

Studija kvalitete plodova više vrsta jagodastog voća tijekom skladištenja

Sažetak

Cilj ovog istraživanja bio je ispitati fizikalno-kemijska i senzorska svojstva plodova više sorti kupina, jagoda, malina i borovnica uzgojenih u neposrednoj okolini Zagreba tijekom 7 dana skladištenja pri 4 °C u svrhu boljeg poznavanja svojstava sorti uzgojenih u Hrvatskoj. Shodno tome, 1., 4. i 7. dan skladištenja provedeno je određivanje topljive suhe tvari, pH vrijednosti, ukupne kiselosti, parametara boje (CIELab), tvrdoće pomoću tekstuometra i senzorski je ocijenjena opća prihvatljivost, a mikrobiološka analiza provedena je samo 1. dan. Temeljem dobivenih rezultata pokazalo se da su se od svih ispitivanih vrsta voća borovnice pokazale najstabilnijima tijekom skladištenja te su senzorski dobro ocijenjene i to posebno sorta 'Duke' iz ekološkog uzgoja. Za druge sorte i općenito druge vrste, pozitivan utjecaj ekološkog uzgoja nije uočen. Među ispitivanim sortama kupina sorta 'Thornfree' se pokazala najstabilnijom, a sorta 'Tulameen' je bila najstabilnija i najbolje senzorski ocijenjena sorta malina. Jagode nisu pokazale zadovoljavajuću stabilnost tijekom 7 dana skladištenja, pri čemu se sorta 'Joly' pokazala najboljom do 4. dana skladištenja. Općenito, uspoređujući sorte koje su se u pojedinim vrstama istaknule kao najbolje primjećuje se da su imale visok udio topljive suhe tvari i nižu ukupnu kiselost te da se za jagodu i malinu preferirala svjetlija boja i srednja tvrdoća plodova, a za kupinu i borovnicu tamnija boja te tvrdi plodovi. Rezultati mikrobiološke analize upućuju na potrebu za primjenom strožih higijenskih mjera tijekom berbe i rukovanja voćem.

Ključne riječi: borovnice, jagode, kupine, maline, fizikalno-kemijska i senzorska svojstva

Uvod

Plodovi jagodastog voća poput kupina, jagoda, malina i borovnica su omiljeni među potrošačima, čija popularnost i potražnja raste obzirom na znanstvene rezultate koji govore o njihovom pozitivnom utjecaju na ljudsko zdravlje (Seeram, 2008). Karakteriziraju ga cveno-plavi tonovi boje koji potječu od biljnih pigmenata antocijana, za koje je utvrđeno antioksidacijsko djelovanje (Seeram, 2008). Njihovom konzumacijom u organizam se unose antioksidansi koji „neutraliziraju“ štetno djelovanje slobodnih radikala, a čije nastajanje je uzrokovano različitim procesima metabolizma i vanjskim utjecajima te mogu dovesti do razvoja mnogih bolesti. Antioksidansi poput antocijana, ali i drugih fenolnih spojeva prisutnih u jagodastom voću, pomažu organizmu u „borbi“ protiv slobodnih radikala i očuvanju zdravlja (Seeram, 2008; Bowen-Forbes i sur., 2010).

Međutim, jagodasto voće je vrlo osjetljivo, relativno kratkog vremena dospijeća i nepogodno za duže skladištenje u svježem stanju. To je neklimakterijsko voće koje je poželjno brati u

¹ doc. dr.sc. Maja Repajić, prof. dr.sc. Ksenija Markov, prof. dr.sc. Jadranka Frece, prof. dr.sc. Duška Ćurić, prof. dr.sc. Branka Levaj, Sveučilište u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Pierottijeva 6, 10000 Zagreb, Hrvatska
² dr.sc. Predrag Vujević, Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu, Odjel za proizvodnju, održavanje i tehnološka istraživanja u voćarstvu, Gorice 68b, 10000 Zagreb, Hrvatska
Autor za korespondenciju: blevaj@pbf.hr

fazi potpune zrelosti, iako je u toj fazi i osjetljivije (Hanckock i sur., 2008). Ipak, sve navedene vrste nisu jednako osjetljive, a uz to prikladnost za skladištenje je i sortna odlika (Beaudry, 1992). Iako je to voće prikladno za svaku vrstu prerade (Lovrić i Piližota, 1998), sve njegove poželjne osobine najviše dolaze do izražaja kad se kozumira neprerađeno u svježem stanju.

Mnogi znanstveni radovi bave se istraživanjem svojstava pojedinih sorti jagode (Pineli i sur., 2011; Aaby i sur., 2012; Bose i sur., 2019), maline (Haffner i sur., 2002; Khanizadeh i sur., 2009; Zhang i sur., 2012; Forney i sur., 2015), kupine (Turemis i sur., 2003; Milošević i sur., 2012) i borovnice (Beaudry, 1992; Skupień, 2006; Chiabrandi i sur., 2009; Koort i sur., 2018) kako bi se utvrdile osobine pojedinih sorti i time stvorila baza stečenih spoznaja te ustanovile smjernice za primjenu odgovarajućih agrotehničkih mjera (Beaudry, 1992) i rad na budućem potencijalno stabilnijem sortimentu (Forney i sur., 2015). Tako su razvijene i neke današnje sorte (Hanckock i sur., 2008). Također, na svojstva plodova svakako utječu i uvjeti uzgoja kao što su područje, klima i tlo (Naumann i Wittenburg, 1980; Reyes-Carmona i sur., 2005; Milošević i sur., 2012), ali i primijenjene agrotehničke mjere (Crecente-Campo i sur., 2012). Hrvatska je područje pogodno za uzgoj navedenog jagodastog voća, koje se uzgaja gotovo u svim regijama i sve je traženije od strane potrošača.

Obzirom na različitost sorti jagodastog voća koje se uzgaja na području Hrvatske, utjecaja načina uzgoja i još uvijek nedovoljnog poznavanja njihovih svojstava, cilj ovog istraživanja bio je ispitati fizikalno-kemijska i senzorska svojstva više sorti kupina, jagoda, malina i borovnica uzgojenih u neposrednoj okolini Zagreba tijekom 7 dana skladištenja pri 4 °C.

Materijali i metode

Popis vrsti i sorti ispitivanog voća prikazan je u tablici 1. Uzorci iz ekološkog uzgoja imaju oznaku „eko“. Pri tome treba napomenuti da usporedba ekološkog i konvencionalnog uzgoja nije bio cilj ovog rada, već su uzorci nasumično odabrani s uzgojnog područja okolice Zagreba. U roku od 1 sata nakon berbe uzorci su dopremljeni u laboratorij na Prehrambeno-biotehniološkom fakultetu gdje su podvrgnuti analizi. Uzorci voća u izvornim pakovanjima (jagode, kupine 500 g u otvorenim plastičnim posudicama, maline 250 g i borovnice 125 g u plastičnim posudicama s poklopcem i velikim perforacijama) stavljeni su na skladištenje u hladnjak pri 4 °C. Analize su se provodile 1. dan kad je voće zaprimljeno te 4. i 7. dan skladištenja.

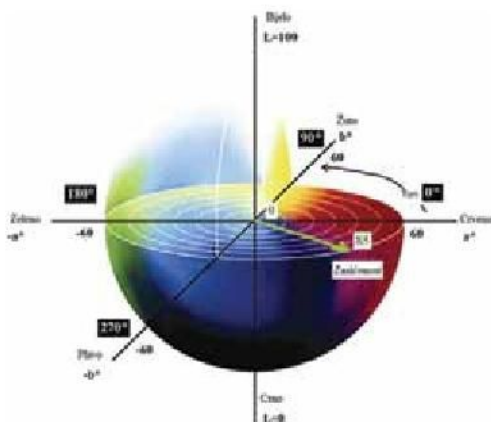
Okvimo 4 – 5 plodova jagoda i kupina, te oko 20 g borovnica i malina su homogenizirane štapnim mikserom (CNHR9EV, Bosch, Slovenija), a dobivena kaša korištena je za mjerenje topljive suhe tvari (TST; °Bx) refraktometrom (PAL-3, ATAGO, Japan), pH vrijednosti pH metrom (SevenEasy S20, Mettler-Toledo, Švicarska), a određivanje ukupne kiselosti (UK) provedeno je titracijski do pH 8.1 s 0.1 M NaOH te izraženo u % limunske kiseline za svo voće osim za kupine gdje je izraženo kao % jabučne kiseline. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost tri mjerenja ± standardna devijacija.

Mjerenje tvrdoće (N) provedeno je analizatorom teksture (TA.HD.Plus, Stable Micro Systems, Velika Britanija) uz opterećenje 5 kg penetracijom s cilindričnom sondom promjera 4 mm pri brzini 0,5 mm s⁻¹ do dubine 5 mm za borovnice, odnosno 10 mm za ostale vrste voća. Mjerenje je provedeno na tri ploda, te je izračunata srednja vrijednost i standardna devijacija.

Tablica 1. Popis ispitivanih vrsti i sorti jagodastog voća
Table 1. List of investigated berry fruit types and cultivars

Vrsta/ Type	Kupina/Blackberry	Jagoda/ Strawberry	Malina/Raspberry	Borovnica/ Blueberry
Sorta/ Cultivar	Chester eko	Dijamant eko	Willamette eko	Sierra eko
	Chester	Alba eko	Willamette	Duke eko
	Thornfree	Alba	Tulameen	Bluecrop eko
	Čačanska bestrna	Clery	Sugana	Sierra
	Black athenas	Joly		Duke
		Galija		Bluecrop

Boja je određena u tzv. CIE L*a*b* sustavu (CIE, 1976) pomoću kolorimetra (Konica Minolta, Japan) mjerenjem parametara L*, a* i b*. Mjerenjem se boja prikazuje kao točka u trodimenzionalnom sustavu određena trima koordinatama L*, a* i b* koje ju pozicioniraju u bojenoj kugli (slika 1). L* vrijednost predstavlja svjetlinu odnosno vertikalnu os kugle i kreće se od 0 do 100, gdje 0 predstavlja crnu boju, a 100 bijelu boju. Pozitivne a* vrijednosti predstavljaju udio crvene boje, a negativne udio zelene boje. Pozitivne b* vrijednosti predstavljaju udio žute, a negativne udio plave boje. Iz a* i b* vrijednosti mogu se izračunati zasićenost boje C* ($C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$) i ton H* ($H^* = \arctang[b^*/a^*]$) koji predstavlja kut gdje je 0° = crveno-ljubičasto, 90° = žuto; 180° = plavkasto-zeleno i 270° = plavo (McGuire, 1992). Mjerenje vanjske boje ploda provedeno je za svaki uzorak na 10 plodova s dvije strane u ekvatorijalnom području ploda te su izračunate srednje vrijednosti i standardne devijacije.



Slika 1. CIE Lab prostor boje (Meunier i sur., 2011)

Figure 1. CIE Lab color space

Senzorsko ocjenjivanje uzoraka voća provedeno je kako su opisali Aguayo i sur. (2010) uz modifikaciju skale senzorske ocjene (SO), rangiranjem prema stupnju prihvaćanja i preferencije (opća prihvatljivost) skalom od 1-7 (1=potpuno neprihvatljivo, 4=osrednje prihvatljivo (granica za tržište), 7=odlično), pri čemu je senzorsko ocjenjivanje provelo deset testiranih i educiranih djelatnika Fakulteta.

Mikrobiološka analiza provedena je samo na početku skladištenja, odnosno u uzorcima voća koji su dopremljeni u laboratorij neposredno nakon berbe te odmah uzorkovani sterilnim priborom i podvrgnuti mikrobiološkim analizama prema Pravilniku o mikrobiološkim kriterijima za hranu (NN 74/08, 156/08, 89/10, 153/2011) i Vodiču za mikrobiološke kriterije za hranu (III izdanje 2011). Analizirane su: Enterobacteriaceae (HRN EN ISO 21528-2:2008), sulfitoreducirajuće klostridije (HRN ISO 15213:2004) te kvasci i plijesni (ISO 21527-1:2008) u 1 g uzorka, a *Salmonella* sp. (HRN EN ISO 6579:2003) i *Listeria monocytogenes* (HRN EN ISO 11290-1; HRN EN ISO 11290-1:1999/A1 :2008) u 25 g uzorka. Patulin je određen u uzorcima voća HPLC metodom (Markov i sur., 2019).

Statistička obrada rezultata analizom varijance (ANOVA) provedena je da se utvrdi da li sorta i vrijeme skladištenja imaju značajan utjecaj ($p \leq 0.05$) na ispitivane parametre.

Rezultati i rasprava

Izrazito kišno razdoblje u vrijeme berbe kupina i jagoda uzrokovalo je brže propadanja tog voća tijekom skladištenja. Budući da je uzorak kupina sorte 'Chester' propao u većoj mjeri, analize uopće nisu provedene do kraja skladištenja, a za nekolicinu uzoraka ostalih sorti nije bilo dovoljno ispravnih plodova za provedbu senzorske analize. Također, niti jednu sortu jagoda nije bilo moguće senzorski ocijeniti 7. dan. Dobiveni rezultati prikazani su za svaku voćnu vrstu odvojeno, pri čemu je od svih izmjerenih parametara boje (L^* , a^* , b^* , C^* i H^*) u tablicama prikazana L^* vrijednost, dok će za ostale parametre u tekstu biti naveden raspon vrijednosti. Također, ANOVA je provedena na dobivenim rezultatima za sve parametre.

Promatrajući rezultate za kupinu prikazane u tablicama 2 i 6 (ANOVA) može se istaknuti da je sorta značajno utjecala na TST i L^* parametar, dok je vrijeme skladištenja značajno utjecalo na parametre L^* , a^* i C^* . TST kupina kretala se od 8.7 – 12.1 °Bx što je približno podacima iz literature ili čak i više uspoređujući s podacima iz USDA (2019a) baze (9.25 % ukupne suhe tvari). Također, vrijednosti koje su izmjerili Milošević i sur. (2012) te Turemis i sur. (2003) nešto su niže (6.40 – 9.27 °Bx odnosno 6.8 – 11.3 °Bx) od vrijednosti izmjerenih u ovom istraživanju, što se može objasniti utjecajem klime i podneblja (Reyes-Carmona i sur., 2005), gdje se uz više sunca i manje padalina postižu više vrijednosti (Naumann i Wittenburg, 1980; Milošević i sur., 2012). Prosječno najvišu TST je imala sorta 'Chester eko' te 'Thornfree', a najnižu 'Čačanska bestrna'. U istraživanju Milošević i sur. (2012) za dvije uzastopne godine uzgoja, u sorti 'Thornfree' također je izmjerena viša vrijednost TST u odnosu na TST sorte 'Čačanska bestrna' u obje godine. TST u najvećoj mjeri čine šećeri, a u kupini je fruktoza određena u najvećem udjelu, u nešto manjem glukoza, a saharoza je prisutna ispod 1 % (Kafkas i sur., 2006). Vrijednosti pH kupina izmjerene su u rasponu od 2.74 – 3.18, a UK od 0.81 – 1.70 %, što je u skladu s rezultatima Turemis i sur. (2003), a nešto niže od prezentiranih u radu Reyes-Carmona i sur. (2005) te Milošević i sur. (2012). Općenito, kiselost kupina potječe od jabučne kiseline, dok limunska kiselina nije detektirana (Kafkas i sur., 2006). U prosjeku je sorta 'Thornfree' imala najniže određenu UK. L^* parametar određen je u rasponu od 15.92 – 17.90. Unatoč tome što su dobivene vrijednosti za 4 – 5 jedinica više od literaturnih vrijednosti (Tamer, 2011), one predstavljaju vrlo tamnu boju (slika 1). Najtamnija sorta je 'Thornfree' s prosječno najnižom L^* vrijednosti. Vrijednosti za C^* kretale su se od 1.11 – 3.64, za a^* od 0.60 – 3.47, za b^* od -0.26 – 0.31, te za H^* od 113.74 – 259.79. Vrijednosti za a^* i b^* nešto su niže od onih u literaturi (Tamer, 2011). Također, sorta 'Thornfree' ima najviše izmjerene vrijednosti za tvrdoću, a ujedno je jedina sorta kupina koja nije propala tijekom 7 dana skladištenja. Visok udio TST, niža UK te nešto tvrđi plodovi u usporedbi s ostalim sortama vjerojatno su razlog zašto je ova sorta i senzorski najbolje ocijenjena. Zbog pomanjkanja nekih uzoraka nakon 1. dana i time podataka za SO statistička obrada nije provedena.

Tablica 2. Parametri kvalitete kupina tijekom skladištenja
Table 2. Blackberries quality parameters during storage

Sorta/Cultivar	D ^a	Chester eko	Chester	Thornfree	Čačanska bestrna	Black athenas
Topljiva suha tvar /Soluble solids (°Bx)	1	11.3 ±0.2	8.8±0.1	12.1±0.1	9.6±0.2	9.5±0.1
	4	11.7±0.1	9.6±0.2	10.4±0.3	8.8±0.2	8.7±0.1
	7	11.7±0.3	-	10.7±0.1	8.8±0.1	9.2±0.2
pH	1	2.88±0.00	2.71±0.00	3.09±0.01	3.03±0.00	2.92±0.01
	4	3.08±0.02	2.87±0.01	2.91±0.00	2.74±0.01	3.10±0.02
	7	3.13±0.02	-	2.93±0.00	3.01±0.01	3.18±0.00
Ukupna kiselost/ Total acidity (%)	1	1.29±0.00	1.70±0.00	0.81±0.00	1.19±0.02	1.19±0.02
	4	1.26±0.24	1.23±0.00	0.89±0.00	1.40±0.00	1.29±0.00
	7	0.99±0.02	-	1.12±0.04	1.01±0.00	1.08±0.02
Senzorska ocjena/ Sensory score	1	5.4±1.3	5.0±0.9	6.1±0.6	4.9±1.3	4.4±1.3
	4	-	-	5.1±0.9	4.8±0.9	-
	7	-	-	5.1±0.6	-	-
L*-svjetlina/ L*-lightness	1	16.10±0.94	15.92±1.27	16.00±0.84	15.98±0.77	17.22±1.44
	4	17.06±1.21	17.98±1.44	16.62±0.85	16.58±0.89	17.90±1.34
	7	17.04±1.21	-	16.55±1.02	17.23±0.92	17.13±1.38
Tvrdća/ Firmness (N)	1	1.94±0.62	2.68±2.30	2.88±2.92	2.03±0.70	2.79±0.78
	4	1.99±1.53	2.02±0.03	2.12±1.02	2.03±0.70	2.06±0.56
	7	1.85±0.73	-	3.36±0.41	1.78±1.10	1.57±0.93

^a dani skladištenja

Rezultati analize jagoda prikazani su u tablicama 3 i 6 (ANOVA) iz kojih je vidljivo da na TST i sve parametre boje značajno utječu sorta (izuzetak je a*) i vrijeme skladištenja. Na UK i SO značajno utječe vrijeme skladištenja, a na tvrdoću sorta. TST se kretala od 7.7 – 12.3 °Bx, što je u skladu s podacima iz literature (Voća i sur., 2007; Pineli i sur., 2011; Aday i sur., 2013). Prosječna ukupna suha tvar prema USDA (2019b) iznosi 11.85 %. Prosječno najviša TST je određena u sorti 'Joly', a najniža u sorti 'Dijamant eko'. Tijekom skladištenja nema jedinstvenog trenda promjene TST, ali promatrajući svih 7 dana skladištenja u većini sorti zamjećuje se trend porasta TST osim u sorti 'Clery', u kojoj je zabilježen porast TST samo do 4. dana. Prema Aday i sur. (2013, 2014) tijekom skladištenja jagoda dolazi do smanjenja TST, dok Bose i sur. (2019) navode povećanje TST jagoda do 4. dana, a zatim smanjenje, ali konstantni porast ukupnih šećera. Najzastupljeniji šećeri u jagodama su glukoza i fruktoza, a saharoze ima oko 10 puta manje (Kallio i sur., 2000). U jagodama je izmjeren pH u rasponu od 3.09 – 3.84, što je u skladu s rezultatima istraživanja Voća i sur. (2007) te Pineli i sur. (2011). Tijekom skladištenja pH jagoda blago raste, što su također zamijetili Aday i sur. (2013). UK jagoda se kretala od 0.43 – 1.05, pri čemu su u prosjeku sorte 'Joly', 'Clery' i 'Galija' imale nižu UK, dok su ostale ispitivane sorte imale nešto višu UK koja u jagodama potječe pretežito od limunske kiseline i u znatno manjoj mjeri od jabučne kiseline (Kallio i sur., 2000). Dobiveni rezultati UK su u skladu s rezultatima istraživanja Voća i sur. (2007).

Tablica 3. Parametri kvalitete jagoda tijekom skladištenja
Table 3. Strawberries quality parameters during storage

Sorta/Cultivar	D ^a	Dijamant eko	Alba eko	Clery	Joly	Galija	Alba
Topljiva suha tvar /Soluble solids (°Bx)	1	8.6±0.1	6.5±0.1	9.3±0.1	11.9±0.1	8.2±0.1	9.7±0.2
	4	7.7±0.1	9.6±0.1	9.6±0.2	10.6±0.1	9.6±0.2	8.3±0.2
	7	9.0±0	10.0±0.1	8.5±0.3	12.3±0.2	8.9±0.1	9.5±0.2
pH	1	3.26±0.00	3.18±0.02	3.56±0.00	3.49±0.00	3.37±0.01	3.13±0.00
	4	3.27±0.00	3.37±0.01	3.25±0.00	3.45±0.02	3.45±0.01	3.09±0.00
	7	3.18±0.01	3.44±0.02	3.53±0.00	3.84±0.00	3.59±0.00	3.50±0.00
Ukupna kiselost/ Total acidity (%)	1	0.85±0.02	0.85±0.02	0.49±0.02	0.57±0.02	0.57±0.02	0.78±0.00
	4	0.77±0.02	0.91±0.02	0.59±0.00	0.67±0.00	0.57±0.02	0.80±0.02
	7	1.05±0.02	0.81±0.00	0.43±0.02	0.48±0.00	0.49±0.02	0.52±0.02
Senzorska ocjena/ Sensory score	1	5.2 ±1.0	5.4±1.2	5.9±1.2	6.1±1.3	5.4±0.5	5.9±0.7
	4	4.9±1.3	4.6±1.3	3.8±1.6	4.9±1.4	4.0±1.2	4.8±0.8
	7	-	-	-	-	-	-
L*-svjetlina/ L*-lightness	1	33.23±2.59	35.82±2.73	33.90±3.35	32.38±2.87	35.03±4.33	39.02±2.63
	4	33.62±3.55	35.32±2.87	34.19±2.50	35.50±2.75	39.50±5.34	33.63±4.96
	7	33.69±5.04	35.08±4.37	31.21±2.31	33.68±2.66	38.79±4.03	33.79±2.89
Tvrdoća/ Firmness (N)	1	1.89±0.57	1.55±0.03	1.36±0.39	1.15±0.19	1.58±0.38	1.24±0.27
	4	2.92±0.86	1.61±0.32	1.30±0.24	1.88±0.48	1.36±0.16	1.05±0.09
	7	2.22±0.57	1.98±0.72	1.22±0.15	1.38±0.20	1.55±0.21	1.41±0.19

^a dani skladištenja

L* parametar se u jagodama kretao u rasponu od 31.21 – 39.50, gdje su prosječno najniže vrijednosti izmjerene u sortama 'Clery', 'Dijamant eko' i 'Joly' pri čemu je sorta 'Clery' u prosjeku najtamnija sorta i nakon 7 dana skladištenja. Tijekom skladištenja u većini sorti L* blago raste samo do 4. dana (izuzetak su sorte 'Alba' i 'Alba eko'), a zatim se većinom smanjuje. Ako se promatra početak i kraj skladištenja, sorte 'Alba eko', 'Alba' i 'Clery' na kraju skladištenja imaju niži L* u odnosu na početak, što znači da su plodovi tijekom skladištenja postali nešto tamniji. Ostali parametri većinom također imaju trend smanjenja tijekom skladištenja. Parametar a* zabilježen je u rasponu od 30.56 – 38.55, b* od 16.02 – 27.83, C* od 34.52 – 47.58 te H* od 27.53 – 36.41. L* i a* vrijednosti su u skladu s vrijednostima u radu Aday i sur. (2013) koji su odredili prosječnu L* vrijednost od 34.83, a 36.07 za a*. Iako su istraživali različite sorte također su zabilježili smanjenje vrijednosti parametara boje tijekom skladištenja. Crecente-Campo i sur. (2012) su za sortu 'Selva' iz Španjolske odredili sljedeće vrijednosti parametara boje: za L* 32.6, za a* 27.8, za b* 22.1, za C* 36.0 i za H* 46.7, što je vrlo slično vrijednostima u ovom istraživanju. Prema prosječnim vrijednostima za tvrdoću, sorte se mogu poredati u padajući niz 'Dijamant eko' > 'Alba eko' > 'Galija' > 'Joly' > 'Clery' > 'Alba'. Iako vrijeme skladištenja statistički značajno ne utječe na tvrdoću jagoda (tablica 6), promatrajući početak i kraj skladištenja može se primjetiti blago smanjenje tvrdoće za sorte 'Clery' i 'Galija', što je u skladu s rezultatima Aday i sur. (2014) te Bose i sur. (2019), dok je za ostale sorte zamijećen vrlo blagi porast. Iako se prema

rezultatima za fizikalno-kemijska svojstva ne može zaključiti o stvarnom stanju plodova, treba napomenuti da je nažalost veći dio plodova propao do 7. dana skladištenja te stoga nije provedena senzorsko ocjenjivanje 7. dan. Prema rezultatima za 1. i 4. dan sorta 'Joly' senzorski je najbolje ocijenjena. Najviši udio TST, u prosjeku najviši pH, te niža UK i plodovi srednje tvrdoće su vjerojatni razlog da je ova sorta senzorski najbolje ocijenjena.

Tablica 4. Parametari kvalitete malina tijekom skladištenja
Table 4. Raspberries quality parameters during storage

Sorta/Cultivar	D ^a	Willamette eko	Willamette	Tulameen	Sugana
Topljiva suha tvar /Soluble solids (°Bx)	1	9.2±0.4	12.5±0.1	13.3±0.2	10.4±0.2
	4	8.9±0.2	12.1±0.2	15.6±0.2	11.2±0.4
	7	13.2±0.6	12.1±0.2	11.0±0.1	9.6±0.5
pH	1	3.02±0.01	2.86±0.00	2.78±0.03	3.05±0.03
	4	3.08±0.00	2.89±0.01	2.79±0.02	3.14±0.00
	7	2.88±0.02	2.92±0.00	3.11±0.00	3.15±0.00
Ukupna kiselost/ Total acidity (%)	1	1.59±0.00	1.54±0.04	1.50±0.02	1.48±0.00
	4	1.50±0.02	1.57±0.00	1.47±0.02	1.27±0.02
	7	1.78±0.02	1.48±0.00	1.41±0.02	1.16±0.02
Senzorska ocjena/ Sensory score	1	5.4±0.5	6.9±0.3	6.5±0.8	5.9±0.7
	4	5.3±0.7	5.4±0.7	6.6±0.7	5.6±0.5
	7	5.4±1.0	4.4±1.0	6.7±0.5	5.0±0.7
L*-svjetlina/ L*-lightness	1	27.56±1.29	25.65±0.47	29.92±2.12	29.36±1.76
	4	27.28±0.92	23.74±1.44	28.61±1.59	28.37±1.34
	7	28.64±0.80	24.04±1.77	26.24±1.45	28.51±0.79
Tvrdoća/ Firmness (N)	1	0.47±0.03	0.64±0.18	0.65±0.22	0.82±0.21
	4	0.37±0.04	0.43±0.02	0.60±0.08	0.59±0.11
	7	0.48±0.55	0.48±0.12	0.36±0.05	0.43±0.14

^a dani skladištenja

Rezultati analize malina prikazani su u tablicama 4 i 6 (ANOVA) iz kojih je vidljivo da je sorta imala statistički značajan utjecaj jedino na L*, a vrijeme skladištenja niti na jedan ispitivani parametar. TST malina kretala se od 9.2 – 15.6 °Bx, što je u skladu s podacima iz literature. Prosječna ukupna suha tvar prema USDA (2019c) u malini je 14.25 %, dok ostala istraživanja primjerice navode prosječnu TST od 13.8 % (Giovaneli i sur., 2014), 12.29 % (Tamer, 2011), 9.53 % (Forney i sur., 2015) odnosno 9.0 % (Mölder i sur., 2011). Prosječno najvišu TST je određena u sorti 'Tulameen', a najniža u sortama 'Willamette eko' i 'Sugana'. TST maline pretežito predstavlja fruktoza koja je prisutna 2.2 puta više od saharoze i oko 1.9 puta više od glukoze (Forney i sur., 2015). Tijekom skladištenja u svim sortama primjećuje se trend smanjenja TST i UK te porast pH, osim za sortu 'Willamette eko'. Tamer (2011) za sortu 'Glen Ample' navodi porast TST tijekom 4 dana skladištenja pri 4 °C. U uzorcima malina pH je izmjeren u rasponu od 2.78 – 3.15, što je sukladno s rezultatima Haffner i sur. (2002) te Tamar (2011). Nadalje, UK je određena u rasponu

od 1.16 – 1.78 %, što su više vrijednosti od vrijednosti u istraživanju Tanner (2011), odnosno niže od rezultata Haffner i sur. (2002), Mölder i sur. (2011) te Forney i sur. (2015). Interesantno je primijetiti da je Tamer (2011) istraživao maline porijeklom iz Turske, Haffner i sur. (2002) te Forney i sur. (2015) maline porijeklom iz Norveške, a Mölder i sur. (2011) maline uzgojene u Estoniji. Za kiselost malina u najvećoj je mjeri odgovorna prisutna limunska kiselina (Forney i sur., 2015). L^* parameter se kretao u rasponu od 23.74 – 29.92, pri čemu je sorta 'Willamette' bila u prosjeku najtamnija, a sorta 'Tulameen' najsvjetlija sorta. Parametar a^* zabilježen je u rasponu od 13.56 – 25.48, b^* od 4.94 – 11.85, C^* od 14.58 – 28.11 te H^* od 18.50 – 24.84. L^* vrijednosti su slične rezultatima Haffner i sur. (2002) koji su isti parameter izmjerili od 25.6 – 29.0, te Tamer (2011) gdje se L^* kretao od 18.8 – 22.2 i istraživanju Forney i sur. (2015) u kojem je 32.9 prikazana kao prosječna L^* vrijednost. Haffner i sur. (2002) navode raspon za a^* od 17.7 – 2.0, a Tamer (2011) 29.3 – 31.5. Za C^* vrijednost Forney i sur. (2015) bilježe 22.9 i za H^* 13.6. Navedene razlike nisu velike niti neobične obzirom da se radi o različitim podnebljima (Turska, Norveška, Kanada) i sortama. Haffner i sur. (2002) su također pratili utjecaj skladištenja malina te su utvrdili da ovisno o sorti i uvjetima skladištenja može doći do potamnjenja malina što se od strane potrošača smatra nepoželjnom promjenom. Tvrdoca malina kretala se od 0.36 – 0.82 N, što je teško usporediti s literaturnim podacima budući da jedinice za tvrdoću u radovima nisu jedinstvene. Tijekom skladištenja dolazi do smanjenja tvrdoće ispitivanih malina što je u skladu s rezultatima Forney i sur. (2015). Prema SO u prosjeku je najbolje ocijenjena sorta 'Tulameen', gdje je navedena sorta 7. dan ocijenjena višom ocjenom u odnosu na 1. dan skladištenja. Sorta 'Willamette' je najbolje ocijenjena 1. dan, ali ne zadržava zadovoljavajuća senzorska svojstva te se tijekom skladištenja SO ove sorte prilično umanjila. Iako se rezultati za SO ne mogu jasno povezati s rezultatima određivanja fizikalno-kemijskih svojstava, može se primijetiti da sorta 'Tulameen', kao senzorski najbolje ocijenjena, ujedno ima prosječno najvišu TST, među nižim vrijednostima UK, te je svjetlije boje i srednje tvrdoće.

U tablicama 5 i 6 (ANOVA) prikazani su rezultati analiza borovnica gdje je vidljivo da je sorta imala statistički značajan utjecaj na sve ispitivane parametre osim na UK i SO, a vrijeme skladištenja je statistički značajno utjecalo samo na SO. TST borovnica kretala se od 12.6 – 15.0 °Bx što je u skladu s podacima iz literature. Prema USDA (2019d) bazi prosječna ukupna suha tvar borovnica je 15.79 %. Yang i sur. (2008) su odredili prosječnu TST za 6 različitih sorti uzgojenih u SAD-u u vrijednosti 14.96 oBx, a 13.00 °Bx zabilježio je Skupień (2006) za 4 sorte uzgojene u Poljskoj tijekom 3 godine. U TST borovnica od šećera su u podjednakim udjelima zastupljene fruktoza i glukoza, a saharoze ima gotovo 20 puta manje (Ayaz i sur., 2001). Prosječno najvišu TST je imala sorta 'Duke eko', a najnižu 'Bluecrop eko', gdje su vrijednosti vrlo slične rezultatima Yang i sur. (2008) za spomenute sorte. Tijekom skladištenja se ne uočavaju značajne promjene TST, kao ni pH i UK. Vrijednosti pH borovnica su izmjerene u rasponu od 2.74 – 3.15, što odgovara podacima Chiabrandu i sur. (2009) koji navode vrijednost 2.82 za pH sorte 'Bluecrop'. UK je određena u rasponu od 0.52 – 1.06 %, što je u skladu s rezultatima istraživanja Duarte i sur. (2009) za sortu 'Brigitta' te prosječnim vrijednostima UK borovnica u istraživanju Skupień (2006), iako je to istraživanje uz sortu 'Bluecrop' uključivalo još tri različite sorte tijekom 3 godine. Također, u istom istraživanju u sorti 'Bluecrop' određena je prosječna UK 0.87 %, što je također vrlo slično vrijednostima dobivenim u ovom istraživanju. Od organskih kiselina u borovnicama u najvećem udjelu prisutna je kininska kiselina, zatim oko 1.5 puta manje limunska kiselina te jabučna kiselina oko 3 puta manje (Ayaz i sur., 2001). Parametar L^* kretao se u rasponu od 33.43 – 40.41, pri čemu su sorte 'Duke' te 'Duke eko' imale u prosjeku najnižu L^* vrijednost, što ih opisuje kao najtamnije, dok je sorta 'Siera eko' bila najsvjetlija sorta s najvišim L^* vrijednostima. Parametar a^* određen je u rasponu od -0.42 – -0.88, b^* od -5.10 – -8.35, C^*

od 5.11 – 8.39 te H* od 263.37 – 266.45. Prosječne vrijednosti uglavnom su slične rezultatima Koort i sur. (2018) za sortu 'Northblue' (*Vaccinium corymbosum* x *V. Angustifolium*) za koju su izmjerene sljedeće vrijednosti parametara boje: L* 29.0, a* 0.4, b* -4.7, C* 4.7 i H* 275. Može se primijetiti da je najveća razlika u L* vrijednosti što govori da su sorte ispitane u ovom istraživanju nešto svjetlije, a prema iskazanoj H* vrijednosti malo manje izražene plave boje obzirom da više H* vrijednosti ukazuju na jače izraženu plavu boju (Koort i sur., 2018).

Tablica 5. Parametri borovnica tijekom skladištenja
Table 5. Blueberries quality parameters during storage

Sorta/Cultivar	D ^a	Sierra eko	Duke eko	Bluecrop eko	Sierra	Duke	Bluecrop
Topljiva suha tvar /Soluble solids (°Bx)	1	14.3±0.5	14.1±0.1	12.8±0.1	13.2±0.2	13.1±0.1	13.1±0.3
	4	14.0±0.1	15.0±0.4	12.8±0.5	12.6±0.3	13.0±0.2	13.7±0.2
	7	13.8±0.3	14.8±0.4	12.6±0.6	12.8±0.4	13.4±0.2	13.4±0.1
pH	1	2.98±0.00	2.96±0.01	2.99±0.02	2.70±0.00	2.99±0.02	2.88±0.00
	4	2.92±0.01	2.97±0.01	3.05±0.01	2.76±0.00	3.03±0.02	2.88±0.00
	7	2.97±0.00	2.85±0.00	2.99±0.01	2.74±0.01	3.15±0.00	2.89±0.00
Ukupna kiselost/ Total acidity (%)	1	0.74±0.02	0.73±0.04	0.74±0.02	1.06±0.08	0.57±0.02	0.85±0.02
	4	0.92±0.04	0.68±0.02	0.68±0.02	0.98±0.00	0.59±0.00	0.81±0.00
	7	0.91±0.02	0.78±0.00	0.76±0.00	0.98±0.00	0.52±0.02	0.88±0.10
Senzorska ocjena/ Sensory score	1	6.3±0.5	6.6±0.5	6.3±0.8	6.1±0.7	6.3±1.3	6.5±0.5
	4	5.6±0.8	6.2±0.4	6.5±0.5	5.8±0.8	5.6±1.0	5.5±0.5
	7	5.7±0.8	6.1±0.9	6.0±0.8	5.2±0.9	6.0±0.8	5.6±1.0
L*-svjetlina/ L*-lightness	1	39.26±1.75	35.39±2.62	36.29±3.01	37.23±1.3	33.43±2.1	38.38±2.31
	4	40.41±12.04	35.90±2.97	37.02±3.42	37.76±2.06	34.48±0.94	37.01±1.96
	7	39.41±1.81	35.48±1.52	35.91±1.53	36.63±1.49	33.65±2.31	34.17±2.15
Tvrdoa/ Firmness (N)	1	2.99±0.10	2.79±0.50	1.95±0.07	2.19±0.18	3.36±0.61	1.76±0.253
	4	3.42±0.43	3.88±0.21	2.29±0.51	2.38±0.14	3.29±0.13	1.91±0.33
	7	3.04±0.16	3.00±0.24	2.37±0.41	2.41±0.36	3.92±0.08	2.05±0.26

^a dani skladištenja

Tvrdoća borovnica izmjerena je u rasponu od 1.91 – 3.92 N. Eum i sur. (2013) navode 2.8 N za čvrstoću sorte 'Duke' što je u skladu s rezultatima ovog istraživanja. U većini ispitivanih sorti uočen je trend porasta tvrdoće tijekom skladištenja, dok je za sorte 'Sierra eko' i 'Duke eko' porast zabilježen samo do 4. dana. Giongo i sur. (2013) navode povećanje čvrstoće sorte 'Duke' tijekom 2 mjeseca skladištenja. Tvrdoća ploda može biti rezultat voštane ovojnice što je poželjno, jer ga štiti od dehidracije i smežuranja (Koort i sur., 2018) te pozitivno utječe na trajnost (Yang i sur., 2008), a i senzorski je poželjna (Giuggioli i sur., 2017). Sve ispitivane sorte borovnica dobro su senzorski ocijenjene, a sorta 'Duke eko' ocijenjena je u prosjeku najvišom ocjenom. Općenito, sve SO borovnica bile su najviše 1. dan, osim za sortu 'Bluecrop eko', a najniže krajem skladištenja, iako se za sorte 'Sierra eko', 'Duke' i 'Bluecrop' uočava blagi porast

opće prihvatljivosti od 4. do 7. dana. Obzirom na rezultate statističke analize, rezultati za SO ne mogu se jasno povezati s rezultatima fizikalno-kemijskih svojstava na koje vrijeme skladištenja nije značajno utjecalo, dok na senzorska svojstva jest. Ono što se primjećuje je da sorta 'Duke eko' ima prosječno najvišu TST, UK među nižim vrijednostima, opisuje je tamnija boja i veća tvrdoća te je senzorski najbolje ocijenjena. Beaudry (1992) navodi da borovnice karakterizira određena plava boja, TST viša od 10 %, a UK između 0.3 i 1.3 %, te je poželjno da odnos TST:UK bude između 10 i 30. Uz to navodi da je smanjenje kiselosti za 0.1 % ekvivalentno povećanju osjećaja slatkoće za 1 %.

U ovom radu odnos TST:UK nije izračunat i prikazan, ali prema rezultatima može se uočiti da su upravo sorte koje su imale višu TST i nižu UK (veći odnos TST:UK) općenito najbolje senzorski ocijenjene.

Tablica 6. Analiza varijance ispitivanih parametara jagodastog voća tijekom skladištenja
Table 6. Analysis of variance of examined berry fruit parameters during storage

Parametar/ Parameter	Izvor varijacije /Source of variation	Kupine/ Blackberry	Jagode/ Strawberry	Maline/ Raspberry	Borovnice/ Blueberry
		p-vrijednost/ p-value	p-vrijednost/ p-value	p-vrijednost/ p-value	p-vrijednost/ p-value
Topljiva suha tvar/ Soluble solids	Sorta/cultivar	≤0.01**	0.05**	0.29	0.00**
	Vrijeme/time	0.14	≤0.01**	0.90	0.91
pH	Sorta/cultivar	0.65	0.37	0.17	≤0.01**
	Vrijeme/time	0.57	0.97	0.60	0.60
Ukupna kiselost/ Total acidity	Sorta/cultivar	0.24	0.65	0.08	0.36
	Vrijeme/time	0.41	≤0.01**	0.63	0.38
Senzorska ocjena/ Sensory score	Sorta/cultivar	-	0.37	0.16	0.09
	Vrijeme/time	-	0.02**	0.27	0.01**
L*-svjetlina/ L*-lightness	Sorta/cultivar	0.04**	0.04**	0.01**	≤0.01**
	Vrijeme/time	0.05**	≤0.01**	0.26	0.09
a*	Sorta/cultivar	0.18	0.17	0.18	≤0.01**
	Vrijeme/time	0.03**	≤0.01**	0.53	0.41
b*	Sorta/cultivar	0.86	0.01**	0.38	≤0.01**
	Vrijeme/time	0.80	≤0.01**	0.54	0.15
C*-zasićenost/ C*-chroma	Sorta/cultivar	0.35	0.04**	0.38	≤0.01**
	Vrijeme/time	0.04**	≤0.01**	0.54	0.15
H*- ton/ H*-hue	Sorta/cultivar	0.77	0.01**	0.63	0.01**
	Vrijeme/time	0.74	≤0.01**	0.64	0.65
Tvrdoća/ Firmness	Sorta/cultivar	0.86	0.01**	0.31	≤0.01**
	Vrijeme/time	0.21	0.43	0.07	0.10

**p≤0.05

Kako je prethodno navedeno, prije skladištenja provedeno je određivanje patulina te mikrobiološka analiza svih uzoraka voća. Obzirom da se željela utvrditi inicijalna kontaminacija voća, sve su analize provedene u uzorcima neopranog voća neposredno nakon berbe, transporta i dopreme u laboratorij. U uzorcima jagoda i malina koncentracija patulina je bila ispod granica detekcije (LOD=1 ppb), dok koncentracija patulina u uzorcima kupina i borovnica (na kojima su dokazane plijesni iz roda *Penicillium* i *Alternaria*) ne prelazi maksimalno dozvoljene koncentracije patulina u uzorcima voća prema Pravilniku o najvećim dopuštenim količinama određenih kontaminanata u hrani (NN 146/2012) usklađenim prema odredbama europske legislativne 1881/2006 (rezultati nisu prikazani).

Nadalje, u uzorcima voća nisu dokazane bakterije iz roda *Salmonella*, bakterije *L. monocytogenes* niti sulfitoreducirajuće klostridije. Međutim, Enterobacteriaceae te kvasci i plijesni dokazani su u broju koji nije dozvoljen (>10³) (tablica 7) Pravilnikom o mikrobiološkim kriterijima za hranu (NN 74/08, 156/08, 89/10, 153/2011) i Vodičem za mikrobiološke kriterije za hranu (2011).

Tablica 7. Mikrobiološka analiza uzoraka jagodastog voća neposredno nakon prihvata
Table 7. Microbiological analysis of berry fruit samples immediately upon its delivery

Uzorak/Sample	Enterobacteriaceae	Kvasci i plijesni/ Yeasts and molds (cfu/g)
Sorta/Cultivar	(cfu/g)	
Kupine/Blackberries		
Chester eko	/	4x10 ³
Chester	/	3.7x10 ⁵
Čačanska bestrna	1.85x10 ⁴	1.52x10 ⁵
Thornfree	7x10 ⁴	3.38x10 ⁵
Black athenas	/	2.94x10 ⁵
Jagode/Strawberries		
Dijamant eko	9x10 ³	1.08x10 ⁵
Alba eko	6.9x10 ⁴	3.3x10 ⁴
Alba	/	2x10 ³
Clery	/	9x10 ³
Joly	/	1.5x10 ⁴
Galija	2x10 ³	1.3x10 ⁴
Maline/Raspberries		
Willamette eko	9x10 ³	3.6x10 ⁴
Willamette	3.2x10 ³	6x10 ³
Tulameen	/	2x10 ³
Sugana	2x10 ³	2x10 ³
Borovnice/Blueberries		
Duke eko	7x10 ²	1x10 ³
Sierra eko	/	1x10 ³
Bluecrop eko	1x10 ³	1.9x10 ³
Duke	/	4x10 ³
Sierra	/	3x10 ³
Bluecrop	/	1.2x10 ³

U uzorcima voća iz ekološkog uzgoja prevladavali su kvasci i plijesni, dok su u uzorcima iz konvencionalnog uzgoja prevladavali samo kvasci. Od plijesni su prevladavale plijesni iz roda *Penicillium* i *Alternaria*. Treba naglasiti da se navedeni Pravilnik i Vodič (III izdanje 2011) odnose na svježe rezano voće i povrće (gotova jela). Uzorci u ovom radu analizirani su neposredno nakon berbe i bez prethodnog pranja, a poznato je da kontaminacija takvog voća može biti u rasponu od 3 – 7 logaritamskih jedinica ovisno o sezoni i vrsti voća (Ölmez i Kretzschmar, 2009). Također, budući da se berba kupina i jagoda za ovo istraživanje provodila u vrlo kišnom razdoblju koje pogoduje razvoju kvasaca i plijesni, dobivene visoke vrijednosti kontaminacije ovim MO su očekivane te zapravo objašnjavaju uočeno brzo propadanje tog voća. Nadalje, kontaminacija se ne može u potpunosti ukloniti pranjem, ali moguće je smanjiti broj MO ovisno o načinu pranja i samoj vrsti kontaminacije (Ölmez i Kretzschmar, 2009), što upućuje da bi analizirano voće nakon pranja vjerovatno zadovoljilo mikrobiološke kriterije.

Zaključak

Od ispitivanih vrsta jagodastog voća borovnice su se pokazale najstabilnijima tijekom skladištenja i to posebno sorta 'Duke' iz ekološkog uzgoja. Za druge sorte, obzirom na ispitivane uzorke i parametre, nije se uočio pozitivan utjecaj ekološkog uzgoja. Među ispitivanim sortama kupina, temeljem određenih parametara, sorta 'Thornfree' se pokazala najstabilnijom, dok je najveću stabilnost i najbolju senzorsku opću prihvatljivost kod malina pokazala sorta 'Tulameen'. Jagode nisu pokazale zadovoljavajuću stabilnost tijekom 7 dana skladištenja, prilikom čega se sorta 'Joly' pokazala najboljom. Općenito, uspoređujući sorte koje su se u pojedinim vrstama istaknule kao najbolje, primjećuje se da su sve imale visok udio topljive suhe tvari i nižu ukupnu kiselost te da je za jagodu i malinu bila pozitivna svjetlija boja i srednja tvrdoća plodova, dok za kupinu i borovnicu tamnija boja i tvrdi plodovi.

Zahvala

Rezultati prezentirani u radu nastali su kao rezultat znanstvenog projekta Hrvatske zaklade za znanost „Primjena vakuumske hladnje u proizvodnji hrane produljene trajnosti i svježine“ (09.01/279).

Literatura

- Aaby, K., Mazur, S., Nes, A., Skrede, G. (2012) Phenolic compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits: Composition in 27 cultivars and changes during ripening. *Food Chemistry*, 132 (1), 86-97. doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.037
- Aday, M. S., Caner, C. (2013) The shelf life extension of fresh strawberries using an oxygen absorber in the biobased package. *LWT-Food Science and Technology*, 52 (2), 102-109. doi.org/10.1016/j.lwt.2012.06.006
- Aday, M. S., Caner, C. (2014) Individual and combined effects of ultrasound, ozone and chlorine dioxide on strawberry storage life. *LWT-Food Science and Technology*, 57 (1), 344-351. doi.org/10.1016/j.lwt.2014.01.006
- Aguayo, E., Requejo-Jackman, C., Stanley, R., Woolf, A. (2010) Effects of calcium ascorbate treatments and storage atmosphere on antioxidant activity and quality of fresh-cut apple slices. *Postharvest biology and technology*, 57(1), 52-60. doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.03.001
- Ayaz, F. A., Kadioglu, A., Bertoft, E., Acar, C., Turna, I. (2001) Effect of fruit maturation on sugar and organic acid composition in two blueberries (*Vaccinium arctostaphylos* and *V. myrtillus*) native to Turkey. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 29, 137-141. doi.org/10.1080/01140671.2001.9514171
- Beaudry, R. (1992) Blueberry quality characteristics and how they can be optimized. *Annual Report of the Michigan State Horticultural Society*, (122nd), 140-145.
- Bose, S. K., Howlader, P., Jia, X., Wang, W., Yin, H. (2019) Alginate oligosaccharide postharvest treatment preserve fruit quality and increase storage life via Abscisic acid signaling in strawberry. *Food chemistry*, 283, 665-674. doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.060
- Bowen-Forbes, C. S., Zhang, Y., Nair, M. G. (2010) Anthocyanin content, antioxidant, anti-inflammatory and anticancer properties of blackberry and raspberry fruits. *Journal of food composition and analysis*, 23 (6), 554-560. doi.org/10.1016/j.jfca.2009.08.012
- Chiabrando, V., Giacalone, G., Rolle, L. (2009) Mechanical behaviour and quality traits of high bush blueberry during postharvest storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89 (6), 989-992. 10.1002/jsfa.3544
- CIE, Commission Internationale de l'Éclairage (1976). Official recommendations on uniform colour spaces, colour

differences equations and metric colour terms. Paris: France

- Crecente-Campo, J., Nunes-Damaceno, M., Romero-Rodríguez, M. A., Vázquez-Odériz, M. L. (2012) Color, anthocyanin pigment, ascorbic acid and total phenolic compound determination in organic versus conventional strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch, cv Selva). *Journal of Food Composition and Analysis*, 28 (1), 23-30. 10.1016/j.jfca.2012.07.004
- Duarte, C., Guerra, M., Daniel, P., Camelo, A. L., Yommi, A. (2009) Quality Changes of Highbush Blueberries Fruit Stored in CA with Different CO₂ Levels. *Journal of Food Science*, 74 (4), S154-S159. 10.1111/j.1750-3841.2009.01118.x
- Eum, H. L., Hong, S. C., Chun, C., Shin, I. S., Lee, B. Y., Kim, H. K., Hong, S. J. (2013) Influence of temperature during transport on shelf-life quality of highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L. cv. Bluetta, Duke). *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 54 (2), 128-133. doi.org/10.1007/s13580-013-0114-y
- Forney, C. F., Jamieson, A. R., Pennell, K. D. M., Jordan, M. A., Fillmore, S. A. (2015) Relationships between fruit composition and storage life in air or controlled atmosphere of red raspberry. *Postharvest Biology and Technology*, 110, 121-130. 10.1016/j.postharvbio.2015.07.017
- Giongo, L., Poncetta, P., Loretto, P., Costa, F. (2013) Texture profiling of blueberries (*Vaccinium* spp.) during fruit development, ripening and storage. *Postharvest Biology and Technology*, 76, 34-39. doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.09.004
- Giovanelli, G., Limbo, S., Buratti, S. (2014) Effects of new packaging solutions on physico-chemical, nutritional and aromatic characteristics of red raspberries (*Rubus idaeus* L.) in postharvest storage. *Postharvest biology and technology*, 98, 72-81. doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.07.002
- Giuggioli, N. R., Girgenti, V., Peano, C. (2017) Qualitative performance and consumer acceptability of starch films for the blueberry modified atmosphere packaging storage. *Polish journal of food and nutrition sciences*, 67 (2), 129-136. 10.1515/pjfn-2016-0023
- Haffner, K., Rosenfeld, H. J., Skrede, G., Wang, L. (2002) Quality of red raspberry *Rubus idaeus* L. cultivars after storage in controlled and normal atmospheres. *Postharvest Biology and Technology*, 24(3), 279-289. 10.1016/s0925-5214(01)00147-8
- Hancock, J., Callow, P., Serçe, S., Hanson, E., Beaudry, R. (2008) Effect of cultivar, controlled atmosphere storage, and fruit ripeness on the long-term storage of highbush blueberries. *HortTechnology*, 18 (2), 199-205. doi.org/10.21273/HORTTECH.18.2.199
- Kafkas, E., Koşar, M., Türemiş, N., Başer, K. H. C. (2006) Analysis of sugars, organic acids and vitamin C contents of blackberry genotypes from Turkey. *Food Chemistry*, 97 (4), 732-736. 10.1016/j.foodchem.2005.09.023
- Kallio, H., Hakala, M., Pelkkikangas, A. M., Lapveteläinen, A. (2000) Sugars and acids of strawberry varieties. *European Food Research and Technology*, 212 (1), 81-85. doi.org/10.1007/s00217000244
- Khanizadeh, S., Rekika, D., Ehsani-Moghaddam, B., Tsao, R., Yang, R., Charles, M. T., Sullivan J. A., Gauthier, L., Gosselin, A., Potel, A.-M., Reynaud, G., Thomas, E. (2009) Horticultural characteristics and chemical composition of advanced raspberry lines from Quebec and Ontario. *LWT-Food Science and Technology*, 42 (4), 893-898. doi.org/10.1016/j.lwt.2008.08.016
- Koort, A., Moor, U., Pöldma, P., Kaiser, C., Starast, M. (2018) Comparison of Regular Atmospheric Storage versus Modified Atmospheric Packaging on Postharvest Quality of Organically Grown Lowbush and Half-Highbush Blueberries. *Sustainability*, 10 (11), 3916. doi.org/10.3390/su10113916
- Lovrić T., Piližota V. (1994) Konzerviranje i prerada voća i povrća, M. Maceljčki (ured.), Nakladni zavod Globus, Zagreb.
- Markov, K., Frece, J., Pleadin, J., Bevardi, M., Barišić, L., Kljusić, J. G., Vulić, A., Jakopović, Z., Mrvčić, J. (2019) Glucobacter oxydans – potential biological agent for binding or biotransformation of mycotoxins. *World Mycotoxin Journal*, 12(2), 153-161. doi.org/10.3920/WMJ2018.2324
- McGuire, R.G. (1992) Reporting of objective color measurements. *Hortscience* 27 (12), 1254-1255.
- Meunier, L., Kelly, F. M., Cochrane, C., Koncar, V. (2011) Flexible displays for smart clothing: Part II—Electrochromic displays. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 36, 429-435.
- Milošević, T., Milošević, N., Glišić, I., Mladenović, J. (2012) Fruit quality attributes of blackberry grown under limited environmental conditions. *Plant, Soil and Environment*, 58 (7), 322-327.
- Mölder, K., Moor, U., Tönutare, T., Pöldma, P. (2011) Postharvest quality of Glen Ample raspberry as affected by storage temperature and modified atmosphere packaging. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 19 (1), 145-153.
- Naumann, W. D., Wittenburg U. (1980) Anthocyanins, soluble solids, and titratable acidity in blackberries as influenced by preharvest temperatures. *Acta Horticulturae*, 112: 183-190. 10.17660/ActaHortic.1980.112.25
- Ölmez, H., Kretschmar, U. (2009) Potential alternative disinfection methods for organic fresh-cut industry for minimizing water consumption and environmental impact. *LWT-Food Science and Technology*, 42 (3), 686-693. doi.org/10.1016/j.lwt.2008.08.001
- Pineli, L. de L. de O., Moretti, C. L., dos Santos, M. S., Campos, A. B., Brasileiro, A. V., Córdova, A. C., Chiarello, M. D. (2011) Antioxidants and other chemical and physical characteristics of two strawberry cultivars at different ripeness stages. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24 (1), 11-16. 10.1016/j.jfca.2010.05.004
- Pravilnik o mikrobiološkim kriterijima za hranu („Narodne novine“ br. 74/08) te Pravilnik o izmjeni Pravilnika o mikrobiološkim kriterijima za hranu („Narodne novine“ br. 156/08), Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o mikrobiološkim kriterijima za hranu („Narodne novine“ br. 89/10) i Pravilnik o izmjenama i dopuni Pravilnika o mikrobiološkim kriterijima za hranu („Narodne novine“ br. 153/2011).
- Pravilnik o najvećim dopuštenim količinama određenih kontaminanata u hrani („Narodne novine“ br. 146/2012).
- Reyes-Carmona, J., Yousef, G. G., Martínez-Peniche, R. A., Lila, M. A. (2005) Antioxidant capacity of fruit extracts of blackberry (*Rubus* sp.) produced in different climatic regions. *Journal of Food Science*, 70 (7), 497-503. doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb11498.x
- Seeram, N. P. (2008) Berry fruits: compositional elements, biochemical activities, and the impact of their intake on human health, performance, and disease. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 56, 627-629. doi.org/10.1021/jf071988k
- Skupień, K. (2006) Chemical composition of selected cultivars of highbush blueberry fruit (*Vaccinium corymbosum* L.). *Folia Horticulturae*, 18 (2), 47-56.
- Tamer, C. E. (2011) A research on raspberry and blackberry marmalades produced from different cultivars. *Journal of Food Processing and Preservation*, 36 (1), 74-80. 10.1111/j.1745-4549.2011.00573.x

Turemis, N., Kafkas, S., Kafkas, E., Onur, C. (2003) Fruit characteristics of nine thornless blackberry genotypes. *Journal of the American Pomological Society*, 57 (4), 161.

United States Department of Agriculture (USDA), Agricultural Research Service, National Nutrient Database for Standard Reference Legacy Release (2019a) Basic Report: 09042, Blackberries, raw. URL: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/09042?fgcd=&manu=&format=&count=&max=25&offset=&sort=default&order=asc&qlookup=OREGON+MARIO+N+BLACKBERRY%2C+UPC%3A+085239203422&ds=&qt=&qp=&qq=&qn=&q=&ing=> (27. lipnja 2019.)

United States Department of Agriculture (USDA), Agricultural Research Service, National Nutrient Database for Standard Reference Legacy Release (2019b) Basic Report: 09316, Strawberries, raw. URL: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/09316?fgcd=&manu=&format=&count=&max=25&offset=&sort=default&order=asc&qlookup=Guavas%2C+strawberry%2C+raw&ds=&qt=&qp=&qq=&qn=&q=&ing=> (27. lipnja 2019.)

United States Department of Agriculture (USDA), Agricultural Research Service, National Nutrient Database for Standard Reference Legacy Release (2019c) Basic Report: 09302, Raspberries, raw. URL: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/09302?fgcd=&manu=&format=&count=&max=25&offset=&sort=default&order=asc&qlookup=Raspberries%2C+raw&ds=&qt=&qp=&qq=&qn=&q=&ing=> (27. lipnja 2019.)

United States Department of Agriculture (USDA), Agricultural Research Service, National Nutrient Database for Standard Reference Legacy Release (2019d) Basic Report: 09050, Blueberries, raw. URL: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/09050?fgcd=&manu=&format=&count=&max=25&offset=&sort=default&order=asc&qlookup=Blueberries%2C+raw&ds=&qt=&qp=&qq=&qn=&q=&ing=> (27. lipnja 2019.)

Uredba Komisije (EZ) br. 1881/2006 od 19. prosinca 2006. o utvrđivanju najvećih dopuštenih količina određenih kationanata u hrani

Voća, S., Dobričević, N., Dragović-Uzelac, V., Duralija, B., Družić, J., Čmelik, Z., Skendrović Babojelić, M. (2008) Fruit quality of new early ripening strawberry cultivars in Croatia. *Food Technology and Biotechnology*, 46 (3), 292-298.

Vodič za mikrobiološke kriterije za hranu (III izdanje 2011). Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja RH, ožujak 2011.

Yang, W. Q., Harpole, J., Finn, C. E., Strik, B. C. (2008) Evaluating berry firmness and total soluble solids of newly released highbush blueberry cultivars. In IX International Vaccinium Symposium 810 (pp. 863-868). 10.17660/ActaHortic.2009.810.115

Zhang, Z., Zhao, Z., Liu, H., Dubé, C., Charles, M. T., Kempler, C., Khanizadeh, S. (2012) Horticultural characteristics and chemical composition of advanced raspberry lines from British Columbia. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10 (3&4), 883-887.

Prispjelo/Recived: 8.7.2019

Prihvaćeno/Accepted: 12.07.2019

Original scientific paper

Study of various berry fruit quality during storage

Abstract

The aim of this study was to examine the physical, chemical and sensory properties of several cultivars of blackberries, strawberries, raspberries and blueberries grown in Zagreb area during 7 days storage at 4 °C in order to gain better knowledge of properties of cultivars grown in Croatia. Therefore, on the 1st, 4th and 7th day of storage the determination of soluble solids, pH, total acidity, color parameters (CIELab), firmness using the texturometer and sensory evaluation of overall acceptance was carried out, while microbiological analysis was performed only on the 1st day. Based on the obtained results, blueberries showed the greatest stability during storage of all examined fruit types and they were sensorially good graded, particularly cultivar 'Duke' from organic breeding. Positive influence of organic breeding was not observed for other cultivars and for all fruit types in general. Among examined blackberry cultivars, cultivar 'Thomfree' proved to be the most stable, while 'Tulameen' was the most stable and the best sensory graded raspberry cultivar. Strawberries did not show satisfactory stability during 7 days of storage, with the 'Joly' as the best cultivar till the 4th storage day. Generally, comparing the cultivars that have been highlighted within each fruit type, they had high soluble solids content and lower total acidity, and that brighter color and medium fruit firmness were preferred for strawberry and raspberry, while darker color and firmer fruit were beneficial for blackberry and blueberry. The results of microbiological analysis indicate that more strict hygiene measures during harvesting and fruit handling are required.

Keywords: blueberries, strawberries, blackberries, raspberries, physico-chemical and sensory properties