

Vino od borovnice

Jurković, Karmen

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:159:884682>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Preddiplomski studij Prehrambena tehnologija

Karmen Jurković

7089/PT

VINO OD BOROVNICE

Završni rad

Predmet: Kemija i tehnologija vina

Mentor: Prof. dr. sc. Mara Banović

Zagreb, 2018

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu

Prehrambeno-biotehnološki fakultet

Preddiplomski sveučilišni studij Prehrambena tehnologija

Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo

Laboratorij za tehnologiju i analitiku vina

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

VINO OD BOROVNICE

Karmen Jurković, 0058206770

Sažetak: Voćna vina zbog svog pozitivnog utjecaja na zdravlje i visoke nutritivne vrijednosti zauzimaju značajno mjesto među proizvodima od voća. Zbog kemijskog sastava, borovnica je prikladna za konzumaciju u svježem stanju ili preradu u vino. Vino obiluje polifenolnim spojevima koji doprinose senzorskim karakteristikama, a ujedno su i prirodni antioksidansi. Kao rezultat ovog rada može se zaključiti da vino od borovnice predstavlja nutritivno vrijedan proizvod blagotvornog učinka na zdravlje i preporuka je uvrstiti ga u prehranu.

Ključne riječi: alkoholna fermentacija, borovnica, voćno vino

Rad sadrži: 25 stranica, 1 slika, 48 literaturnih navoda

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom obliku pohranjen u knjižnici Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

Mentor: prof. dr. sc. Mara Banović

Datum obrane: lipanj, 2018.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Bachelor thesis

University of Zagreb

Faculty of Food Technology and Biotechnology

University undergraduate study Food Technology

Department of Food engineering

Laboratory for Technology and Analysis of Wine

Scientific area: Biotechnical Sciences

Scientific field: Food Technology

BLUEBERRY WINE

Karmen Jurković, 0058206770

Abstract: Fruit wines are highly placed amongst fruit products because of their positive impact on health and high nutritional value. Due to the chemical composition, blueberries are suitable for consumption in fresh state or for processing in wine. The wine is rich in polyphenol compounds that contribute to the sensory characteristics which are also natural antioxidants. As a result of this paper it can be concluded that blueberry wine is a nutritionally valuable product of beneficial effect on health and it is recommended to include it in nutrition.

Keywords: alcoholic fermentation, blueberry, fruit wine

Thesis contains: 25 pages, 1 figures, 48 references

Original in: Croatian

Thesis is in printed and electronic form deposited in the library of the Faculty of

Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

Mentor: prof. dr. sc Mara Banović

Defence date: June, 2018.

SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Teorijski dio.....	2
2.1 Podjela voćnih vina.....	3
<i>BOROVNICA.....</i>	<i>7</i>
2.2 Kemijski sastav.....	8
2.3 Fenolni spojevi.....	8
2.3.1. Antocijani.....	9
2.3.2 Fenolne kiseline.....	10
2.4 Antioksidacijska aktivnost.....	10
2.5 Utjecaj na zdravlje.....	11
<i>MEHANIZAM ALKOHOLNE FERMENTACIJE.....</i>	<i>12</i>
2.6 Čimbenici koji utječu na fermentaciju.....	12
<i>FAZE PROIZVODNJE VOĆNOG VINA.....</i>	<i>15</i>
<i>VINO OD BOROVNICE.....</i>	<i>19</i>
3. Zaključak.....	21
4. Literatura.....	22

1. UVOD

Razne vrste voća upotrebljavaju se za proizvodnju vina, među kojima su najčešće jabuke, kruške, šljive, trešnje, jagode, kupine i borovnice. Voće je iznimno zdravo i nije samo bogato monosaharidima, amino kiselinama, prehranjenim vlaknima, vitaminima i minerala, već sadrži raznolik i visok sadržaj bioaktivnih komponenti koje uključuju antocijane i flavonoide. Borovnica, zahvaljujući visokim udjelima fenolnih spojeva, posjeduje značajnu antioksidacijsku aktivnost zbog koje se ističe među ostalim bobičastim voćem. Fenolni spojevi ujedno pridonose organoleptičkim karakteristikama, boji, okusu, oporosti i gorčini. Borovnice su našle primjenu kao funkcionalna hrana, priroda bojila, te se koriste u proizvodnji sokova, džemova, sladoleda, preljeva za torte, alkoholnih pića te u pripravcima za lijekove. Pogodne su u konzumaciji u svježem ili prerađenom obliku. Postupci kojima se proizvode voća vina u principu se ne razlikuju od onih korištenih za bijela ili crna vina. Kakvoća sirovine osnove je preduvjet za kvalitetu finalnog proizvoda i cijeli proces vinifikacije treba povesti u skladu s pažljivo odbranim parametrima. S obzirom na udio alkohola i šećera, dijele se na voćna vina, desertna, aromatizirana, biser, pjenušava i razblažena voćna vina. Vino od borovnice obiluje prirodnim antioksidansima koji štite organizam od štetnog djelovanja slobodnih radikala. Redovita konzumacija borovnica u bilo kojem obliku može utjecati na smanjenje rizika od nastanka različitih bolesti kardiovaskularnog sustava.

Cilj ovog rada je predstaviti vino od borovnice kao nutritivno vrijedan i jedinstven proizvod s brojnim pozitivnim učincima na zdravlje, zbog kojeg bi ga svako trebalo uvrstiti u prehranu i prikazati tehnološke faze proizvodnje voćnog vina.

2. TEORIJSKI DIO

VOĆNO VINO

Vinarstvo je jedna od najstarijih ljudskih djelatnosti. Tehnologija proizvodnje vine poznata je još od početka civilizacije te prati čovječanstvo i agrarne procese (Chambers i Pretorius, 2010). Najstariji arheološki dokazi fermentiranih biljnih pića datiraju iz ranog neolitika s područja Kine i Srednjeg istoka. Na tom prostoru uzgojene su prve biljke i pripitomljene prve životinje, što je dalo temelje razvitku složenijeg društva i napuštanju nomadskog načina života (McGovern i sur., 2009). Povijest vina je zapravo povijest mikrobiologije i biokemije, te zahtjeva multidisciplinarni pristup koji objedinjuje fizikalne, kemijske i biološke znanosti. Razne vrste voća predstavljaju sirovinu za proizvodnju vina. Fermentacijom se može postići dulja trajnost proizvoda, promijeniti kemijska priroda i senzorska svojstva te poboljšati bioaktivnost nekih spojeva. Voća bogatija šećerom bolja su sirovina za provođenje fermentacije jer osiguravaju veći udio alkohola, doprinose strukturi, okusu i aromi vina (Hashizumet, 2001). Među raznim voćem grožđe je gotovo uvijek korištena sirovina, ali danas je na tržištu dostupno voće raznih oblika, boje, okusa i nutritivne vrijednosti, koje se sve više koristi u proizvodnji fermentiranih pića.

Tehnike kojima se proizvode voćna vina su poprilično jednake onima koje se koriste za proizvodnju crnih i bijelih vina. Prešanjem se dobiva sok koji fermentira zajedno sa pokožicom i sjemenkama. Kao kod crvenog grožđa, antocijani borovnice su većinom zastupljeni u pokožici (Riihinen i sur., 2008), dok tanini i fenolne kiseline dominiraju u sjemenci. Tijekom fermentacije, spomenuti spojevi se prenose u vino i doprinose boji, okusu i antioksidacijskim svojstvima vina. Brojne bioaktivne komponente optuštaju se u vodenu otopinu etanola, čime se olakšava mogućnost apsorpcije tijekom budućeg konzumiranja (Shahidi, 2009).

Posljednjih godina zabiježen je osobit pomak u tehnologiji proizvodnje vina, što se posebice odnosi na razvoj genetski modificiranih sojeva kvasaca. Unatoč tome što je većina istraživanja provedena na grožđu, a ne ostalom voću, napredak je postignut u modifikaciji hlapljivih spojeva upotrebom poboljšanih kvasaca. Povoljne senzorske procjene te in vitro i in vivo evaluacije bioaktivnih komponenti, koje pokazuju zdravstvene benefite, trebale bi voditi široj konzumaciji voćnih vina i pridonjeti ekonomiji vinske industrije.

2.1 Podjela voćnih vina

Temeljem članka 61. *Zakona o vinu* (NN br. 96/03) 3. srpnja 2006. godine ministar poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva RH donio je *Pravilnik o voćnim vinima* (NN br. 73/06). Tijekom godina donesene su izmjene i dopune Pravilnika, propisani uvjeti i način proizvodnje, prometa, označavanja te uvoza i izvoza voćnih vina. Pravilnikom su određene tri skupine voća; koštičavo, jezgričavo i jagodičasto ili bobičasto voće. Sve druge voćne vrste svrstavaju se u ostalo voće.

Svrstavanje pojedinih voćnih vrsta u skupine :

1. **Koštičavo voće** – šljiva (*Prunus domestica*), trešnja (*Prunus avium*), višnja (*Prunus ceracus*), trnina (*Prunus spinosus*), liči (*Litchi chinensis*), drenjina (*Cornus mas*), marelica (*Prunus armeniaca*), breskva (*Prunus persica*), rogač (*Ceratonia siliqua*) i dr.
2. **Jezgričavo voće** – jabuka (*Malus domestica*), dunja (*Cydonia oblonga*), kruška (*Pyrus communis*) i dr.
3. **Jagodičasto ili bobičasto voće** – borovnica (*Vaccinium myrtillus*), ogrozđ (*Ribes grossularia*), ribiz (*Ribes spp.*), jagoda (*Fragaria spp.*), kupina (*Rubus fruticosus*), ostrušica (*Rubus caesius*), malina (*Rubusidaeus*), dud (*Morus spp.*), brusnica (*Vacciniurn vitis-idaea*), planika (*Arbutus unedo*), bazga (*Sambucus nigra*) i dr.

Podjela voćnih vina (Pravilnik o voćnim vinima NN 73/06)

- Voćno vino
- Desertno voćno vino
- Aromatizirano voćno vino
- Biser voćno vino
- Pjenušavo voćno vino
- Razblaženo voćno vino

- **Voćno vino** je prehrambeni proizvod dobiven fermentacijom soka ili masulja od svježeg i za to pogodnog koštičavog, jezgričavog, jagodičastog, bobičastog ili ostalog voća i ima minimalni sadržaj prirodnog alkohola 1,2 % vol.

- **Desertno voćno vino** je voćno vino kojem je dodan alkohol voćnog podrijetla i/ili voćna rakija, voćni sok i/ili koncentrirani sok i koje, ako se sadržaj alkohola preračuna u šećer, sadrži više od 260 g/L šećera i čija je stvarna alkoholna jakost najmanje 13% vol., a ukupna alkoholna jakost ne više od 22% vol.
- **Aromatizirano voćno vino** je voćno vino u čijoj se proizvodnji koriste arome sukladno posebnom propisu, aromatične biljke i njihovi plodovi. Pored toga smiju se dodavati voćni sok, koncentrirani voćni sok, alkohol voćnog podrijetla, voćna rakija i šećer, pri čemu udio temeljnog vina mora iznositi najmanje 75%. Stvarna alkoholna jakost je najmanje 13% vol., a ukupna alkoholna jakost ne više od 22% vol.
- **Biser voćno vino** je voćno vino koje čija je stvarna alkoholna jakost najmanje 5% vol. i u zatvorenim posudama ima tlak otopljenog ugljik dioksida od 1,0 – 2,5 bara pri temperaturi od 20° C.
- **Pjenušavo voćno vino** je voćno vino dobiveno primarnom ili sekundarnom alkoholnom fermentacijom od voćnog soka ili voćnog vina. U zatvorenoj posudi ima tlak od najmanje 3 bara pri temperaturi od 20 °C, pri čemu sav otopljeni ugljik dioksid potječe od alkoholne fermentacije.
- **Razblaženo voćno vino** je voćno vino čija je stvarna alkoholna jakost 4-6% vol., a dobiveno je razrjeđivanjem koncentriranog voćnog vina. Ugljik dioksid koji je sadržan u proizvodu ne mora u cijelosti potjecati od fermentacije. Dopušteno je dodavanje aroma i bojila sukladno posebnim propisima.

Temeljni zahtjevi kojima voćno vino u prometu mora udovoljavati:

- da ima odgovarajuća organoleptička svojstva, da je bistro i čisto bez stranog mirisa i okusa;
- ukupne kiseline najmanje 3,5 g/L izražene kao jabučna kiselina;
- hlapive kiseline najviše do 1,5 g/L izražene kao octena kiselina;
- ekstrakta bez šećera najmanje 15 g/L;
- ukupnog sumpor dioksida do 200 mg/L;
- slobodnog sumpor dioksida najviše 30 mg/L;
- pepela najmanje 1 g/L.

Dopušteni postupci u proizvodnji voćnih vina:

1. primjena sljedećih postupaka i obrade;

a) prozračivanje i dodavanje kisika;

b) uvođenje dušika;

c) toplinska obrada;

d) centrifugiranje i filtracija, bez ili s inernim sredstvima za filtriranje uz uvjet da nema nepoželjnih ostataka u tretiranim proizvodima;

e) dodavanje ugljičnog dioksida, argona i dušika, samostalno ili kombinirano, isključivo radi stvaranja inertne atmosfere i radi obrade proizvoda bez pristupa zraka;

f) dodavanje sorbinske kiseline i kalijevog sorbata, pod uvjetom da sadržaj sobinske kiseline u gotovom proizvodu ne prelazi 200 mg/L;

g) dodavanje L-askorbinske kiseline;

h) dodavanje limunske kiseline;

i) dodavanje jabučne ili mliječne kiseline;

j) dodavanje vinske kiseline;

k) dodavanje kvasaca;

l) dodavanje enzima;

m) dodavanje sredstava za otkiseljavanje;

n) obrada aktivnim ugljenom maksimalno do 100 g/hL;

o) dodavanje polivinil polipirolidona (PVPP) maksimalno do 80 g/hL;

p) dodavanje mliječnih bakterija;

q) dodavanje kalijheksacijanoferata;

r) bistrenje s jednim ili više sredstava za enološku upotrebu: jestiva želatina, morunji mjehur, kazein ili kalijev kazeinat, bjelanjak jajeta, bentonit, silicij dioksid u obliku gela ili koloidne otopine, kaolin, tanin, pektolitički enzimi.

2. miješanje voćnih vina različitih voćnih vrsta te dodavanje voćnih sokova različitih voćnih vrsta.

3. dodavanje šećera, voćnog soka i/ili koncentriranog voćnog soka u takvoj mjeri da sadržaj stvarnog alkohola u trenutku predaje potrošaču ne prelazi 13 % vol.;

4. bojanje prirodno crvenog vina od jezgričavog ili bobičastog i koštičavog voća svježim kominama ili sokovima iste skupine voćnih vrsta.

5. Za proizvodnju desertnog, aromatiziranog, biser i pjenušavog voćnog vina dopušteno je dodavati šećer ili koncentrirani voćni sok u većoj mjeri, a da je stvarni alkohol iznad 13% vol.

Prema navedenom Pravilniku (NN br. 73/06) zabranjeno je miješanje voćnog vina s pokvarenim ili patvorenim voćnim vinom, miješanje voćnog vina s vinom i proizvodnja voćnog vina od komine ili taloga.

BOROVNICA

Borovnica je bobičasto voće koje pripada porodici *Ericaceae*, rod *Vaccinium*. Obična borovnica (*Vaccinium myrtillus*) potječe iz sjeverne Amerike i pripada grupi šumskog voća. Raste u crnogoričnim i bjelogoričnim šumama, vrištinama i guštarama planinskog područja. To je nizak, vrlo razgranjen listopadni grm visine 20-50 cm, čvorave stabljike i puzavog korijena, listovi su okruglasto-jajoliki s kratkom peteljkom, a cvjetovi su svijetloružičaste boje. Borovnica ima sočne modrocrne bobice, veličine 5-8 mm. Boja je rezultat visoke koncentracije pigmenata (antocijana). Cvate od lipnja do kolovoza, ovisno o visini i položaju staništa (Gursky, 1999). Sorte se razlikuju s obzirom na veličinu ploda, broj sjemenki, udio antocijana, kiselost, topljivim i netopljivim komponentama te okusu. Neke od sorti su Duke, Hannah's choice, Elliotte, Bluetta, Bluecrop, Blueraya Cabot, Siera i dr. Količina antocijana u plodovima iznosi od 300 do 698 mg/100g i povećava se u procesu dozrijevanja (Jaakola i sur., 2002).



Slika 1. Borovnica (Anonymous, 1)

Agroekološki uvjeti u kojima uspijeva borovnica (Volčević, 2005):

- **Temperatura** - Borovnica je otporna na zimu i može podnijeti temperature od -20 °C do -25 °C bez ikakvih šteta. Prekrivena snijegom može izdržati i puno niže temperature.

- **Voda** - U vrijeme vegetacije borovnica treba dosta vlage. Ima plitak korijen i zbog toga je jako osjetljiva na sušno razdoblje. Ukoliko tlo nije dovoljno vlažno može doći do ozbiljnih šteta poput kržljavog rasta, slabijeg uroda, a u najgorem slučaju grmovi se mogu osušiti.
- **Tlo** - Dobro uspijeva na svakom kiselom tlu (pH 4 - 5,2). Na vapnenom tlu uspijeva samo ako postoji dovoljno dubok sloj kiselog humusa.

2.2 Kemijski sastav

Pregled kemijskih sastojaka u zrelim plodovima borovnice (USDA, National Nutrient Database for Standard Reference, 2018) :

- voda – 84,2 g
- ugljikohidrati – 14,5 g
- vlakna – 2,4 g
- lipidi – 0,3 g
- proteini - 0,7 g
- vitamin C (9,7 mg/100g)
- minerali (najzastupljeniji kalij 77 mg/100g)

Borovnica ima energetska vrijednost od 57 kcal na 100 g. Najzastupljeniji šećeri u borovnici su glukoza (38,6 g/kg) i fruktoza (39,3 g/kg), a količine ukupnih fenola se kreću od 44,4-394 mg/100 g. Udio organskih kiselina ovisi o sorti i stadiju zrelosti. Najzastupljenije kiseline limunska (10,3 g/kg), jabučna i šikiminska (Rios de Souza i sur., 2014). Borovnice mogu biti izvor vitamina C, bioflavonoida, kalija, kalcija i željeza. Sadrže vlakana zbog čega pozitivno djeluju na probavu i korisne u dijetama za mršavljenje jer stvaraju osjećaj sitosti.

2.3 Fenolni spojevi

Uz osnovne nutritivne komponente; vitamine, minerale, šećere, organske kiseline i vlakna, bobice su dobar izvor različitih vrsta fitokemikalija poput fenolnih kiselina, flavonoida, tanina i lignana (Seeram, 2008). Navedeni spojevi pripadaju grupi polifenola, najrasprostranjenijih sekundarnih biljnih metabolita. Posjeduju brojna biološka i farmakološka svojstva, kojima doprinose osnovnim staničnim funkcijama kao što su rast, dioba i smrt stanice. Polifenoli su raznolika skupina spojeva zbog čega u literaturi postoje razni načini njihove klasifikacije:

prema strukturi, na temelju broja ugljikovih atoma u molekuli, na temelju biološke aktivnosti, biosintetskog puta i sl. (Tsao, 2010). Fenoli se strukturno sastoje od jednog ili više benzenskog/aromatskog prstena koji posjeduju jednu ili više hidroksilnih grupa ili neke druge supstituente (Dai i Mumper, 2010). Dije se na flavonoide: flavonoli, flavoni, flavan-3-oli (monomerni i kondenzirani tanini), antocijani, flavanoni i izoflavoni te neflavonoide: fenolne kiseline (hidroksicimetna, hidroksibenzojeva) (Crozier i sur., 2006). Značajni fenolni spojevi u voćnim vinima su derivati hidroksicimetne kiseline, antocijanini te katehini. Kopigmenti katehini povoljno utječu na boju voćnih vina i doprinose oporosti i gorčini. Najviše polifenola nalazi se u sjemenkama, pokožici, kori i peteljka, a relativno malo u pulpi i mesu voća. Njihova koncentracija je manja u zrelom plodu, osim kod crvenih plodova kod kojih se flavonoidi i antocijani akumuliraju tokom zrenja. Dio su cjelovite ljudske prehrane i dodaju se pri proizvodnji nekih lijekova. Bobičasto voće bogato je fenolnim spojevima zbog čega posjeduje visoku antioksidacijsku aktivnost (Wolfe i sur., 2008), te su zanimljiv sastojak u proizvodnji sokova, alkoholnih pića, džemova, sladoleda ili preljeva za torte i koriste se sve više u razvoju funkcionalne hrane s naglaskom na brigu za zdravlje (Potter i sur., 2007). Količina fenola u vinu je gotovo uvijek niža nego u voću, iz kojeg se vinifikacijom ekstrahira najviše 60% ukupno prisutnih fenola. Kod svakog bobičastog voća, pa tako i borovnica, na sintezu fenolnih komponenti utječu razni biotički i abiotički čimbenici. Sastav polifenola u voćnim vinima je raznolik te ovisi o sorti, uvjetima uzgoja, stupnju zrelosti, klimatskom području, uvjetima prerade i skladištenja. Među polifenolima posebno su istaknuti antocijani; antioksidansi koji igraju važnu ulogu u smanjenju rizika brojnih bolesti, a njihova stabilnost prvenstveno ovisi o pH vrijednosti (Hidalgo i Almajano, 2017).

2.3.1 Antocijani

Antocijani su pigmenti odgovorni za crvenu, plavu ili ljubičastu boju voća, povrća, cvjetova ili plodova. Po kemijskom sastavu su glikozilirani polihidroksi i polimetoksi derivati flavilium kationa. Glavni dio antocijana je aglikon, koji se naziva antocijanidin. Omjer koncentracije pojedinih antocijana utječe na stabilnost kako boje vina tako i njene nijanse. Intenzitet boje antocijana pod utjecajem je broja hidroksilnih i metilnih grupa; sa višim udjelom hidroksilnih grupa prevladavaju plave nijanse, dok sa više metilnih grupama prelazi prema crvenoj boji (He i Giusti, 2010). Antocijani iz borovnice koriste se kao prirodna bojila i funkcionalna hrana sa farmaceutskim učincima. U svrhu njihove primjene u hrani proučena je stabilnost i antioksidacijska aktivnost antocijana prisutnih u borovnici. Wang i suradnici (2010) dokazali su stabilnost antocijana pri pH 5,0, koncentraciji NaCl-a od 0.125–0.500 mol/L, saharozi 0.584–2.336 mol/L i konzervansu natrij benzoatu 0.035–0.140 mol/L. Osjetljivima su se

pokazali pri pH 7, temperaturi 80°C, prirodnom svjetlu, oksidacijskim i redukcijskim agensima. Glavni čimbenici koji utječu na stabilnost su kemijska struktura, pH, temperatura i vrsta otapala upotrebljena za ekstrakciju. Antioksidacijska aktivnost antocijana borovnice 19 puta je jača u usporedbi s antioksidacijskom aktivnošću flavonola i fenolnih kiselina. Dosadašnje spoznaje upućuju na pozitivno i zaštitno djelovanje borovnice na ljudsko zdravlje zbog velike količine prirodnih antioksidativnih komponenata među kojima su i polifenolni spojevi. Snažna antioksidacijska aktivnost antocijana voća rezultat je njihove visoke količine u voću (Jakobek i sur., 2008).

2.3.2 Fenolne kiseline

Fenolne kiseline su esteri ili glikozidi konjugirani s flavonoidima ili alkoholima. Većina fenolnih kiselina je povezana esterskom, eterskom ili acetalnom vezom sa spojevima biljke, većim polifenolima ili manjim organskim molekulama (Bonfill i sur., 2013.). Obuhvaćaju hidroksicimetne kiseline, hidroksibenzojeve kiseline te njihove derivate, a razliku među njima čini stupanj hidroksilacije i metilacije aromatskog prstena (Han i sur., 2007.). U borovnici su najviše prisutne hidroksicimetne kiseline i njihovi derivati, osobito p-kumarinska (4-hidroksicimetna), kafeinska (3,4-dihidroksicimetna) i ferulinska (4-hidroksi-3-metoksicimetna), dok je od hidroksibenzojevih kiselina najzastupljenija galna kiselina.

2.4 Antioksidacijska aktivnost

Polifenoli pokazuju antioksidacijska svojstva pri raznim fiziološkim aktivnostima u ljudskom organizmu. Pripisuje im se antiupalno, antialergijsko i antikancerogeno djelovanje (Jakobek i sur. 2008). Suvremeni način života, užurbanost i stresne situacije ometaju ravnotežu ljudskog organizma i pridonose stvaranju slobodnih radikala. Oksidacijski stres je stanje promijenjene ravnoteže u antioksidacijskom sustavu organizma u korist oksidacijskog stanja. Stvara se prekomjeran broj slobodnih radikala kisika, pri čemu se smanjuje mogućnost stanice da ih razgradi. Slobodni radikali su spojevi s nesparenim elektronom u vanjskoj elektronskoj ljusci, velike kemijske reaktivnosti i niske specifičnosti za reaktante (Lovrić, 2001). Mogu uzrokovati razaranja biomolekula što utječe na promjene funkcije strukture i stanica, tkiva i organa. Antioksidansi su bitni u prevenciji zdravlja zbog svoje mogućnosti hvatanja i stabilizacije slobodnih radikala donirajući im elektrone. Zbog prisutnosti antocijana borovnice mogu utjecati na poboljšanje kardiovaskularnog zdravlja. Koncentracija antocijana i resveratrola sadržanih u borovnici, prirodnih kardiovaskularnih zaštitinika, je slična ili viša u usporedbi s crvenim vinom. Također, vino od borovnice ima veću antioksidacijsku

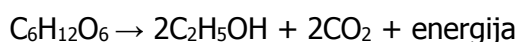
sposobnost od crvenog vina i puno veću od bijelog (Sanchez-Morendo i sur., 2003), stoga ono može biti jače od crvenog vina u prevenciji srčanih bolesti.

2.5 Utjecaj na zdravlje

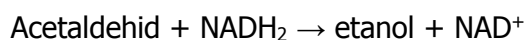
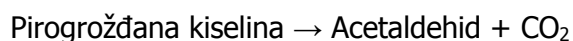
Dok povijest voćnog vina možda nije duga i prestižna kao vina od grožđa, danas im se sve više pridaje pažnja zbog blagotvornih učinaka na zdravlje. Bobičasto voće sadrži fitokemikalije koje imaju biološku aktivnost i potencijalno doprinose zdravstvenom stanju. Prisutnost i koncentracija pojedinih fenolnih spojeva ovisi o više čimbenika, kao što su okolišni uvjeti, zrelosti ploda, postupci obrade i skladištenja voća. Bobice borovnice, kupine, crnog ribiza, maline, brusnice i bazge, u usporedbi s grožđem, pokazale su sličan ili čak viši sadržaj flavonoida i fenola (Thilakarathna i Rupasinghe, 2012). Njihovo pozitivno djelovanje dokazano je tijekom oksidacijskih oštećenja na enzimima za detoksifikaciju, imunološki sustav, krvni tlak, a također imaju i antiinflamatorno, antibakterijsko i antivirusno djelovanje (Duthie i sur., 2003). Od davnina borovnice se smatraju ljekovitima. Razni narodi su stoljećima upotrebljavali listove, korijenje i bobice borovnice u medicinske svrhe (Sanchez-Moreno i sur., 2003). Znanstveni dokazi upućuju na moguću upotrebu borovnica kao dodataka prehrani u svrhu savladavanja dijabetesa tipa 2 (Stull i sur., 2010), te neurodegenerativnih bolesti poput Alzheimerove bolesti. Prisutni flavonoidi, proantocijanidini, elagitini, lignani sposobni su inhibirati staničnu proliferaciju u dojnama, debelom crijevu ili jajnicima (Seeram, 2008). Vina imaju više vitamina, minerala, šećera i polifenolnih spojeva od destiliranih pića (Joshi i sur., 1999). Učestala konzumacija borovnica, kako u svježem, tako i u prerađenom stanju pokazuje povoljno djelovanje na imunitet i zdravlje organizma.

MEHANIZAM ALKOHOLNE FERMENTACIJE

Alkoholna fermentacija ili alkoholno vrenje biokemijski je proces pretvorbe monosaharida (glukoza, fruktoza) do krajnjih produkata reakcije tj. etanola i ugljičnog dioksida posredstvom kvasaca uz sudjelovanje niza enzima. To je ujedno i anaerobni proces razgradnje šećera, koji se odvija u živoj stanici kvasca. Fermentacija, kao složeni biokemijski proces sastoji se od glikolize; razgradnje glukoze do pirogroždane kiseline i potom alkoholne fermentacije.



Glikoliza je reakcijski niz koji kataliziraju mnogobrojni enzimi. S enegetskog stajališta važan je nastanak gliceraldehid-3-fosfata, što je endergona reakcije jer se troši energija u obliku dvije molekule ATP-a. Slijedeće reakcije vode do pirogroždane kiseline tj. piruvata, konačnog produkta glikolize. To su egzergone reakcije jer oslobađaju energiju u obliku četiri molekule ATP-a. Ovaj proces se odvija jednako u aerobnim i anaerobnim uvjetima. U aerobnim uvjetima, nadalje, dolazi do dekarboksilacije piruvata i stvaranja acetila koji se veže na koenzim A i odlazi u ciklus limunske kiseline te oksidativu fosforilaciju. Alkoholna fermentacija započinje kad se glikolizom formira veća količina pirogroždane kiseline. Pirogroždana kiselina se dekarboksilira piruvat dekarboksilazom u acetaldehid, koji se zatim alkohol dehidrogenazom reducira u etanol. Istovremeno se koenzim NADH_2 oksidira u NAD^+ . Time se obnavlja akceptor elektrona za nesmetano odvijanje glikolize. NAD^+ je akceptor vodika u fosforilaciji gliceraldehid-3-fosfata u 1,3 difosfoglicerat i daljnje reakcije glikolize se ne odvijaju ukoliko ovog koenzima nema dovoljno (Rana i Rana, 2011).



2.6 Čimbenici koji utječu na fermentaciju

- Temperatura - Uvelike utječe na tijek, brzinu i kemizam alkoholne fermentacije. Treba biti optimalna ovisno o vrsti upotrebljenog kvasca, a odstupanja od odgovarajuće temperature mogu dovesti do usporavanja ili zaustavljanja fermentacije. Osim izbora početne temperature vrenja, koja ne bi trebala biti ispod 18°C , potrebno je voditi računa o tome da se vrenje ne odvija ni prebrzo ni presporo (Kolb i sur., 2007).

- Kisik – Potreban je za pravilan razvoj stanica kvasaca te je uključen u sintezu sterola i nezasićenih masnih kiselina, koji izgrađuju staničnu membranu kvasaca i osiguravaju bolju otpornost na alkohol.
- SO₂ - Proizvodnja vina zahtjeva primjenu određene količine SO₂, na što je većina sojeva *Saccharomyces cerevisiae* relativna otporna. Pri višem pH mošt je pogodniji za kontaminaciju i razvoj nepoželjnih mikroorganizama. Koncentracija upotrebljenog SO₂ treba biti primjerena jer u većim dozama može doći do kvarenja vina.
- Dušik - Esencijalni element potreban za sintezu proteina. Pristupačni dušik se sastoji od amoniyačnog oblika dušika i α-amino dušika (slobodne amino kiseline) te predstavlja hranu za kvasac, koja ima najveći utjecaj na brzinu alkoholne fermentacije (Navaro i Navaro, 2011).
- Mikrohranjiva – Tvari koje mikroorganizmi koriste kao hranu, a prisutne su u manjim količinama. Najvažniji nutrijenti su minerali i vitamini, koji često djeluju kao koenzimi, čineći proteine aktivnima ili sudjeluju u transportu kroz membrane. Među vitaminima posebno su važni vitamini B skupine. Biotin potiče stvaranje estera i viših alkohola, dok njegov nedostatak smanjuje prirast stanica. Pantotenska kiselina sudjeluje u metabolizmu lipida i pridonosi organoleptičkim svojstvima, dok nedostatak tiamina može voditi usporavanju vrenja. Minerali: magnezij, cink i kalij također su važni u ishrani kvasaca. Magnezij doprinosi rastu i metabolizmu kvasaca te ga čini otpornijim na temperaturu. Cink je koenzim mnogih enzima, pruža kvascima veću otpornost na alkohol i sudjeluje u formiranju estera (Jackson, 2014).

Međutim, postoje prepreke pri proizvodnji voćnih vina, što je u prvo redu otežana ekstrakcija šećera i ostalih topljivih spojeva iz pulpe pojedinog voća te voćni sokovi bogati kiselinama s niskim koncentracijama šećera (Swami i sur., 2014). Problem može predstavljati i nedovoljna količina dušikovih spojeva koji su neophodni za odvijanje alkoholne fermentacije. Tijekom fermentacije voćnog vina razina dušika u moštu je ključan faktor koji regulira metabolizam kvasaca i brzinu fermentacije te posljedično utječe na aromatski profil vina. Nedostatak istog može uzrokovati usporavanje ili potpuni prekid fermentacije (Kosseva i sur., 2017).

Kvasci su od velike važnosti za senzorska svojstva vina jer uvelike doprinose aromi. U vinima je do sada identificiran velik broj hlapljivih spojeva, a skoro polovica je produkt aktivnosti kvasaca u fermentaciji. Metabolizirajući sastojke iz mošta, sintetiziraju etanol i druga otapala kojima omogućuju ekstrakciju aroma te enzime koji transformiraju neutralne sastojke u mirisne i vrše autolizu mrtvih stanica kvasaca (Lambrechts i Pretorius, 2000). Ovisno o vrsti upotrebljenih kvasaca razlikovat će se koncentracije estera, viših alkohola, acetaldehida,

sumpornog dioksida i drugih. Tijekom fermentacije nastaju manje količine ostalih produkata metaboličke aktivnosti kvasaca. Ti sekundarni produkti značajno utječu na sensoriku vina, u prvom redu na miris. U tu svrhu stvaraju se posebni sojevi selekcioniranih kvasaca koji proizvode više alkohole i hlapljive estere u većim koncentracijama. Na sensoriku se može utjecati i provedbom malolaktične fermentacije, poznate kao sekundarna fermentacija. Za postizanje pozitivnih učinaka na kvalitetu vina, tijek procesa treba biti pažljivo kontroliran. Taj postupak rezultira smanjenjem kiselosti, promjenom okusa, te doprinosi mikrobiološkoj stabilnosti. Razgradnju jabučne kiseline provode mliječne bakterije, pri čemu uz mliječnu kiselinu sintetiziraju brojne hlapljive spojeve kojih utječu na stil vina. Vina u kojima je provedena malolaktična fermentacija imaju mekši, blaži i zaobljeniji okus (Jackson, 2014).

FAZE PROIZVODNJE VOĆNOG VINA

1. Berba
2. Probiranje i pročišćavanje
3. Usitnjavanje i prešanje
4. Priprema mošta za fermentaciju
5. Fermentacija
6. Pretok
7. Njega i bistrenje
8. Punjenje i označavanje boca

1. Berba borovnice

Za vino se često kaže da nastaje u vinogradu, a u slučaju voćnih vina može se reći da ono nastaje u voćnjaku. Ukoliko je sirovina loša, teško je proizvesti voćno vino visoke kvalitete. Zbog štetnost ostataka sredstava za prskanje, koje voće može sadržavati, potrebno je koristiti voće ubrano barem 6 tjedana nakon posljednje primjene pesticida. Berba borovnice se obično proteže u periodu od 6 do 8 tjedana s obzirom da postoje rane, srednje rane i kasne sorte. Svaka sorta se bere tri do sedam puta u intervalu od 5 do 7 dana, ovisno o osobinama sorte i vremenskim uvjetima. Beru se samo zreli plodovi plave boje jer su poluzreli plodovi kiseli (Kantoci, 2009). Kao kod prerade ostalih sirovina, jako je bitno vrijeme koje prođe od berbe preko transporta, prihvata u pogon i početka procesiranja. Ono bi trebalo biti što kraće, ukoliko je moguće u toku istog dana. Ako to nije ostvarivo sirovinu treba skladištiti u odgovarajućim uvjetima.

2. Probiranje i pročišćavanje

Voće se probire u svrhu uklanjanja lišća, grančica, prašine, zemlje, kemijskih sredstava i ostalih nečistoća koje su dospjele iz polja, zraka ili tijekom berbe, a mogu nepovoljno utjecati na senzoriku vina i strojeve. Koštičavo i jagodičasto voće često se prerađuje bez pranja, a u slučaju prljavog materijala potrebno je pranje blagim mlazom vode. Uklanjaju se trule ili nagnječene bobice kako bi se smanjio rizik od mikrobiološke infekcije ili nepoželjnih senzorskih osobina (Kolb i sur., 2007).

3. Usitnjavanje i prešanje

Usitnjavanje treba biti optimalno provedeno zbog što boljeg iskorištenja tj. izdvajanja soka. Za usitnjavanje voća koriste se isključivo mehanički postupci. Nekoć se jezgričavo voće usitnjavalo pomoću kamenih mlinova i rotirajućih noževa, koji ih grubo usitnjuju, a dalje valjci prerađuju u kašu. Danas se takav princip koristi pri usitnjavanju koštičavog i jagodičastog voća, pri čemu se koriste metalni valjci obavijeni gumom čiji se razmak može regulirati. U suvremenoj proizvodnji koriste se razne vrste miksera, čiji su unutrašnje stijenke od nehrđajućeg čelika s rupicama nazubljenima prema voćnoj masi. Veličina čestica voćne mase regulira se veličinom rupica na plaštu (Kolb i sur., 2007). Prešanje se vrši na prešama raznih izvedbi. Adekvatno pripremljeni materijal se prevodi u mošt, to jest tekuća frakcija se izdvaja od krute. Primjenjeni tlak utječe na iskorištenje soka, pri čemu nije bitna njegova visina, već postupno povećanje u vremenskim intervalima. Najbolji način za kontrolu iskoristivosti soka iz komine je mjerenje udjela vode u komini (Kolb i sur., 2007).

4. Priprema mošta za fermentaciju

Voćni materijal priprema se za fermentaciju tako da se dodaju pektolitički enzimi za smanjenje viskoznosti, prilagodi kiselost, najčešće razrijeđivanjem vodom i doda šećer za postizanje potrebne alkoholne jakosti. *Saccharomyces cerevisiae* je kvasac o čijoj aktivnosti ovisi, ne samo proizvodnja vina, već i ostalih fermentiranih pića (Kosseva i sur., 2017). Pri vrenju selekcioniranim kvascima razlikuju se dva načina vrenja: apsolutno i relativno vrenje. Pri apsolutnom se supstrat prije vrenja pasteurizira tj. uništi se većina nepoželjnih mikroorganizama i divljih kvasaca koji pripadaju prirodnoj mikroflori sa površine sirovine i mogu nepovoljno djelovati na kvalitetu proizvoda. Pri relativnom vrenju dodaju se dovoljne količine kvasca u mošt ili masulj nakon čega bi ta dodana vrsta trebala preuzeti primat nad ostalim mikroorganizmima u supstratu. Poželjne karakteristike upotrebene kulture su visoka brzina vrenja pri svim temperaturama i dobra otpornost na alkohol (Kolb i sur., 2007). Kvalitetna kultura kvasca je osnovni preduvjet za proizvodnju vrhunskog vina. Kako će kvasac djelovati ovisi prvenstveno o sastavu voćnog mošta te temperaturi fermentacije. Dodatak starter kulture stabilizira fermentaciju i vodi kvalitetnijem proizvodu. Najčešće se koristi liofilizirani (suhi) kvasac kojeg je prije inokulacije potrebno rehidratirati u mikrobiološki ispravnoj vodi, namnožiti u maloj količini prethodno steriliziranog mošta, te nacijepiti u mošt za fermentaciju. Borovnica sadrži malu količinu dušićnih spojeva, stoga je potrebno dodati amonijev fosfat za ishranu kvasca.

5. Fermentacija

S obzirom na vrstu voća, provodi se vrenje soka tj. mošta ili vrenje usitnjenog voća, odnosno vrenje na masulju. Tvari koje daju boju većinom se nalaze u kori voća i nakon prešanja velikim dijelom zaostaju u komini. Tijekom vrenja na komini tj. masulju, boja iz kožice se ekstrahira pomoću etanola. Borovnicu je potrebno fermentirati na masulju, kako bi se uz pomoć alkohola ekstrahirali antocijani koji se nalaze u kožici i mesu plodova (Kolb i sur., 2007). Pri proizvodnji stolnih vina, pogotovo nižeg alkohola, preporuča se hladno vrenje, čime se dobiva snažna aroma i visok sadržaj otopljenog CO₂ koji vinu daje ugodnu svježinu. Nacijepljenjem odabrane kulture kvasaca započinje fermentacija, koja se najčešće provodi u inox tankovima. Proces se odvija na temperaturi između 20 i 25°C. Viša temperatura se izbjegava jer može uzrokovati gubitak hlapljivih komponenti te usporiti metabolizam kvasaca. Tijekom vrenja masulja dodavaju se pektolitički enzimi, koji olakšavaju prešanje i povećavaju iskoristivost soka. Tijekom prerade jagodičastog voća, kao ribiza, jagoda, kupine, bazge i dr. preporuča se obavezno dodavanje pektinaza, budući da je udio pektina u tom voću relativno visok, te nastaju jako viskozni supstrati koji se teško prešaju. Tank za fermentaciju mora imati vreljnjaču. Kraj fermentacije označava smanjenje i prestanak produkcije mjehurića CO₂ (Kolb i sur., 2007).

6. Pretok

Pretakanje vina postupak je odvajanja bistrog mladog vina od taloga koji doprinosi stabilnosti i kvaliteti vina. Pretakanjem mladog vina odstranjuju se grube čestice mutnoće i postiže brže bistrenje. Tijekom postupka vino se izlaže kisiku, što dovodi do niza oksido–redukcijskih reakcija čime mnogi sastojci vina prelaze u netopljivo stanje i talože se. Vino postaje stabilnije i dolazi do formiranja organoleptičnih osobina, posebice okusa i mirisa. Predugo čuvanje voćnih vina na talogu nije poželjno jer postoji opasnost od stvaranja sumporovodika. Često se pretok radi uz pomoć centrifuga, nakon toga mlado vino je potrebno čuvati sve dok ne izgubi okus kvasaca (Kolb i sur., 2007).

7. Njega i bistrenje

Primjenom sredstava za bistrenje dobiva se bistro i stabilno vino. Time se olakšava filtracija, odvajaju neželjene tvari, koje bi kasnije mogle izazvati pojavu taloga, te se poboljšava okus i boja vina. Za smanjenje inače dugog prirodnog pocesa provodi se bistrenje upotrebom različitih bistrila, koja u vinu djeluju kemijski, fizikalno-kemijski ili mehanički, te pročišćavanjem, centrifugiranjem, najčešće kombinacija (Zoričić, 1996). Za bistrenje se

koriste: želatina, agar-agar, tanini, bjelanjak jajeta, bentonit, aktivni ugljen, inertna filtracijska sredstva, perlit ili celuloza (Kolb i sur., 2007). Sva sredstva koja se koriste trebaju biti inertna u odnosu na sastojke vina. Tijekom filtracije odvajaju se najmanje čestica uz pomoć sloja poroznog materijala koji omogućava protok vina, ali ne i čestica taloga. Najčešće se provodi na filter prešama, pločama ili membranama. Svježe vino je grubog i neskladnog okusa, a sazrijevanjem formira blagi i voći okus. Ovaj proces obuhvaća kompleksne kemijske reakcije u kojem se oblikuju i transformiraju nosioci okusa i mirisa. Odležavanje ovisi o vrsti korištene sirovine i željenom profilu vina, može trajati od 6 mjeseci do 2 godine.

8. Punjenje i označavanje boca

Boce je prije punjenja potrebno primjereno očistiti i oprati u uređajima različitih izvedbi. Pranje se provodi u sterilnim uvjetima. Postoje tri tipa uređaja koji rade na način čišćenja namakanjem i četkanjem boca, čišćenje prskanjem boca te čišćenje namakanjem i prskanjem boca, dok se kao uređaji koriste kotači za namakanje, uređaji na principu prskanja te izduženi uređaji. Sredstva za pranje boca ne smiju mijenjati sastojke boce ni stvarati pjenu, trebaju imati dobru sposobnost otapanja i uklanjanja nečistoća, razgrađivanja ulja i masti, uništavanja mikroorganizama, moraju biti neotrovna i biorazgradiva. Klasnična sredstva za čišćenje su natrijeva lužina i soda (Kolb i sur. 2007).

Postoje različiti načini punjenja boca kao što su hladno punjenje i pasterizacija punih boca, vruća punjenja s hlađenjem, hladno-sterilno punjenje, hladno sterilno punjenje nakon kratkog zagrijavanja na visokim temperaturama. Vino koje se puni vruće ili se naknadno pasterizira mora biti testirano na toplinsku stabilnost (Kolb i sur., 2007). Voćna vina se u pravilu zatvaraju aluminijskim zatvaračima na navoj. Često se koriste se tzv. 'gasdiht' zatvarači, koji u unutrašnjosti čepa imaju pločicu koja nakon zatvaranja prijanja na otvor i onemogućuje protok plinova. Zatvarači ne dopuštaju izlazak plinova, stoga u slučaju nastanka tlaka u boci može doći do njenog pucanja. Zbog toga se razvijaju zatvarači koji zadržavaju vakuum, ali kod pojave tlaka propuštaju zrak van (Kolb i sur., 2007). Na boce se ljepe etiketa i deklaracija su skladu sa zakonskom regulativom.

VINO OD BOROVNICE

Razni fizikalno-kemijski čimbenici kao temperatura ili pH pri kojima se odvija fermentacija, količina dodanog inokuluma ili koncentracija šećera utječu na sadržaj etanola u vinu. Yan i suradnici (2012), proučavajući utjecaj temperature, pH i količine korištene kulture kvasca, ustanovili su da je temperatura od 22.65°C, pH 3.53 i 7.37% dodane kulture, optimalna za produkciju maksimalne koncentracije etanola (7.63 vol. %) i minimalne koncentracije hlapljivih kiselina (0.34 g/L). Vina od borovnice proizvedena u ovim uvjetima fermentacije pokazala su najviše prihvaćanja od strane kupaca.

Tehnike procesiranja kao vrijeme kontakta, usitnjavanje i prešanje utječu na fenolni sastav vina i komine. Su i Chein (2006) proučavali su utjecaj fermentacije na koncentraciju ukupnih polifenola, antocijana te antioksidacijsku aktivnost vina i octa od borovnice. Analizirano vino proizvedeno je fermentacijom isključivo soka od borovnice i fermentacijom na masulju. Vrenje na masulju dalo je vino s najvišim sadržajem antocijana i polifenola te najvećom antioksidacijskom aktivnosti. U uzorcima octa, zakiseljavanje je snizilo koncentracije istih i time antioksidacijsku aktivnost, što je još jedan dokaz nestabilnost fenolnih spojeva pri nižim pH-a vrijednostima. Već spomenuti fenolni spojevi doprinose boji voćnih vina. Proces starenja vina od borovnice opisan je kao gubitak intenziteta boje, od početne crveno-ljubičaste do konačne ciglasto-crvene nijanse. Tijekom starenja od periodu od 6 mjeseci ukupni antocijani i fenoli su se smanjili za 22%–31% tj. 11% u starijem vinu (Liu i sur., 2015). Alcalde-Eon i suradnici (2006) povezali su gubitak antocijana tijekom proizvodnje vine i starenja, s reakcijama poput kopigmentacije, polimerizacije, oksidacije ili formiranja netopljivih polimernih pigmenata.

Iako je najčešća upotreba kvasca *Saccharomyces cerevisiae*, fermentacija se može provoditi i s drugim mikroorganizmima. Vrenje s bakterijom iz prirodno prisutne mikroflore s površine borovnice, koja pripada rodu *Enterobacteriaceae*, dala je vino s višom koncentracijom fenola. Zbog većeg udjela i promjene profila fenola tj. nastanka galske kiseline, usljedilo je povećanje antioksidacijska aktivnost (Martin i Matar, 2005).

Zhang i suradnici (2016) proveli su ispitivanje profila fenolnih spojeva i antioksidacijsku aktivnost vina proizvedenih od 10 različitih sorti borovnice, ubranih su u istom području u fazi fiziološke zrelosti. Sastav fenola razlikovao se među sortama, a time i antioksidacijska aktivnost. Analizom je potvrđena povezanost ukupnih fenola i tanina s antioksidacijskim kapacitetom, implicirajući da ovo vino može biti moćan izvor bioaktivnih komponenti.

Bioaktivne komponente vina od borovnice, proučavane in vitro, izvršile su inhibiciju α -amilaze i α -glukozidaze jednako uspješno kao i akarboza tj. lijek protiv dijabetesa. Time je demonstrirano kako vino od borovnice nije samo dobar izvor polifenola i prirodnih antioksidansa, već i moguće ishodište za razvitak dijabetičkih terapeutika (Johnson i sur., 2011). Analiza vina od borovnice kapilarnom elektorforezom potvrdila je prisutnost kampferola, ferulinske, vanilijske, kofeinske i galne kiseline, sve redom značajnih spojeva u borbi protiv slobodnih radikala. Johnson i Mejia (2012) ispitujući antioksidacijsku aktivnost i doprinos na zdravstveno stanje zaključili su da voćna vina pripravljena od borovnica imaju potencijalnu ulogu u službi zdravlja te da njihova proizvodnja može pridonijeti ekonomiji vinske industrije.

ZAKLJUČAK

1. Voćna vina proizvode se fermentacijom soka ili masulja od različitih voćnih vrsta, osim grožđa. Postupci proizvodnje su slični onima koji se primjenjuju za bijela i crna vina.
2. Borovnica je kao samonikli grm pristuna u Gorskom Kotaru, Velebitu, Medvednici, Ivanščici, Žumberku, Papuku i Psunju. U novije vrijeme se sve više podižu nasadi sa planskim uzgojem borovnica.
3. Zbog kemijskog sastava prikladna je za konzumaciju u svježem stanju i preradu u sok, vino, likere, džemove ili sladolede, a primjenjuje se i u proizvodnji lijekova.
4. Brojni sastojci, naročito polifenolnog karaktera, tijekom vinifikacije prelaze u vino čime ono postaje bogatije bioaktivnim komponentama i povoljno utječe na zdravlje konzumenata.
5. Funkcionalna svojstva borovnice uključuju antioksidativnu, antkancerogenu, antiupalnu, antidijabetičku aktivnost i povoljno djelovanje na kardiovaskularni sustav. Umjerenom konzumacijom vina od borovnice može se zadovoljiti potreba za antioksidansima i time poboljšati zdravstveno stanje.

LITERATURA

1. Alcalde-Eon, C., Escribano-Bailón, M.T., Santos-Buelga, C. i Rivas-Gonzalo, J.C. (2006) Changes in the detailed pigment composition of red wine during maturity and ageing: A comprehensive study. *Analytica Chimica Acta* **563**: 238–254.
2. Anonymous 1 (2018) Borovnica
<https://bargainejuice.ca/collections/frontpage/products/blueberry-120ml> pristupljeno 30.svibnja 2018.
3. Bonfill, M., Goleniowski, M., Cusido, R., Palazón, J. (2013) Phenolic acids. In *Natural Products*. Springer Berlin Heidelberg.
4. Chambers, P. J., Pretorius, I. S. (2010) Fermenting knowledge: the history of winemaking, science and yeast research. *EMBO Reports* **11**: 914–920.
5. Crozier, A., Clifford, M.N., Ashihara, H. (2006). *Plant Secondary Metabolites - Occurrence, Structure and Role in the Human Diet*. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, Velika Britanija.
6. Dai, J., Mumper, R.J. (2010) Plantphenolics: extraction, analysis and the antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, **15**: 7313-7352.
7. Duthie, G.G., Gardner, P.T., Kyle, J.A. (2003) Plant polyphenols: Are they the new magic bullet? *The Proceedings of the Nutrition Society* **62**: 599-603.
8. Gursky, Z. (1999) Zlatna knjiga ljekovitog bilja, 5. izd., Nakladni zavod Matice Hrvatske, Zagreb
9. Han, X., Shen, T., Lou, H. (2007) Dietary polyphenols and their biological significance. *International Journal of Molecular Sciences* **8**: 950-988.
10. Hashizumet, T. (2001) Tecnologia do vinho. In: Aquarone E et al. (Eds), *Biotechnologia Industrial: Biotechnologia na produção de Alimentos*. São Paulo, Brazil.
11. He, J., Giusti, M. (2010) Anthocyanins: natural colorants with health-promoting properties. *Annual Review of Food Science and Technology* **1**: 163–187.
12. Hidalgo, G. I., Almajano, M. P. (2017) Red fruits: Extraction of Antioxidants, phenolic content, and radical scavenging determination: A review. *Antioxidants* **6**: 7.
13. Jaakola, L., Maatta, K., Pirttila, A., Torroen, R., Karenlampi, S., Hohtola, A. (2002) Expression of Genes Involved in Anthocyanin Biosynthesis in Relation to Anthocyanin, Proanthocyanidin, and Flavonol Levels during Bilberry Fruit Development. *Plant Physiology* **130**: 729-739.

14. Jackson, R.S. (2014) Wine science – principles, practice, perception. 3. izdanje. Academic Press, San Diego, USA.
15. Jakobek, L., Šeruga, M., Novak, I., Medvidović-Kosanović, M., Lukačević, I. (2008). Antioksidacijska aktivnost polifenola iz borovnice i jagode. *Pomologia Croatica : Glasilo Hrvatskog agronomskog društva* **14**: 13-26.
16. Johnson, M.H., de Mejia, E.G. (2012) Comparison of chemical composition and antioxidant capacity of commercially available blueberry and blackberry wines in Illinois. *Journal of Food Science* **71**: 141–148.
17. Johnson, M.H., Lucius, A., Meyer, T., de Mejia, E.G. (2011) Cultivar evaluation and effect of fermentation on antioxidant capacity and in vitro inhibition of α -amylase and α -glucosidase by Highbush Blueberry (*Vaccinium corombosum*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **59**: 8923–8930.
18. Joshi, V.K., Bhutani, V.P., Thakur, N.K. (1999) Composition and nutrition of fermented products. In: Joshi, V.K., Pandey, A. (Eds.), *Biotechnology: Food Fermentation*, Educational Publishers and Distributors, New Delhi
19. Kantoci, D. (2009) Uzgoj borovnice. *Glasnik zaštite bilja* **6**: 30-37
20. Kolb, E., Demuth, G., Schurig, U. i Sennewald, K. (2007) Voćna vina (Proizvodnja u kućanstvu i obrtu); Fruitwine (Production of household and crafts). ITD Gaudeamus d.o.o., Požega, Hrvatska.
21. Kosseva, M. R., Joshi, V.K., Panesar, P.S. (2017) *Science and Technology of Fruit Wine Production*, Academic Press, Massachusetts, USA.
22. Lambrechts, M.G., Pretorius, I.S. (2000) Yeast and its importance to wine aroma. *South Africa Journal of Enology and Viticulture* **21**: 97–129.
23. Liu, S., Yang, H., Li, S., Zhang, J., Li T., Zhu, B., Zhang, B. (2015) Polyphenolic Compositions and Chromatic Characteristics of Bog Bilberry Syrup Wines. *Molecules* **20**: 19865-19877.
24. Lovrić, J. (2001) Slobodni radikali i oksidativni stres. U: Oksidativni stres i djelotvornost antioksidansa, Medicinska naklada, Zagreb, Hrvatska.
25. Martin, L. J., Matar, C. (2005) Increase of antioxidant capacity of the lowbush blueberry (*Vaccinium angustifolium*) during fermentation by a novel bacterium from the fruit microflora. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **85**: 1477-1484.
26. McGovern, P.E., Mirzoian, A., Hall, G.R. (2009) Ancient Egyptian herbal wines. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **106**: 7361–7366.

27. Navarro, G., Navarro, S. (2011). Stuck and sluggish fermentation. In: Joshi, V.K. (Ed.), Handbook of Enology: Principles, Practices, and Recent Innovations, 2.izdanje, Asiatech Publishers Inc., New Delhi, Indija.
28. Potter, R.M., Dougherty, M.P., Halteman, W.A., Camire, M.E. (2007) Characteristics of wild blueberry–soy beverages, *LWT - Food Science and Technology* **40**: 807-814.
29. Pravilnik o voćnim vinima (2006) *Narodne novine* **73** (NN 73/2006).
30. Rana, N.S., Rana, V.S. (2011) Biochemistry of wine preparation. In: Joshi, V.K. (Ed.), Handbook of Enology: Principles, Practices, and Recent Innovations, 2. izdanje, Asiatech Publishers Inc., New Delhi, Indija.
31. Riihinen, K., Jaakola, L., Ka, S. (2008) Organ-specific distribution of phenolic compounds in bilberry (*Vaccinium myrtillus*) and "northblue" blueberry (*Vaccinium corymbosum* x *V. angustifolium*). *Food Chemistry* **110**: 156-160.
32. Rios de Souza, V., Pereira, P. A. P., da Silva, T. L. T., de Oliveira Lima, L. C., Pio, R., Queiroz, F. (2014) Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. *Food Chemistry* **156**: 362-368.
33. Sanchez-Moreno, C., Cao, G., Ou, B., Prior, R. L. (2003) Anthocyanin and proanthocyanidin content in selected white and red wines. Oxygen radical absorbance capacity comparison with nontraditional wines obtained from highbush blueberry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **51**: 4889-4896.
34. Seeram, N. P. (2008) Berry fruits for cancer prevention: current status and future prospects. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **56**: 630–635.
35. Shahidi, F. (2009) Nutraceuticals and functional foods: whole versus processed foods. *Trends in Food Science and Technology* **20**: 376–387.
36. Stull, A.J., Cash, K.C., Johnson, W.D., Champagne, C.M., Cefalu, W.T. (2010) Bioactives in blueberries improve insulin sensitivity in obese, insulin-resistant men and women. *The Journal of Nutrition and Disease* **140**: 1764–1768.
37. Su, M. S., Chein, P. J. (2007) Antioxidant activity, anthocyanins, and phenolics of rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei*) fluid products as affected by fermentation. *Food Chemistry* **104**: 182-187.
38. Swami, S.B., Thakor, N.J., Divate, A.D. (2014) Fruit wine production: a review. *Journal of Food Research and Technology* **2**: 93–94.

39. Thilakarathna, S.H., Rupasinghe, H.P.V. (2012) Anti-atherosclerotic effects of fruit bioactive compounds: a review of current scientific evidence. *Canadian Journal of Plant Science* **92**: 407–419.
40. Tsao, R. (2010) Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. *Nutrients*, **2**: 1231-1246.
41. USDA, National Nutrient Database for Standard Reference Legacy Release, <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/301068?manu=&fgcd=&ds=&q=Blueberries,%20raw> pristupljeno 1.lipnja 2018
42. Volčević, B. (2005) Jagoda, malina, kupina, Agro-hit, Bjelovar
43. Wang, B.C., He, R., Liet, Z. M. (2010) Antioxidant activity of blueberry anthocyanins, *Food technology and biotechnology* **48**: 42–49.
44. Wolfe, K. L., Kang, X., He, X., Dong, M., Zhang, Q., Liu, R. H. (2008) Cellular Antioxidant Activity of Common Fruits. *Journal of agricultural and food chemistry* **56**: 8418-8426.
45. Yan, H. G., Zhan, W. H., Chen, J. H., Ding, Z. E. (2012) Optimization of the alcoholic fermentation of blueberry juice by AS 2.316 *Saccharomyces cerevisiae* wine yeast. *African journal of biotechnology* **11**: 3623-3630.
46. Zakon o vinu (2003) *Narodne novine* **96**, Zagreb (NN 96/03)
47. Zhang, L., Li, N., Gao, X. (2016) Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Wines Fermented Using Ten Blueberry Varieties. *American Journal of Food Technology* **11**: 291-297.
48. Zoričić, M. (1996) Podrumarstvo. 2.izdanje. Nakladni zavod Globus, Zagreb, Hrvatska.

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.

Karmen Jurbo

ime i prezime studenta