

Kemijski sastav voćnih vina od aronije

Sažetak

U novije vrijeme zabilježen je rastući interes za konzumacijom funkcionalne hrane koja svojim sastavom pozitivno utječe na razvoj i funkcioniranje ljudskog organizma. Plodovi aronije (*Aronia melanocarpa*) i proizvodi dobiveni njihovom preradom predstavljaju vrijedan izvor polifenola, posebno proantocijanidina i antocijana. Zbog visoke zastupljenosti u plodovima voća i visoke antioksidativne aktivnosti, polifenoli se smatraju najznačajnijim dijetarnim antioksidansima. Antioksidansi su tvari koje usporavaju procese oksidacije u organizmu, te na taj način usporavaju procese starenja.

Cilj ovog istraživanja je bio utvrditi kemijski sastav, koncentraciju ukupnih i pojedinačnih antocijana te antioksidacijski kapacitet voćnih vina od aronije proizvedene u kontinentalnoj Hrvatskoj.

Gljučne riječi: aronija, polifenoli, fizikalno-kemijski sastav, antocijani, antioksidacijski kapacitet

Uvod

Aronija (*Aronia melanocarpa*) je višegodišnji listopadni grm koji pripada porodici ruža (*Rosaceae*). Potječe s područja Sjeverne Amerike. Kao samonikla vrsta, najviše je rasprostranjena u Kanadi. U Europi se najviše uzgaja u sjevernim dijelovima Rusije, u Poljskoj, Češkoj, Slovačkoj te na sjeveru Njemačke i Francuske (www.savjetodavna.hr). Procjenjuje se da su površine pod nasadima aronije u svijetu oko 20.000 ha, s proizvodnjom od 150.000–200.000 tona godišnje. Prema podacima savjetodavne službe iz 2013 g. u Hrvatskoj se procjenjuje da intenzivnih nasada aronije ima svega oko 20 hektara. Aronija uspijeva na većem dijelu Hrvatske.

Ona je izuzetno otporna i prilagodljiva vrsta. Vrlo je zahvalna za uzgoj u sjevernim područjima zbog visokog stupnja otpornosti na mraz. Također je otporna na sušu, a nije utvrđeno da je posebno osjetljiva na određene bolesti i štetnike.

Grm aronije doseže visinu do 3 m. Listovi su ovalni, nazubljeni, naizmjeničnog rasporeda, tamnozeleno su obojeni, a ujesen poprimaju crvene tonove. Vrlo često se aronija uzgaja kao ukrasna biljka. Osim dekorativnih listova, jedna od prepoznatljivosti su i prelijepi bijeli cvjetovi skupljeni u grozdove. Biljka cvjeta krajem travnja i početkom svibnja.

Plodovi aronije su tamnoplave do gotovo crne bobice, okruglastog do spljoštenog oblika, prekrivene pepeljastom prevlakom. U plodu je 5-8 sjemenki, a 15-20 plodova čine grozd. Plodovi dozrijevaju od sredine kolovoza, a moguća je berba tijekom cijelog rujna, jer plodovi ne opadaju. Meso ploda ima intenzivnu crvenu boju slatkog do kiselkastog i pomalo trpkog okusa, koji podsjeća na nezrele borovnice. Koriste se u prehrani jer su zadivljujućih nutritivnih vrijednosti. Na sastav plodova aronije veliki utjecaj imaju sorta, način uzgoja, stupanj zrelosti plodova, period berbe te stanište (Jeppsson i Johansson, 2000).

Plodovi aronije i proizvodi dobiveni njihovom preradom predstavljaju vrijedan izvor polifenola, posebno proantocijanidina i antocijana (Kulling i Rawel, 2008).

Sadržaj antocijana u plodovima ili u svježe iscijeđenom soku dostiže vrijednosti od 300 do 2000 mg/100g (Čujić i sur., 2013). Smatra se da njihov doprinos antioksidacijskoj aktivnosti soka od aronije iznosi i do 40% (Zheng i Wang, 2003). Antocijani su u plodovima aronije prisutni u

¹ Antonija Tomić, dipl.ing.agr., adicak@agr.hr, Ivana Tomaz, dipl.ing.kem., Izv.prof.dr.sc. Ana Jeromeš, Zavod za vinogradarstvo i vinarstvo, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, Zagreb, Hrvatska

formi cijanidin glikozida i to: 3-O-galaktozida, 3-O-glukozida, 3-O-arabinozida i 3-O-ksilozida (Kulling i Rawel, 2008).

Prehrana bogata biljnim fenolima pomaže u sprječavanju koronarnih bolesti (Hertog i sur,1997) i bolesti probavnog trakta (Carlo i sur, 1999).

Prema novijim istraživanjima polifenoli ublažavaju posljedice starenja te imaju antialergijska, antimikrobna i antioksidacijska svojstva (Ljevar,2016).

Plodovi aronije posjeduju tipičnu, no ne i vrlo ugodnu aromu. Unatoč visokom sadržaju antioksidansa zbog gorko-bademastog mirisa i oporog okusa plodovi aronije se rijetko koriste u svježem obliku i obično se prerađuju u različite proizvode kao što su sokovi, džemovi, vina i gazirana pića (Kulling i Rawel, 2008.; Balcerek, 2010.)

Proizvodnja vina od aronije interesantna je osobito u hladnim klimatskim zemljama, poput istočne i središnje Europe (Gumienna i sur., 2011). U našoj zemlji, proizvodnja vina od aronije je tek u začetima.

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. % (Pravilnik o proizvodnji vina NN2/05). Općenito je tehnologija proizvodnje voćnih vina slična proizvodnji vina od grožđa, ali se razlikuje ovisno o voćnoj vrsti. Voćna vina od aronije proizvode se fermentacijom šećera prisutnog u soku ili masulju od svježih plodova. Provođenje maceracije i dodatak enzimskih preparata (različite pektinaze), koji djeluju na razgradnju polisaharida stanične stijenke utječu na povećanje randmana te na bolju ekstrakciju polifenolnih spojeva (Borowska i sur.,2009).

U proizvodnji vina koriste se selekcionirani kvasci koji sprječavaju usporenje tijeka ili zastoj fermentacije. Jagodasto voće u svom sastavu nema dovoljno dušika potrebnog za ishranu kvasaca u procesu alkoholne fermentacije. Iz tog se razloga prije pokretanja procesa fermentacije u voćni mošt ili masulj dodaju amonijeve soli (amonijev sulfat ili diamonijev fosfat) ili kompleksnija hranjiva koja se sastoje od specijalno pripremljenih inaktivnih kvasaca, dušičnih tvari i vitamina. Ukoliko kvascu nedostaje hranjiva (dušik, minerali, vitamini itd.), često dolazi do problema u vrenju mošta, poput teškog pokretanja vrenja ili do stvaranja sumporovodika (H₂S), koji ima „miris na pokvarena jaja“. To se može izbjeći upravo podizanjem razine dušika prije pokretanja vrenja, dodatkom hranjiva za kvasac u mošt.

Primjena pektolitičkih enzima u proizvodnji voćnih vina sve je više zastupljena. Oni omogućavaju kvalitetnije i bolje taloženje mošta, te poboljšavaju izlučivanje spojeva arome i boje iz kožice voća.

Polifenolni sastav vina varira ovisno o sastavu i koncentraciji ovih spojeva u voću, ali i tehnologiji proizvodnje vina. Vina od aronije sadrže visoku koncentraciju antocijana i proantocijanidina, koji sudjeluju u formiranju tamne, gotovo crne boje aronije (Gumienna i sur., 2011). Na antioksidacijski kapacitet crnih vina značajan utjecaj imaju slobodni antocijani (Rivero-Perez i sur.,2008; Ghiselli i sur.,1998), kao i ostali flavonoidi, među njima posebice katehin (Katalinić i sur.,2004).

Epidemiološke studije su pokazale da je konzumiranje pića bogatih fenolima, kao što su čajevi i vina, su u korelaciji sa smanjenjem smrtnosti od bolesti srca i krvnih žila (Balentine i sur.,1997., Cul i sur., 2002; Friedman i Kimball, 1986; Hertog i sur.,1995; Serafini i sur.,2000).

Također se pokazalo da fenolni spojevi iz crnog vina od grožđa inhibiraju *in vitro* oksidaciju ljudskog lipoproteina niske gustoće (LDL) (Heininen i sur.,1998a).

Antioksidacijska aktivnost je temeljno svojstvo važno za život (Kalkan Yildirim, 2006). Mnoge biološke funkcije kao što su usporavanje starenja, anti-mutagena i anti-kancerogena svojstva, među ostalima, potječu i od antioksidacijskih aktivnosti (Cook and Samman 1996).

Za razliku od vina od grožđa, antioksidacijski kapacitet voćnih vina je slabo poznat.

Kalkan Yildirim je u svom istraživanju iz 2006. godine utvrdila da se antioksidacijski kapacitet voćnih vina smanjuje slijedećim poretkom: borovnica, kupina, crni dud, višnja, jagoda, malina, breskva, jabuka, lubenica.

Ispitivanjem voćnih vina u Hrvatskoj utvrđen je slijedeći redoslijed prema pripadajućim vrijednostima antioksidacijskog kapaciteta: kupina, višnja, crni ribiz, borovnica, malina, jagoda i jabuka (Ljevar, 2016).

Dosadašnja znanstvena istraživanja vezana uz kemijski sastav i antioksidacijski kapacitet vina od aronije, prilično su rijetka.

Materijali i metode istraživanja

Istraživanje je provedeno 2015. i 2016. godine na voćnim vinima od aronije. Plodovi su ubrani na obiteljskom poljoprivrednom gospodarstvu u Vrbovcu. Proizvedeni su u ekološkim uvjetima, bez primjene kemijskih zaštitnih sredstava. Svježi plodovi su izmuljani, a dobiveni voćni masulj je rastočen u drvene bačve od 250 litara. Početna koncentracija šećera u masulju aronije je bila 16°Kl. Masulj je pojačan do 18°Kl dodatkom konzumnog šećera. Proces maceracije je trajao 7 dana tijekom kojih je bilo potrebno svakodnevno potapati „klobuk“. Alkoholna fermentacija je bila kontrolirana uz dodatak selekcioniranih kvasca Lalvin EC 1118 *Saccharomyces bayanus*. Soj *Saccharomyces bayanus* je posebno otporan na nepovoljne uvijete kao što su alkohol, sumpor dioksid, nižu pH vrijednost, veću koncentraciju fruktoze u odnosu na glukozu i niske temperature.

Na početku maceracije dodani su pektolitički enzimi Lallzyme OE. Lallzyme OE je enzim pektinaza sa vrlo jakom sekundarnom aktivnošću hemicelulaze i celulaze. Razvijen je sa svrhom povećanja ekstrakcije boje, tanina i prekursora arome.

Nakon završenog burnog vrenja, masulj je isprešan, a dobiveno vino ostavljeno na tihom vrenju. Nakon prvog pretoka je provedena osnovna kemijska analiza vina od aronije metodama koje su propisane Pravilnikom o fizikalno-kemijskim metodama analize mošta, vina, drugih proizvoda od grožđa i vina te voćnih vina (N.N., br.96/03). Metodom izbjeljivanja natrijevim bisulfitom određena je koncentracija ukupnih antocijana (Ribereau-Gayon i Stonestreet, 1965), a sadržaj pojedinačnih antocijana određen je pomoću HPLC instrumenta Agilent 1100 Series (Agilent, SAD), metodom prema Tomaz i Maslov (2016). Antioksidativna aktivnost vina određena je ABTS metodom prema Re i sur. (1999).

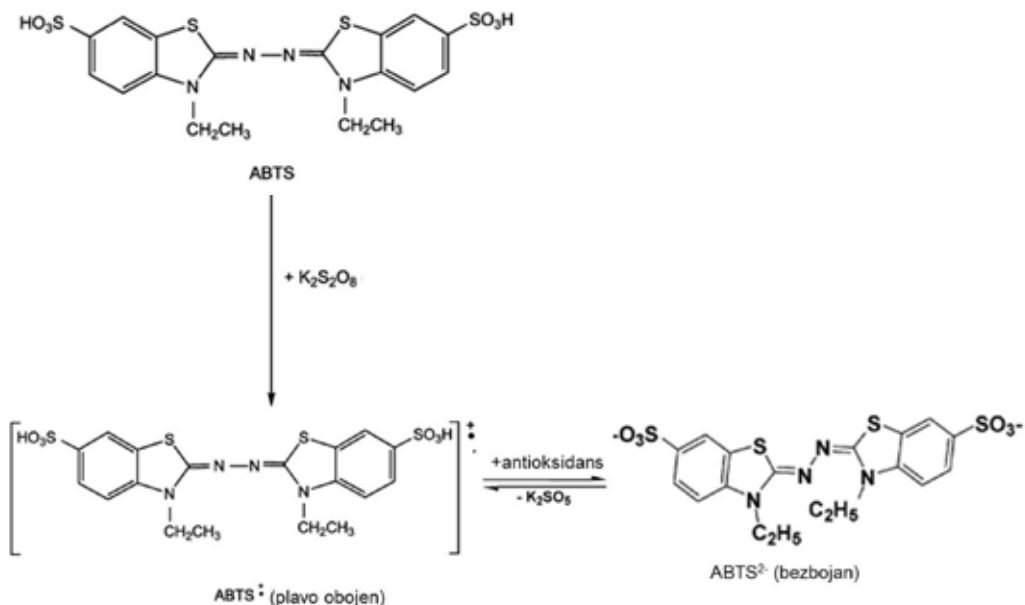
Određivanje antioksidacijskog kapaciteta ABTS metodom

Mjerenje antioksidacijske aktivnosti ABTS metodom izvedeno je prema metodi Re i sur. (1999). Metoda se temelji na gašenju plavo-zelenog radikal-kationa 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolin-6-sulfonske) kiseline koji se formira oksidacijom otopine ABTS-a. Dodatak antioksidansa izaziva gubitak boje, a ta se promjena detektira spektrofotometrijski pri valnoj duljini 734 nm. Otopina ABTS radikala priprema se tako da se 7 mM otopina ABTS-a oksidira s 140 mM otopinom kalijevog peroksodisulfata. Na dan analize otopina se razrjeđuje s etanolom da joj apsorbancija na 734 nm bude oko 0,700.

Apsorbancija je mjerena na instrumentu UV/VIS spektrofotometru Analytica Jena, pri čemu su korištene 10 mm kvarcne kivete.

Prije mjerenja uzoraka, potrebno je izmjeriti apsorbanciju slijepe probe, koja se priprema tako da se sa reagensom (5 mL otopine ABTS⁺radikala) umjesto uzorka vina pomiješa ista količina vode (50 µL).

Oduzimanjem apsorbancije uzorka od apsorbancije slijepe probe dobiva se vrijednost ΔA , koja se prema baždarnom pravcu preračunava u koncentraciju (mM ekvivalenti Troloxa).



Slika 1. Mehanizam oksidacije ABTS radikala i reakcija s antioksidansom (Re i sur. 1999).

Statistička analiza

U svim uzorcima provedena je statistička obrada podataka koja je uključila analizu varijance (ANOVA), a srednje vrijednosti uspoređene su korištenjem *Duncan multiple range* testa (Duncan, 1955). Srednje vrijednosti označene različitim slovima statistički razlikuju uz $p < 0,05$.

Rezultati i rasprava

Osnovni kemijski sastav vina

Analiza osnovnog kemijskog sastava vina provedena je odmah po završetku alkoholne fermentacije, a dobiveni rezultati prikazani su u tablici 1. Prikazani rezultati predstavljaju srednje vrijednosti tri mjerenja.

Tablica 1. Osnovni kemijski sastav vina

Vino od aronije	Alkohol (vol.%)	Šećer reducirajući (g/L)	Ekstrakt bez šećera (g/L)	Ukupna kiselost (g/L) [*]	Hlapiva kiselost (g/L) ^{**}	pH	Pepeo (g/L)
2015	10,45 ^a	3,4 ^a	43,6 ^a	4,7 ^b	0,66 ^a	3,59 ^a	2,06 ^b
2016	11,91 ^b	2,9 ^b	33,8 ^b	5,3 ^a	0,49 ^b	3,48 ^b	2,12 ^a

^{*}izražena kao jabučna kiselina

^{**}izražena kao octena kiselina

Iz podataka navedenih u tablici 1, vidljivo je da dobivena vina od aronije imaju visoke vrijednosti suhog ekstrakta. Iako su vina iz obje godine proizvedena uz primjenu enzima pektinaza, koji djeluju na staničnu strukturu membrane stanica voća i time potenciraju intenziviju

ekstrakciju spojeva, vina iz 2015 godine imaju znatno višu vrijednost. Uzrok tomu vjerojatno je sastav samog ploda, na koji utječe cijeli niz čimbenika kao što su način gnojidbe, zrelost bobica, datum berbe, lokacija nasada i dr. (Jeppsson i sur., 2000.; Skupien i sur., 2007.). U vinima je izmjerena i relativno visoka razina pepela, posebice ako se dobivene vrijednosti usporede sa propisanom najnižom koncentracijom pepela za voćna vina u prometu od 0,6 g/L (Pravilnik o voćnim vinima, 2006).

Vina iz obje godine su bez većeg ostatka šećera, što je bilo i za očekivati obzirom da su proizvedena djelovanjem kvasaca *Saccharomyces bayanus*, koji je selekcioniran za rad u otežanim uvjetima. Važno svojstvo ove vrste kvasaca je sposobnost fermentacije u vrlo širokom temperaturnom području od 10°C do 30°C. Kako se temperatura u fazi burnog vrenja u obje godine, penjala i do 30°C, bio je logičan izbor ovog tipa kvasaca.

Unatoč visokim temperaturama u vrenju, nije utvrđeno povećanje hlapive kiselosti u obje proizvodne godine.

Relativno niska ukupna kiselost izmjerena u vinima, povezana je sa niskim sadržajem organskih kiselina u plodovima, koji iznosi 1-1,5% od svježe mase. Zbog visokog udjela jabučne kiseline, vina se na okus doimaju vrlo svježe. Jabučna kiselina je proizvod nepotpune oksidacije šećera u lišću gdje se kao jaki metabolit razgrađuje na CO₂ i vodu. Iz lišća prelazi u plodove gdje predstavlja energetski materijal za proces disanja. L-jabučna kiselina, uz limunsku kiselinu predstavlja najzastupljenije organske kiseline u plodovima aronije (Lehmann, 1990.; Tanaka i Tanaka, 2001).

Tablica 2. Udjel ukupnih i pojedinačnih antocijana u vinu

	2015	2016
Antocijani ukupni	113,47 ^b	191,63 ^a
Cijanidin-3-O-arabinozid	9,21 ^b	48,25 ^a
Cijanidin-3-O- galaktozid	11,04 ^b	67,25 ^a
Cijanidin-3-O-glukozid	0,13 ^b	4,23 ^a
Cijanidin-3-O-ksilozid	0,04 ^b	1,16 ^a
Pelargonidin-3-O-arabinozid	n.d.	0,05
Pelargonidin-3-O-galaktozid	n.d.	0,01

* rezultati su izraženi u mg/L kao ekvivalenti cijanidin-3-O-glukozid

* n.d. nije detektirano

Sadržaj ukupnih i pojedinačnih antocijana uvelike se razlikuje između dvije godine proizvodnje vina. Jedan od razloga koji je utjecao na ovakvu razliku u sadržaju antocijana, može biti različiti stupanj polimerizacije antocijana s obzirom na vrijeme provedene kemijske analize tj. uzorci iz 2015. godine prošli su proces dozrijevanja dok su oni iz 2016. analizirani neposredno po završetku alkoholne fermentacije. Osim toga, na razlike u količini antocijana utječu i stupanj zrelosti plodova, zatim klimatski uvjeti, gnojidba nasada, starost nasada itd. Međutim, neovisno o godini proizvodnje najzastupljeniji antocijani su cijanidin-3-O- galaktozid i cijanidin-3-O-arabinozid, što je i u skladu literaturnim podacima (Strigl i sur.,1995; Jeppsson, 2000; Kulling i Rawel, 2008). Osim cijanidin glikozida u vinima iz 2016. godine izmjerene su i vrlo niske koncentracije pelargonidin glikozida koji nisu detektirani u vinima iz prethodne berbe.

Tablica 3. Antioksidacijska aktivnost vina od aronije

Voćno vino od aronije	Antioksidacijska aktivnost (DPPH) mmol Trolox/L
2015	10,28 ^b
2016	13,45 ^a

Za antioksidacijsku aktivnost vina najvećim dijelom su zaslužni fenolni spojevi, među kojima najveći doprinos imaju antocijani iz plodova aronije. Iako se aronija u literaturi navodi kao vrsta koja ima najvišu antioksidativnu aktivnost, među svim vrstama porodice *Rosaceae*, antioksidacijski kapacitet vina bitno se razlikuje od antioksidacijskog kapaciteta plodova. Razlog tomu su brojne promjene tijekom prerade voća i vinifikacije. Iz prikazanih rezultata vidljivo je da je u vinima iz 2016. godine izmjerena značajno viša vrijednost antioksidacijskog kapaciteta. Uzrok tomu mogu biti sastav i količina fenolnih spojeva u plodovima, ali i ekstrakcija tih spojeva tijekom procesa proizvodnje vina. Antioksidacijski kapacitet izmjeren u ovim vinima je gotovo jednak ili manji u odnosu na antioksidacijski kapacitet izmjeren istom metodom u prethodnim mjerenjima u crnom vinu koji se kretao između 9,1 i 41,0 mmol Trolox/L (Landrault i sur.,2001; Rivero-Perez i sur.,2008.).

Zaključak

Na osnovu dobivenih rezultata kemijske analize možemo zaključiti da su se vina od aronije iz dvije godine proizvodnje razlikovala u koncentraciji alkohola, ukupne kiselosti i pH vrijednosti. Najveće razlike zabilježene su u koncentraciji suhog ekstrakta, što je rezultat različitog kemijskog sastava plodova aronije između dvije različite godine berbe. Sadržaj ukupnih i pojedinačnih antocijana uvelike se razlikovao između dvije godine proizvodnje vina. Razlozi za to mogu biti višestruki, od starosti nasada, klimatskih uvjeta, stupnja zrelosti plodova, tehnologije proizvodnje vina, ali vjerojatno najveći utjecaj ima različiti stupanj polimerizacije antocijana. Što se tiče antioksidacijskog kapaciteta on se također bitno razlikuje među vinima. Uzrok tomu vjerojatno je bitno različit sadržaj, ali i koncentracija fenolnih spojeva u vinu.

Literatura

- Balcerek M: Carbonyl compounds in aronia spirits. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 60(3): 243–249, 2010.
- Balentine, D. A., Wiseman, S. A., & Bouwens, L. C. M. (1997). The chemistry of tea flavonoids. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 37, 693–704.
- Borowska EJ, Szajdek A, Czaplicki S: Effect of heat and enzyme treatment on yield, phenolic content and antioxidant capacity of juices from chokeberry mash. *Italian Journal of Food Science* 21(2): 1-14, 2009.
- Chrubasik C., Li G, Chrubasik S. The clinical effectiveness of chokeberry: a systematic review. *Phytother Res* 2010;24:1107–14.
- Cook N. C., Samman S. 1996. Flavonoids*chemistry, metabolism, cardio protective effects and dietary sources. *Nutr Biochem* 7:66_76.
- Cul, J., Juhasz, B., & Tosaki, A. (2002). Cardioprotection with grapes. *Journal of cardiovascular Pharmacology*, 40, 762–769.
- Čujić, N., Kundaković, T., & Šavikin, T. (2013). Antocijani-Kemijska analiza i biološka aktivnost. *Lekovite sirovine*, 33, 33.
- Di Carlo, G., Mascolo, N., Izzo, A. A., & Capasso, F. (1999). Flavonoids: old and new aspects of a class of natural therapeutic drugs. *Life sciences*, 65(4), 337-353.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* 11:1–42.
- Friedman, L. A., & Kimball, A. W. (1986). Coronary heart disease mortality and alcohol consumption in Framingham. *American Journal of Epidemiology*, 24, 481–489.
- Ghiselli, A., Nardini, M., Baldi, A., & Scaccini, C. (1998). Antioxidant activity of different phenolic fractions separated from an Italian red wine. *Journal of agricultural and food chemistry*, 46(2), 361-367.
- Gumienna, M., Lasik, M., & Czarnecki, Z. (2011). Bioconversion of grape and chokeberry wine polyphenols during simulated gastrointestinal in vitro digestion. *International journal of food sciences and nutrition*, 62(3), 226-233.
- Heinonen IM, Lehtonen PJ, Hopia AI. 1998a. Antioxidant activity of berry and fruit wines and liquors. *J. Agric Food Chem* 46:25_31.

- Hertog, M. G. L., Kromhout, D., Aravanis, C., Blackburn, H., Buzina, R., Fidanza, F., Giampaoli, S., Jansen, A., Menotti, A., Nedeljkovic, S., Pekkarinen, M., Simic, B. S., Toshima, H., Feskens, E. J. M., Hollman, P. C. H., & Katan, M. B. (1995). Flavonoid intake and long-term risk of coronary heart disease and cancer in the seven countries study. *Archives of Internal Medicine*, 155, 381–386.
- Hertog, M. G., Feskens, E. J., & Kromhout, D. (1997). Antioxidant flavonols and coronary heart disease risk. *The Lancet*, 349(9053), 699.
- Jeppsson N. The effect of cultivar and cracking on fruit quality in black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) and hybrids between chokeberry and rowan (*Sorbus*). *Gartenbauwissenschaft* 2000; 65: 93–8
- Jeppsson, N., & Johansson, R. (2000). Changes in fruit quality in black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) during maturation. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 75(3), 340–345.
- Kalkan Yildirim, H. (2006). Evaluation of colour parameters and antioxidant activities of fruit wines. *International journal of food sciences and nutrition*, 57(1-2), 47–63.
- Katalinić, V., Milos, M., Modun, D., Musić, I., & Boban, M. (2004). Antioxidant effectiveness of selected wines in comparison with (+)-catechin. *Food Chemistry*, 86(4), 593–600.
- Kim, B., Park, Y., Wegner, C. J., Bolling, B. W., & Lee, J. (2013). Polyphenol-rich black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) extract regulates the expression of genes critical for intestinal cholesterol flux in Caco-2 cells. *The Journal of nutritional biochemistry*, 24(9), 1564–1570.
- Kulling, S. E., Rawel, H. M. (2008). Chokeberry (*Aronia melanocarpa*)—A review on the characteristic components and potential health effects. *Planta medica*, 74(13), 1625–1634.
- Landraut, N., Pouchere, P., Ravel, P., Gasc, F., Cros, G., & Teissedre, P. L. (2001). Antioxidant capacities and phenolics levels of French wines from different varieties and vintages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(7), 3341–3348.
- Lehmann H. Die Aroniabeere und ihre Verarbeitung. Flüssiges Obst 1990; 57: 746–52
- Ljevar Ana: Polifenolni sastav i antioksidacijski kapacitet voćnih vina, Doktorski rad, 2016.
- Pravilnik o proizvodnji vina Narodne Novine 2/05
- Pravilnik o voćnim vinima, Narodne novine 73/06
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology and medicine*, 26(9), 1231–1237.
- Ribereau Gayon J, Stonestreet E, Le dosage des anthocyanes dans le vin rouge, *Bull. Soc. Chim.* 9 (1965) 2649–2652.
- Ribereau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donèche, B., & Lonvaud, A. (Eds.). (2006). *Handbook of enology, the microbiology of wine and vinifications* (Vol. 1). John Wiley & Sons.
- Rivero-Pérez, M. D., Muñoz, P., & González-Sanjosé, M. L. (2008). Contribution of anthocyanin fraction to the antioxidant properties of wine. *Food and Chemical Toxicology*, 46(8), 2815–2822.
- Serafini, M., Laranjinha, J. A. N., Almeida, L. M., & Mainai, G. (2000). Inhibition of human LDL lipid peroxidation by phenol-rich beverages and their impact on plasma total antioxidant capacity in humans. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 11, 585–590.
- Skupien K, Oszmianski J: The effect of mineral fertilization on nutritive value and biological activity of chokeberry fruit. *Agricultural and Food Science* 16: 46–55, 2007.
- Strigl AW, Leitner E, Pfannhauser W. Qualitative und quantitative Analyse der Anthocyane in Schwarzen Apfelbeeren (*Aronia melanocarpa* Michx Eil) mittels TLC, HPLC and UV/VIS-Spektrometrie. *Z Lebensm Unters Forsch* 1995; 201: 266–8
- Tanaka T, Tanaka A. Chemical components and characteristics of black chokeberry. *J Jpn Soc Food Sci Technol* 2001; 48: 606–10
- Tomaz, I., & Maslov, L. (2016). Simultaneous determination of phenolic compounds in different matrices using phenyl-hexyl stationary phase. *Food Analytical Methods*, 9(2), 401–410.
- Web: <http://www.savjetodavna.hr> – Uzgoj aronije – Poljoprivredna Savjetodavna Služba
- Zheng, W., Wang, S.Y. (2003) Oxygen radical absorbing capacity of phenolics in blueberries, cranberries, chokeberries, and lingonberries. *J Agric Food Chem.* 51, 502–509.

Scientific paper

Chemical composition of aronia berry wine

Abstract:

Recently there is a growing interest in consumption of functional food whose composition has a positive effect on the development and functioning of human organism. Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) and derived products represent a valuable source of polyphenols, specifically proanthocyanidins and anthocyanins. Due to high representation in fruits and high antioxidant activity, polyphenols are considered to be the most important dietary antioxidants. Antioxidants are substances that delay the oxidation processes in the body, thereby slowing down the aging process. The aim of this study was to determine the chemical composition, total anthocyanin content, amount of single anthocyanins and antioxidant capacity of chokeberry fruit wines produced in continental part of Croatia.

Keywords: aronia, polyphenols, physico-chemical composition, anthocyanins, antioxidant capacity