nakon inicijalnog kušanja svih uzoraka, panelistima je bilo omogućeno da slobodno biraju i konzumiraju jabukovače po vlastitom izboru. Svakom panelistu je uvijek bila poslužena čaša od 200 mL jabukovače, dok su preostali volumeni koje su popili bilježeni u svrhu analize. Početnih 100 mL kušanja nije se uključivalo u konačni rezultat. Konačni rezultat ispitivanja pitkosti dobiven je zbrajanjem broja potpuno popijenih čaša za svaki uzorak jabukovače. Svi uzorci posluženi su kao gazirana tvrda jabukovača.

## **4. REZULTATI I RASPRAVA**

## 4.1. FIZIKALNO KEMIJSKI PARAMETRI SOKA OD JABUKE I PROIZVODA

Tradicionalna pića poput cidera oduvijek su bila popularna među različitim dobnim skupinama, no u posljednjih nekoliko godina ona su se još više približila mlađim potrošačima putem komercijalno dostupnih proizvoda. Ipak, postoji razlika između sokova od jabuke dostupnih na tržištu. Mnogi od njih zapravo su razrijeđeni sirupi s dodanim zaslađivačima, poput aspartama ili sorbitola, koji nisu dostupni kvascima za fermentaciju u alkohol.

Cilj ovog istraživanja bio je procijeniti mogućnost stvaranja alkohola tijekom fermentacije dva različita soka od jabuke. Prvi je bio mutni 100% sok od jabuke, dok je drugi bio bistri sok napravljen od jabučnog sirupa s dodatkom šećera. Početni parametar, odnosno izvorni ekstrakt, za oba soka određen je na početku fermentacije i prikazan u **Tablici 2**. Uzorak 1 imao je 13,2 °P, dok je Uzorak 2 imao 12,9 °P. Prema statističkoj analizi, razlika u sadržaju ekstrakta nije bila značajna te nije utjecala na proces fermentacije.

**Tablica 2** Fizikalno-kemijski parametri polaznog soka od jabuke i finalnih proizvoda

Fizikalno-kemijski parametar	Uzorak 1	Uzorak 2
Početni ekstrakt	1,053a	1,052a
Konačni ekstrakt	0,941a	0,946b
Alkohol (%v/v)	8,4a	7,8b
pH (jabukovača)	3,8b	3,9a

a - b Srednje vrijednosti unutar redaka s različitim nadnaslovima značajno se razlikuju ( $P < 0,05$ ); Početni ekstrakt = specifična težina prije fermentacije; Konačni ekstrakt = specifična težina nakon fermentacije;

Sadržaj fermentabilnih šećera u početnom ekstraktu u skladu je s ranijim istraživanjima. U slučaju postojanja značajne razlike u izvornom ekstraktu, to bi moglo utjecati na konačni sadržaj alkohola.

## 4.2. PRAĆENJE FERMENTACIJSKOG PROCESA

U ovom istraživanju, Uzorak 1 imao je kraću fermentaciju (10 dana) u usporedbi s Uzorkom 2, čija je fermentacija trajala 14 dana. Ova razlika od 4 dana bila je statistički značajna i utjecala je na stvaranje hlapljivih spojeva. Kraće vrijeme fermentacije za Uzorak 1 vjerojatno je posljedica većeg početnog ekstrakta (1,053), što je rezultiralo većim sadržajem alkohola (8,4 %v/v) u usporedbi s Uzorkom 2, koji je imao niži sadržaj alkohola (7,8 %v/v) zbog nižeg izvornog ekstrakta.

Ekstrakt u oba uzorka potpuno se potrošio tijekom fermentacije, što je rezultiralo konačnim vrijednostima ekstrakta od 0,941 u Uzorku 1 i 0,946 u Uzorku 2. Konačni jabučni cider bio je izrazito suh, ostavljajući kiselkasti okus, sličan suhom vinu. Suhoća, koja se obično prepoznaje po kiselkastom okusu, nastaje kada se tijekom fermentacije potroši sav šećer iz komine, i jedna je od glavnih senzorskih karakteristika jabučnog cidera. Ta je suhoća povezana s količinom preostalih šećera nakon fermentacije.

Sok od jabuke prirodno je bogat monosaharidima poput glukoze i fruktoze, koje kvasac lako metabolizira. U Uzorku 1, proizvedenom s 50% soka od jabuke, dodana saharoza poslužila je kao zaslađivač. Budući da saharozu, kao disaharid, kvasac također lako fermentira, to je rezultiralo većim sadržajem etanola. Oba soka, komercijalno dostupna na tržištu, bila su podvrgnuta industrijskoj pasterizaciji, a za potrebe eksperimenta oba uzorka inokulirana su jednakom količinom kvasca kako bi se osigurali aseptični uvjeti za razvoj fermentacije.

**Tablica 3** prikazuje praćenje fermentacijskog procesa kroz ključne parametre: eteri, izvorna specifična težina, konačna specifična težina i sadržaj alkohola po volumenu. Posude za fermentaciju bile su pohranjene na istoj temperaturi i inokulirane jednakom količinom istog kvasca. Jedina razlika bila je u vrsti soka. Fermentacija u Uzorku 1 odvijala se brže, trajala je 10 dana, a završetak fermentacije bio je vidljiv po konačnom padu specifične težine na 0,946. S druge strane, fermentacija u Uzorku 2 bila je sporija i trajala je 14 dana, što se vjerojatno može pripisati prirodi šećera u uzorcima. Uzorak 1 sadržavao je dodane šećere, dok je Uzorak 2 imao samo prirodne šećere iz jabuka, što je uzrokovalo brži metabolizam kvasca u Uzorku 1.

**Tablica 3** Praćenje procesa fermentacije

Dan	Uzorak	Izvorni ekstrakt		Konačni ekstrakt		Alkohol po volumenu (%)	
		1	2	1	2	1	2
1		1,053	1,052			0,0	0,0
2		1,048	1,043			1,2	1,5
4		1,037	1,035			2,0	2,9
6		1,028	1,024			3,2	3,5
7		1,019	1,020			4,3	4,1
8		1,006	1,016			5,6	4,8
9		1,002	1,014			7,2	5,2
10			1,008	0,941		8,4	5,8
11			1,005				6,7
12			1,003				6,9
13			1,002				7,4
14							7,8

Opće je pravilo da sporija fermentacija i dulje sazrijevanje proizvode kvalitetniji krajnji proizvod, što se može primijeniti na bilo koji proces fermentacije (Caballero et al. 2015).

### 4.3. USPOREDBA AROMATSKIH/HLAPLJIVIH SPOJEVA

U ovom istraživanju analizirani su aromatski spojevi (**Tablica 4**) povezani s fermentacijom jabukovače. Neki od ovih spojeva dolaze iz samih jabuka, ali se gube tijekom fermentacije, dok se drugi stvaraju kao rezultat fermentacijskih procesa.

Najvažniji hlapljivi spojevi koji pridonose aromi i okusu jabukovače mogu se podijeliti u nekoliko skupina kemikalija. Na primjer, 1-butanol je pokazatelj zrelosti jabuka, dok 3-metilbutanol daje sladnu, gorku, alkoholnu aromu, a 1-heksanol pridonosi fermentiranom profilu jabukovače. Geranil acetat i spojevi poput 2-feniletanola i 2-feniletil acetata stvaraju cvjetne note nalik ruži, dok benzil alkohol donosi voćni, zeleni miris (Batt & Tortorello 2014).

Analizom uzoraka cidera utvrđeno je da su najzastupljenije kiseline benzojeva i dekanska kiselina, dok među alkoholima dominiraju izoamilni alkohol, heksanol i drugi. Od estera, ističu se etil- heksanoat i etil- oktanoat uz brojne druge spojeve prisutne u cideru.

Tijekom fermentacije i sazrijevanja, mnogi spojevi mijenjaju svoje koncentracije, što dovodi do zaokruženih mirisa i okusa. Kako cider odležava, voćni esteri, karakteristični za mlade cidere, smanjuju se, a njihovo mjesto zauzimaju pikantnije i fenolne note. Starenje cidera je ključno za razvoj složenijih okusa, jer tijekom tog procesa dolazi do smanjenja koncentracija voćnih aroma i povećanja koncentracija složenijih spojeva, što rezultira uravnoteženim i bogatim okusom. Hlapljivi spojevi koji utječu na aromu cidera uključuju etil butanoat i etil 2-metilbutanoat, koji su ključni za voćne arome, dok 3-metilbutil acetat, često prisutan u destiliranim alkoholnim pićima, doprinosi alkoholnim notama. Sazrijevanje je ključna faza kada jabukovača postaje spremna za konzumaciju, dok se starenje odnosi na dodatno vrijeme koje omogućuje daljnji razvoj kompleksnosti okusa i arome jabukovače (Batt & Tortorello 2014).

**Tablica 4** Popis analiziranih spojeva, retencijska vremena i retencijski indeks.

<i>Spoj</i>	<i>RT</i>	<i>RI</i>
<i>Heksanska kiselina</i>	20,4055	1027
<i>2-etilheksanska kiselina</i>	27,4337	1153
<i>Benzojeva kiselina</i>	32,8055	1235
<i>Nonanska kiselina</i>	35,9320	1315
<i>Dekanska kiselina</i>	38,9863	1402
<i>Laurinska kiselina</i>	42,5289	1586

<i>Miristinska kiselina</i>	45,1320	
<i>Palmitinska kiselina</i>	47,2842	
<i>Stearinska kiselina</i>	49,2052	2184
<i>2-metilpropan-1-ol (izobutanol)</i>	2,9757	667
<i>Izoamilni alkohol</i>	4,4987	760
<i>2,3-butandiol</i>	6,3514	819
<i>1-heksanol</i>	11,0754	891
<i>Metionol</i>	18,5636	996
<i>2-etilheksanol</i>	21,8124	1051
<i>1-oktanol</i>	24,2737	1089
<i>2-feniletanol</i>	26,4928	1121
<i>2-nonanon</i>	25,3434	1105
<i>Nonanal</i>	25,9811	1114
<i>Geranil aceton</i>	40,5246	1473
<i>Limonen</i>	21,4034	1044
<i>Linalool</i>	25,7736	1111
<i>Menton</i>	28,4470	1087
<i>Mentol</i>	29,5033	1195
<i>Eugenol</i>	38,0514	1378
<i>Metil eugenol</i>	39,4451	1376



<i><math>\alpha</math>-farnezen</i>	41,5781	1519
<i>Butil acetat</i>	7,3854	836
<i>Etil heksanoat</i>	20,0131	1012
<i>Etil oktanoat</i>	30,9012	1222
<i>Etil dekanooat</i>	39,2079	1407
<i>Etil laurat</i>	42,9556	1611
<i>2,4-Di-T-butifenol</i>	41,7080	1535

RT-vrijeme zadržavanja

RI – retencijski indeks

Uzorci za analizu uzimani su u različitim vremenskim intervalima kako bi se pratila promjena koncentracije pojedinih spojeva. U najkraćem vremenu, izobutanol je prvi detektiran spoj, što znači da je dao prvi odziv, odnosno signal. U retencijskom vremenu (RT) od 2,98, vidljivo je kako se taj spoj pojavljuje u uzorcima koji su uzeti neposredno nakon fermentacije cidera, dok u kasnijim uzorcima uzetim tijekom odležavanja, više nije bio prisutan.

RT označava interval između trenutka injektiranja uzorka i pojavljivanja signala na detektoru. Općenito, prilikom analize prvo se prikazuju alkoholi jer imaju najkraće RT i prisutni su u najmanjim koncentracijama.

#### 4.4. PROMJENA KONCENTRACIJE ALKOHOLA TIJEKOM ODLEŽAVANJA

Uzorak 1 predstavlja cider dobiven iz koncentrata soka jabuke, Spar. Tijekom analize, udio alkohola varira, a uz izobutanol se razvijaju i drugi alkoholi, čije koncentracije osciliraju ovisno o vremenu uzorkovanja.

Iz **Tablice 4** može se zaključiti da tijekom odležavanja uzorka cidera dobivenog iz koncentriranog soka jabuke, Spar, dolazi do povećanja udjela alkohola sve do određene granice.

**Tablica 5** Usporedba alkohola u uzorku 1(Spar)

ALKOHOLI	Uzorak 1	Uzorak 2	Uzorak 3	Uzorak 4
----------	----------	----------	----------	----------

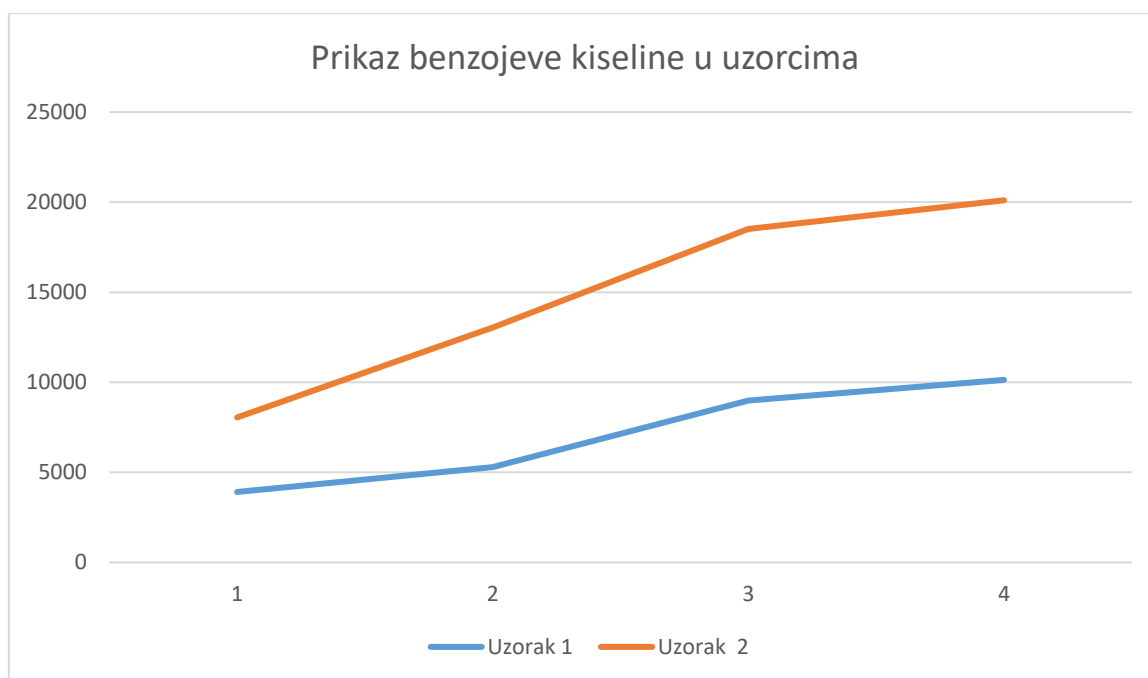
Izobutanol	12,02	8,15	-	-
Izoamilni alkohol	1933,58	1997,01	2344,87	2552,82
Butan-2,3-diol	5,45	12,97	6,02	6,33
Heksan-1-ol	112,36	208,10	116,04	179,43
Metionol	3,60	9,16	9,12	2,20
2-etilheksanol	11,03	12,46	8,01	9,66
Oktan-1-ol	5,53	6,73	12,14	6,19
Feniletil alkohol	424,53	644,16	555,03	609,12

Usporedbom dva različita uzorka cidera utvrđeno je kako uzorak dobiven od 100% voća, Vrtovi voća, sadrži veći udio alkohola u usporedbi s uzorkom cidera proizvedenim od koncentrata marke Spar. **Tablica 5** i **Tablica 6** prikazuju promjenu udjela alkohola tijekom vremena, odnosno s odležavanjem.

**Tablica 6** Usporedba alkohola u RT u uzorku 2 (Vrtovi voća)

ALKOHOLI	Uzorak 1	Uzorak 2	Uzorak 3	Uzorak 4
Izobutanol	24,08	-	-	-
Izoamilni alkohol	2344,83	2672,68	3237,41	2651,62
Butan-2,3-diol	5,85	11,15	10,63	13,50
Heksan-1-ol	169,63	72,08	237,94	180,83
Metionol	8,98	15,15	19,78	14,68
2-etilheksanol	9,72	11,60	11,40	9,60
Oktan-1-ol	6,52	15,86	14,47	11,54
Feniletil alkohol	595,37	600,50	767,02	581,36

Kao što je slučaj s udjelom alkohola, tako se i udio kiselina prisutnih cideru mijenja s vremenom odležavanja. Najzastupljenija kiselina je benzojeva kiselina. **Slika 5** prikazuje promjenu njezine koncentracije tijekom procesa odležavanja.



**Slika 4** Prikaz benzojeve kiseline u uzorcima

Kao konzervans u proizvodnji cidera korišten je natrijev benzoat (E 211) koji sprječava kvarenje i razvitak gljivica i bakterija.

#### 4.5. REZULTATI SENZORSKE ANALIZE I PITKOSTI CIDERA

**Tablica 7** Rezultati senzorske ocjene

Uzorak	Rezultat/100
1a negazirano, nezaslađeno	78
1b gazirano, zaslađeno	91
2a negazirano, nezaslađeno zaslađeno	75
2b gazirano, zaslađeno	94
Kontrolni cider (kupljen u trgovini)	93
Jabučno vino	83

**Tablica 8** Rezultati ispitivanja pitkosti

Uzorak	V(L) konzumiranog cidera
1	5,2
2	5,4

Provedena senzorska analiza i ispitivanje pitkosti, prikazani u **Tablici 7** i **Tablici 8** pružili su uvid u opću prihvaćenost uzoraka, iako je uzorak za ocjenu bio relativno mali, s ukupno 20 ispitanika. Rezultati su pokazali da su negazirani uzorci dobili najniže ocjene, s 78/100 za uzorak 1a i 75/100 za uzorak 2a. Ovo je zanimljivo jer je uzorak 2b, proizveden od 100% soka od jabuke i klasificiran kao "suhi", imao izrazito trpki okus. S druge strane, uzorak 2a imao je sintetički okus i također je bio suh. Razlog tome je potpuna potrošnja šećera tijekom fermentacije, što je uzorke učinilo sličnima vinu od jabuke, koji je korišten kao jedan od kontrolnih uzoraka.

Vino od jabuke postiglo je nešto bolju ocjenu od negaziranog cidera, ali je i dalje imalo niže rezultate u usporedbi sa zaslađenim i gaziranim uzorcima 1b i 2b. Rezultati prikazani u **Tablici 7** pokazuju da su tvrdi jcideri dobili bolje ocjene – 91/100 za uzorak 1b i visokih 94/100 za uzorak 2b. Uzorak 2b postigao je čak bolju ocjenu od komercijalno dostupnog cidera.

Panel ocjenjivača opisao je uzorak 2b kao voćni, gazirani i sladak, te ga sveukupno ocijenio vrlo ugodnim. Sličan opis korišten je i za uzorak 1b, ali je dobio nešto nižu ocjenu. Čini se da su karbonizacija i dodatak zaslađivača u obliku jabučnog sirupa značajno poboljšali senzorsku percepciju oba uzorka. Svi ispitanici složili su se da su karbonizacija i kratko vrijeme skladištenja poboljšali dojam cidera. Nakon što su kušali originalne cidera, panelisti su bili ugodno iznenađeni okusom karboniziranih i zaslađenih uzoraka, koji su bili sličniji komercijalno dostupnim ciderima.

Rezultati ispitivanja pitkosti (**Tablica 8**) za proizvedeni cider pokazali su da je uzorak 2 konzumiran u nešto većoj količini, što sugerira da je bio ugodniji potrošačima. Međutim, rezultati su vrlo bliski, što ukazuje na značajnu prihvaćenost oba cidera. Uzorak proizveden od mutnog soka od jabuke bio je nešto prihvatljiviji, vjerojatno zbog sporije fermentacije koja je rezultirala drugačijim aromatskim profilom.

Sveukupno, iako su zaslađene gazirane verzije dobile najviše ocjene (s verzijom od mutnog soka od jabuke na vrhu), osnovni negazirani i neslatki cideri također su postigli relativno dobre rezultate.

## **5. ZAKLJUČCI**

- proces fermentacije u cideru od 100% mutnog soka od jabuke rezultirao je stabilnijim aromatskim profilom tijekom odležavanja, za razliku od cidera od bistrog soka, koji je pokazao veće varijacije hlapljivih spojeva
- cider od mutnog soka zadržao je bogatiju voćnu aromu, dok su promjene u hlapljivim spojevima u cideru od bistrog soka negativno utjecale na konačni okus
- potrošači su cider od mutnog soka ocijenili kao voćniji i ugodniji za konzumaciju, te sličniji komercijalnim ciderima
- cider od bistrog soka imao je manje izražen aromatski profil, što je utjecalo na nižu razinu senzorskog prihvaćanja
- korištenje 100% soka od jabuke rezultiralo je boljim senzorskim svojstvima i kompleksnijim aromatskim profilom, što cideru daje prednost u odnosu na proizvode od bistrog soka s manjim udjelom voća
- sok od 100% jabuke pruža stabilniju osnovu za fermentaciju i konačnu aromu cidera, dok dodavanje šećera i korištenje bistrog soka može uzrokovati promjene u hlapljivim spojevima i kvaliteti proizvoda
- tehnološki parametri poput vrste soka i trajanja fermentacije imaju značajan utjecaj na kvalitetu cidera
- preporučuje se korištenje mutnog soka od jabuke zbog boljih organoleptičkih svojstava, stabilnosti arome i opće prihvaćenosti među potrošačima

## **6. LITERATURA**

- Azeredo, D.R., Alvarenga, V., Sant'Ana, A.S. & Srur, A.U.S., 2016, 'An overview of microorganisms and factors contributing for the microbial stability of carbonated soft drinks', *Food Research International*, 82, 136–144.
- Batt, C.A. & Tortorello, M.L., 2014, 'Encyclopedia of food microbiology'.
- Caballero, B., Finglas, P. & Toldrá, F., 2015, *Encyclopedia of food and health*, Academic Press.
- Čakar, U., Petrović, A., Živković, M., Vajs, V., Milovanović, M., Zeravik, J. & Đorđević, B., 2016, 'Phenolic profile of some fruit wines and their antioxidant properties. Hem Ind. 2016; 70 (6): 661–72'.
- Călugăr, P.C., Coldea, T.E., Pop, C.-R., Stan, L., Socaci, S.A., Ranga, F., Hegheș, S.C., Geană, E.-I. & Mudura, E., 2024, 'Effect of co-inoculation of *Saccharomyces* and non-*Saccharomyces* yeasts and nutrients addition during malolactic fermentation on apple cider composition', *Food Bioscience*, 60, 104314.
- Calugar, P.C., Coldea, T.E., Salanță, L.C., Pop, C.R., Pasqualone, A., Burja-Udrea, C., Zhao, H. & Mudura, E., 2021, 'An overview of the factors influencing apple cider sensory and microbial quality from raw materials to emerging processing technologies', *Processes*, 9(3), 502.
- Gajek, M., Pawlaczyk, A., Wysocki, P. & Szykowska-Jozwik, M.I., 2021, 'Elemental Characterization of Ciders and Other Low-Percentage Alcoholic Beverages Available on the Polish Market', *Molecules*, 26(8), 2186.
- Gurjanov, V., Jovičin, M., Etinski, N. & Ćosić, R., no date, 'THE EFFECT OF APPLE CIDER VINEGAR DIETARY SUPPLEMENT ON THE ACTIVITY OF RUMEN INFUSORIA OF DAIRY COWS', *RADOVI SA XXVIII SAVETOVANJA AGRONOMA, VETERINARA, TEHNOLOGA I AGROEKONOMISTA*, 209.
- Jakopović, Ž., 2021, 'Utjecaj odabranih sojeva vinskih kvasaca na vezanje, razgradnju i toksičnost okratoksina A u in vitro uvjetima'.
- Jemrić, T., Šindrak, Z., Skendrović Babojelić, M., Fruk, G., Mihaljević Žulj, M. & Jagatić Korenika, A.-M., 2014, 'Proizvodnja jabučnoga vina na obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima'.
- Klobučar, T., 2024, 'Proizvodnja i karakterizacija voćnog vina od sibirske borovnice (*Lonicera caerulea*) dobivenog upotrebom odabranih vrsta selekcioniranih vinskih kvasaca'.
- Kosseva, M.R., Joshi, V. & Panesar, P.S., 2016, *Science and technology of fruit wine production*, Academic Press.
- Le Quéré, J.-M., Husson, F., Renard, C.M. & Primault, J., 2006, 'French cider characterization by sensory, technological and chemical evaluations', *LWT-Food Science and Technology*, 39(9), 1033–1044.
- Mihovilović, M., 2016, 'Utjecaj procesnih parametara na zadržavanje tvari boje i arome vina od jabuke'.
- Mirošević, N., Alpeza, I., Bolić, J., Brkan, B., Hruškar, M., Husnjak, S., Jelaska, V., Karoglan Kontić, J., Maletić, E. & Mihaljević, B., 2009, 'Atlas hrvatskog vinogradarstva i vinarstva'.
- Radiković, E., 2022, 'Optimizacija procesa proizvodnje i karakterizacija voćnog vina od jabuke'.





## **7. PRILOZI**

**POPIS SLIKA:**

*Slika 1 Plinski kromatograf s masenim detektorom tvrtke Agilent Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.*

*Slika 2 Nektar od jabuke, Spar .....12*

*Slika 3 Jabučni sok, Vrtovi voća .....13*

*Slika 4 Istaložene stanice kvasca .....14*

*Slika 5 Prikaz benzojeve kiseline u uzorcima .....27*

**POPIS TABLICA:**

*Tablica 1. Skupine sorti jabuka za proizvodnju cidera ..... 5*

*Tablica 2 Fizikalno-kemijski parametri polaznog soka od jabuke i finalnih proizvoda .....20*

*Tablica 3 Praćenje procesa fermentacije .....22*

*Tablica 4 Popis analiziranih spojeva, retencijska vremena i retencijski indeks. ....23*

*Tablica 5 Usporedba alkohola u uzorku 1(Spar) .....25*

*Tablica 6 Usporedba alkohola u RT u uzorku 2 (Vrtovi voća) .....26*

*Tablica 7 Rezultati senzorske ocjene .....27*

*Tablica 8 Rezultati ispitivanja pitkosti .....27*

**POPIS JEDNADŽBI:**

$RI = 100 \times n + N - n \log t_x - \log t_n \log t_N - \log t_n$  (1) .....17



