**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**AGRONOMSKI FAKULTET**

**Matea Filipović**

**“ANALIZA PIGMENATA, BIOAKTIVNIH SPOJEVA I ANTIOKSIDACIJSKE AKTIVNOSTI U BIJELIM I CRVENIM KULTIVARIMA KUPUSA”**

**Zagreb, 2014.**

Ovaj rad izrađen je u laboratoriju Zavoda za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport, Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom mentorice izv. prof. dr. sc. Sandre Voća i predan je na Natječaj za dodjelu Rektorove nagrade, za radove studenata u akademskoj godini 2013./2014.

**POPIS KRATICA KORIŠTENIH U RADU**

˚Brix – stupnjevi Brixa

% - postotak

AS – aritmetička sredina

g – gram

L - litra

mg – miligram

mgGAE – miligrama galne kiseline

ml – mililitar

mM Trolox – mikro mol Trolox

pH – ionometrijska kiselost

ST – suha tvar

TST – topljiva suha tvar

UK – ukupne kiseline

**SADRŽAJ RADA**

[1. UVOD 1](#_Toc386126888)

[2. OPĆI I SPECIFIČNI CILJEVI RADA 3](#_Toc386126889)

[3. MATERIJALI I METODE 4](#_Toc386126890)

[3.1. Biljni materijal 4](#_Toc386126891)

[3.2. Priprema uzoraka 6](#_Toc386126892)

[3.3. Metode 7](#_Toc386126893)

[3.4. Statistička obrada podataka 7](#_Toc386126894)

[4. REZULTATI 8](#_Toc386126895)

[4.1. Osnovni kemijski sastav kultivara kupusa 8](#_Toc386126896)

[4.2. Bioaktivne tvari u kultivarima kupusa 9](#_Toc386126897)

[4.3. Antioksidacijska aktivnost 11](#_Toc386126898)

[5. RASPRAVA 12](#_Toc386126899)

[5.1. Osnovni kemijski sastav kultivara kupusa 12](#_Toc386126900)

[5.2. Bioaktivne tvari u kultivarima kupusa 13](#_Toc386126901)

[5.3. Antioksidacijska aktivnost 15](#_Toc386126902)

[6. ZAKLJUČCI 17](#_Toc386126903)

[7. ZAHVALA 18](#_Toc386126904)

[8. POPIS LITERATURE 19](#_Toc386126905)

[9. SAŽETAK 26](#_Toc386126906)

[10. SUMMARY 27](#_Toc386126907)

[11. ŽIVOTOPIS 28](#_Toc386126908)

1. UVOD

Kupus (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*), porijeklom iz Mediterana, danas se proizvodi i koristi u prehrambene svrhe diljem svijeta. Pripada porodici Brassicaceae(kupusnjače). Zbog sposobnosti prilagodbe na različite klimatske uvjete (Lešić i sur., 2004) kupus i ostale kupusnjače se proizvode u više od 130 zemalja svijeta, uz godišnju proizvodnju od 70,1 milijuna tona svježih hipertrofiranih terminalnih pupova (u daljnjem tekstu glavica) kupusa i ostalih kupusnjača na površini od 2,9 milijuna hektara (FAOSTAT, 2014).

Veliki broj raznih kultiviranih tipova kupusa pokazuju veliku varijabilnost veličine, oblika, boje i teksture listova i glavica (Singh i sur., 2006). Dvije osnovne grupe kultivara kupusa prema boji listova su bijeli (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *alba*) i crveni (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*) (Lešić i sur., 2004). Bijeli kupus je uobičajen naziv za kupus zelenih listova (Matotan, 2004). Vanjska boja voća i povrća je rezultat prisutnosti pigmenata (Lancaster i sur., 1997), stoga u bijelom kupusu prevladavaju klorofili (Fernández-León i sur., 2010), a u crvenom antocijani (Arapitsas, 2008).

Novija istraživanja povrtne kulture kupusa vezana su za njegova bioaktivna i antioksidacijska svojstva (Singh i sur., 2006; Singh i sur., 2007; Leja i sur., 2010; Cartea i sur., 2011; Šamec i sur., 2011). Razlog tome je već poznata upotreba kupusa u tradicionalnoj medicini zbog njegovih antiupalnih i antibakterijskih djelovanja (Šamec i sur., 2011), te sve češće upotrebe kupusa u dijetalnoj prehrani. Također, antioksidacijskim spojevima iz kupusa su jednim dijelom pripisani korisni učinci na zdravlje ljudi (Podsędek, 2005). Pozitivno djelovanje se odnosi na istraživanja o smanjenju rizika od mnogih kroničnih bolesti, poput ateroskleroze, raka i kardiovaskularnih bolesti (Law i Morris, 1998; Kurilich i sur., 1999; Temple, 2000; Packer i sur., 2002; Gundgard i sur., 2003).

Bioaktivni spojevi su posebni nutritivni spojevi, koji su često prisutni u malim količinama u hrani, a istražuju se kako bi se utvrdio njihov povoljan utjecaj na ljudsko zdravlje (Kris-Etherton i sur., 2002). Klorofili su fotosintetski pigmenti koji pripadaju bioaktivnim spojevima. Nalaze se u mnoštvu zelenog povrća, poput brokule i kupusa (Fernández-León i sur., 2010). Kod većine biljaka javljaju se u dva kemijski srodna oblika: modro-zeleni klorofil a i žutozeleni klorofil b (Nobel, 2005). Fenolni spojevi također spadaju u grupu bioaktivnih tvari. Prisutni su u svim biljnim vrstama, a istraživanja dokazuju da ih sadrže bijeli i crveni kupus (Kusznierewicz i sur., 2008, Park i sur., 2014). Fenolni spojevi posjeduju značajni antioksidativni kapacitet, a njihova antioksidativna djelotvornost ovisi o stabilnosti te o broju i položaju hidroksilnih grupa (Podsędek, 2005). U flavonoide, koji pripadaju u skupinu biljnih fenola, spadaju antocijani (Lin i sur., 2008) koji se, na primjer, nalaze u plodovima karakterističnog crvenog obojenja poput različitih kultivara crvenog kupusa. Antocijani su pigmenti topljivi u vodi, nositelji crvene, ljubičaste i plave boje kod raznih vrsta voća i povrća (Katalinić, 2006).

Uz fenolne spojeve, glavni antioksidacijski spoj u kupusnjačama je askorbinska kiselina, odnosno vitamin C. Jedan je od najvažnijih mikronutrijenata kojeg ljudi 90% unose voćem i povrćem (Martín-Belloso i Solvia-Fortuny, 2011). Količina vitamina C u voću i povrću ovisi o vrsti, kultivaru, klimi, agrikulturnoj praksi, zrelosti i skladištenju (Lee i Kader, 2000). Važnost vitamina C na zdravlje ljudi odnosi se na njegovo djelovanje: izravno inaktivira slobodne radikale, štiti vitamin E od razgradnje, sprječava nastajanja N-nitrozo spojeva te toksičnih i kancerogenih nitrozamina. Kupus je izniman izvor vitamina C (Naidu, 2003), a varijabilnost sadržaja vitamina C se povezuje s razlikama u genotipu (Kurilich i sur., 1999).

Cilj ovoga rada bio je utvrditi količinu pojedinih pigmentnih spojeva, količinu bioaktivnih spojeva, antioksidacijskog kapaciteta te razlike osnovnog kemijskog sastava između istraživanih kultivara kupusa. Naime, slična istraživanja nutritivnog sastava kupusa uglavnom se provode na temelju osnovne podjele kupusa na bijeli i crveni, a rijetko na razlikama između kultivara koji se međusobno manje ili više razlikuju prema boji, obliku, teksturi listova i općenito u kemijskom sastavu. S obzirom da su u Republici Hrvatskoj kultivari kupusa malo istraživani, rezultati ovog istraživanja mogu poslužiti kao osnova za buduća istraživanja osnovnog kemijskog sastava i sadržaja bioaktivnih tvari u kultivarima kupusa, koji je zbog pozitivnog utjecaja na ljudsko zdravlje sve popularnija namirnica u dijetalnoj prehrani.

1. OPĆI I SPECIFIČNI CILJEVI RADA

Opći cilj ovoga rada bio je utvrditi temeljne kemijske razlike između šest različitih kultivara kupusa: Bravo F1, Bronco F1, Slava, Farao F1, Maestro F1 i Primero F1. U Hrvatskoj gotovo da nema istraživanja koja se temelje na razlikama između kultivara kupusa prema njihovom kemijskom sastavu, odnosno prehrambenoj vrijednosti.

Specifični ciljevi ovoga rada bili su u različitim kultivarima kupusa utvrditi: količinu pigmenata (klorofila, karotenoida i antocijana), količinu bioaktivnih spojeva, i antioksidacijsku aktivnost te razlike u osnovnom kemijskom sastavu: količinu suhe tvari, topljive suhe tvari, ionometrijsku kiselost (u daljnjem tekstu pH vrijednost) te ukupnu kiselost. Na posljetku, prikazana je usporedba dobivenih rezultata među kultivarima te usporedba dobivenih rezultata s literaturnim navodima i rezultatima.

1. MATERIJALI I METODE
   1. Biljni materijal

Istraživanje je provedeno na uzorcima šest kultivara kupusa, od toga, četiri kultivara bijelog (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *alba*) - Bravo F1, Bronco F1, Slava i Farao F1 te dva kultivara crvenog kupusa (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*) – Maestro F1 i Primero F1.

Bravo F1 (Slika 1) je srednje rani hibrid kupusa, okruglaste, zbijene glavice, dužine vegetacije oko 95 dana (Nickerson-Zwaan, 2011). Ima visoki potencijal prinosa, a glavice su ujednačene veličine. Vanjski listovi su plavkasto-zelene boje, a unutarnji su tanki, bijele boje (Matotan, 2004).



Slika 1. Kultivar Bravo F1 (*Foto: Filipović, 2014*)

Bronco F1 (Slika 2) je srednje rani hibrid kupusa, dužine vegetacije oko 90 dana. Glavice su okrugle i vrlo čvrste (Elsoms, 2013). Listovi su mu ujednačene zelene boje.



Slika 2. Kultivar Bronco F1 (*Foto: Filipović, 2014*)

Slava (Slika 3) je rani kultivar kupusa, dužine vegetacije 125 do 130 dana. Ima čvrste, okrugle glavice. Listovi su tamnozelene boje. Ostvaruje dobre prinose i u lošijim uvjetima uzgoja.



Slika 3. Kultivar Slava (*Foto: Filipović, 2014*)

Farao F1 (Slika 4) je rani hibrid kupusa, dužine vegetacije od 65 dana. Glavice su kompaktne i čvrste. Vanjski listovi su sivo-tamnozelene boje, a unutarnji su bijeli i tanki (Matotan, 2004).



Slika 4. Kultivar Farao F1 (*Foto: Filipović, 2014*)

Maestro F1 (Slika 5) je srednje rani hibrid crvenog kupusa, dužine vegetacije 90 dana. Odlikuju ga okruglaste, zbijene glavice s listovima ujednačene tamnoljubičaste boje (Matotan, 2004).



Slika 5. Kultivar Maestro F1 (*Foto: Filipović, 2014*)

Primero F1 (Slika 6) je srednje radni hibrid crvenog kupusa, dužine vegetacije 72 dana (Elsoms, 2013). Glavice su čvrste, okruglog oblika. Tamnoljubičaste je boje, s osrednje izraženom voštanom prevlakom na vanjskim listovima.



Slika 6. Kultivar Primero F1 (*Foto: Filipović, 2014*)

* 1. Priprema uzoraka

Nakon što su glavice kultivara kupusa dopremljene u laboratorij Zavoda za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pristupilo se pripremi uzoraka za kemijske analize. Homogena smjesa uzorka svakog pojedinog kultivara dobivena je pomoću laboratorijskog homogenizatora. Uzorci su čuvani u hladnjaku.

* 1. Metode

Određivanje kemijskog sastava istraživanih kultivara kupusa temeljilo se na sljedećim metodama: sadržaj suhe tvari (%) određen je etalonskom metodom sušenja na 105˚C do konstantne mase (AOAC, 1995); ukupna topljiva tvar (˚Brix) temelji se na očitavanju vrijednosti izravno na ljestvici refraktometra (AOAC, 1995); pH vrijednost određena je pH metrom, uranjanjem kombinirane elektrode u homogenizirani uzorak i očitavanjem vrijednosti (AOAC, 1995); metoda određivanja ukupne kiselosti (%) temelji se na potencionometrijskoj titraciji natrijeva hidroksida (AOAC, 1995); sadržaj vitamina C (L – askorbinske kiseline) određen je titrametrijskom metodom s 2,6-p-diklorfenolindofenolom, a temelji se na oksidaciji L-askorbinske kiseline u dehidroaskorbinsku kiselinu pomoću 2,6-p-diklorfenolindofenola (AOAC, 2002); sadržaj ukupnih fenola (mg GAE/100g svježe tvari) određen je korištenjem Folin-Ciocalteu kolorimetrijske metode koja se temelji na obojenoj reakciji koju fenoli razvijaju s Folin-Ciocalteovim reagensom (Singleton i Rossi, 1965; Amerine i Ough, 1980); ukupni klorofili (mg/kg) su određeni spektorfotometrijskom metodom po Holmu i Wetstteinu (Holm, 1954; Wettstein, 1957), sadržaj antocijana (mg/kg) određen je metodom izbjeljivanja disulfitom (Amerine i Ough, 1980) i antioksidacijska aktivnost određena je spektrofotometrijskom metodom uz upotrebu ABTS radikala kationa (2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolin-6-sulfonska kiselina)) (Re i sur., 1999).

* 1. Statistička obrada podataka

Podaci su statistički obrađeni u programskom sustavu SAS, verzija 9.3 (SAS, 2010). Korišten je Duncanov test značajnosti razlika (1%). Rezultati su bili podvrgnuti analizi varijance (ANOVA). Srednje vrijednosti uspoređene su t-testom (LSD), a smatraju se značajno različitim prema p ≤ 0,001.

Uz rezultate u tablicama i grafu nalaze se eksponenti ('a'-'e') koji ukazuju na značajne razlike između analiziranih kultivara, pa tako eksponent 'a' označava najveću vrijednost, a eksponent 'e' (u nekim slučajevima 'd') označava najmanju dobivenu vrijednost.

1. REZULTATI
   1. Osnovni kemijski sastav kultivara kupusa

Rezultati analize osnovnog kemijskog sastava kupusa prikazani su u tablici 1, a obuhvaćaju udio suhe tvari, ukupne kiseline, topljivu suhu tvar, omjer topljive suhe tvari i ukupnih kiselina kao mjerilo kvalitete okusa i pH vrijednost. Iz tablice 1 je jasno vidljivo da svi istraživani parametri osnovnog kemijskog sastava između analiziranih kultivara kupusa pokazuju značajnu statističku razliku (p<0,001).

Tablica 1. Osnovni kemijski sastav analiziranih kultivara kupusa

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Kultivar | ST (%) | UK (%) | TST (˚Brix) | TST/UK | pH |
| p<0,001 | p<0,001 | p<0,001 | p<0,001 | p<0,001 |
| Bravo F1 | 10,02b | 0,08b | 7,50bc | 93,75cd | 6,15c |
| Bronco F1 | 7,43e | 0,06c | 6,23d | 103,83c | 6,22c |
| Slava | 12,42a | 0,06c | 8,50a | 141,67b | 6,05d |
| Farao F1 | 9,09c | 0,04d | 7,57bc | 189,25a | 6,32b |
| Maesto F1 | 8,07d | 0,1a | 7,30c | 73,00d | 6,16c |
| Primero F1 | 9,54bc | 0,08b | 8,10ab | 101,25c | 6,42a |
| AS | 9,46 | 0,07 | 7,53 | 117,13 | 6,22 |

Ukupna suha tvar istraživanih kultivara bila je u rasponu od 7,43 % (Bronco F1) do 12,42 % (Slava), a prosječno su istraživani kupusi sadržavali 9,46 % suhe tvari. Sadržaj ukupnih kiselina u analiziranim kultivarima kupusa izražen je prema oksalnoj kiselini, a varira od 0,04 (Farao F1) do 0,1 % (Maestro F1). U skladu s niskim vrijednostima sadržaja ukupnih kiselina, pH-vrijednost, u kultivarima kupusa bila je u rasponu od 6,05 do 6,42, s prosječnom vrijednosti od 6,22. Topljiva suha tvar varirala je od 6,23 (Bronco F1) do 8,50 ˚Brix (Slava). Omjer topljive suhe tvari i ukupnih kiselina (TST/UK) vrlo je važan pri oblikovanju okusa kod konzumiranja svježih plodova voća i povrća. Što je omjer veći, to je okus ukusniji. Prema dobivenim rezultatima, najveći omjer bio je kod kultivara Farao F1 (189,25), a najmanji kod kultivara Maestro F1 (73,00).

* 1. Bioaktivne tvari u kultivarima kupusa

U tablicama 2 i 3 te grafu 1 prikazani su dobiveni rezultati količine bioaktivnih tvari analiziranih kupusa. Rezultati sadržaja pojedinih pigmentnih spojeva (klorofila, karotenoida, antocijana), vitamina C, ukupnih fenola, neflavonoida, flavonoida i antioksidacijske aktivnosti pokazali su značajne statističke razlike (p<0,001) između analiziranih kultivara kupusa.

Tablica 2. Pigmentni sastav analiziranih kultivara kupusa (mg/kg)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Kultivar | klorofil A | klorofil B | ukupni klorofili | karotenoidi | antocijani |
| p<0,001 | p<0,001 | p<0,001 | p<0,001 | p<0,001 |
| Bravo F1 | 5,21a | 10,10a | 15,31a | 0,16c | 0,00c |
| Bronco F1 | 1,32d | 2,52d | 3,83d | 0,15d | 0,00c |
| Slava | 4,47b | 8,84b | 13,31b | 0,42a | 4,10c |
| Farao F1 | 1,58c | 3,14c | 4,71c | 0,29b | 0,00c |
| Maesto F1 | 0,00e | 0,00e | 0,00e | 0,00e | 641,45b |
| Primero F1 | 0,00e | 0,00e | 0,00e | 0,00e | 750,71a |

U tablici 2 prikazani su rezultati analize sadržaja istraživanih pigmenata u kultivarima kupusa. Sadržaj ukupnih klorofila i karotenoida utvrđen je u sva četiri kultivara bijelog kupusa, dok u kultivarima crvenog kupusa nije utvrđen njihov sadržaj. Od kultivara bijelog kupusa, ukupni i pojedinačni klorofili u najvećem sadržaju utvrđeni su u kultivaru Bravo F1, a najmanji sadržaj u kultivaru Bronco F1. U kultivaru Slava utvrđen je najveći sadržaj ukupnih karotenoida (0,42 mg/kg), dok je najmanja količina utvrđena kod kultivara Bronco F1 (0,15 mg/kg).

Antocijani su determinirani kod oba kultivara crvenog kupusa i kod jednog kultivara bijelog kupusa. Kultivar Primero F1 (750,71 mg/kg) ima više antocijana od kultivara Maestro F1 (641,71 mg/L). U kultivaru Slava, kultivar bijelih kupusa, analizom je utvrđena količina od 4,10 mg/kg antocijana.

Tablica 3. Sadržaj vitamina C (mg/100g), ukupnih fenola, neflavonoida i flavonoida (mgGAE/100g) u analiziranim kultivarima kupusa

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Kultivar | Vitamin C | Ukupni fenoli | Neflavonoidi | Flavonoidi |
| p<0,001 | p<0,001 | p<0,001 | p<0,001 |
| Bravo F1 | 7,85c | 45,45d | 15,34d | 30,11c |
| Bronco F1 | 7,02c | 24,76e | 4,08f | 20,77d |
| Slava | 18,36b | 60,36c | 25,28c | 35,12b |
| Farao F1 | 7,76c | 24,83e | 9,21e | 15,62e |
| Maesto F1 | 29,46a | 174,38a | 85,16a | 89,23a |
| Primero F1 | 27,53a | 170,53b | 82,01b | 88,52a |

Tablica 3 prikazuje dobivene rezultate sadržaja vitamina C, ukupnih fenola, neflavonoida i flavonoida u istraživanim kultivarima kupusa. Vidljiva je značajna razlika dobivenih vrijednosti između svih analiziranih kultivara kupusa, a raspon vitamina C bio je od 7,02 mg/100g svježe tvari u kultivaru Bronco F1, pa sve do 29,46 mg/100g svježe tvari u kultivaru Maestro F1. Također, iz tablice 3 je vidljivo kako kultivari crvenog kupusa Maestro F1 i Primero F1 sadrže značajno više vitamina C u odnosu na kultivare bijelog kupusa, izuzev kultivara Slava. Sadržaj vitamina C je veći 2,8 puta u kultivarima crvenog kupusa u odnosu na kultivare bijelog kupusa.

Ukupni fenoli u analiziranim kultivarima kupusa varirali su od 24,76 mgGAE/100g svježe tvari u kultivaru Bronco F1, pa do 174,38 mgGAE/100g svježe tvari u kultivaru Maestro F1. Najmanja vrijednost neflavonoida dobivena je u kultivaru Bronco F1 (4,08 mgGAE/100g), a flavonoida u kultivaru Farao F1. Obzirom na najveću količinu ukupnih fenola, očekivano je i najveća količina neflavonoida (85,16 mgGAE/100g) i flavonoida (89,23 mgGAE/100g) dokazana u kultivaru Maestro F1. Kao i kod količine vitamina C, u količini ukupnih fenola između kultivara bijelog i crvenog kupusa, utvrđene su visoko značajne statističke razlike (p<0,001). U kultivarima crvenog kupusa prosječno se nalazi 4,4 puta više ukupnih fenolnih spojeva nego u kultivarima bijelog kupusa. Kultivar Slava se ističe između kultivara bijelog kupusa s najvećim vrijednostima ukupnih fenola, a samim time i neflavonoida i flavonoida.

* 1. Antioksidacijska aktivnost

Graf 1. Antioksidacijska aktivnost (mM Trolox) analiziranih kultivara kupusa

Rezultati antioksidacijske aktivnosti u analiziranim kultivarima kupusa prikazani su u grafu 1. Kultivari bijelog kupusa označeni su zelenom, a kultivari crvenog kupusa ljubičastom bojom. Vidljivo je kako kultivar Bronco F1 (0,14 mM Trolox) pokazuje najmanju, dok kultivari Maestro F1 (2,15 mM Trolox) i Primero F1 (2,14 mM Trolox) značajno veću antioksidacijsku aktivnost. Također, iz grafa 1 je vidljiva značajna razlika između kultivara bijelog i crvenog tipa kupusa. Kultivari crvenog kupusa, u prosjeku, sadrže 3,9 puta veću antioksidacijsku aktivnost u odnosu na kultivare bijelog kupusa. Unutar kultivara bijelog kupusa, prema rezultatima antioksidacijske aktivnosti isticao se kultivar Slava (1,15 mM Trolox).

1. RASPRAVA
   1. Osnovni kemijski sastav kultivara kupusa

Sadržaj suhe tvari neke sirovine predstavlja postotak mase suhe tvari koji je ostao nakon procesa uklanjanja vode iz svježeg uzorka (Smith, 1997). Povrće u prosjeku sadrži 3 do 6,7 % suhe tvari (Katalinić, 2006), a u istraživanjima kemijskog sastava kupusa taj raspon iznosi od 8,1 do 16,3 % (Salo i sur., 2000). Rezultati ovog istraživanja pokazuju da istraživani kultivari kupusa sadrže od 7,43 do 12,42 % suhe tvari, što je u skladu s drugim literaturnim navodima (Salo i sur., 2000). Relativno visoke vrijednosti suhe tvari u istraživanim kultivarima kupusa dokazuju visoku nutritivnu vrijednost kupusa kao povrtne kulture.

Prema Hui i sur. (2010), prosječni udio kiselina u povrću ne prelazi 0,1 do 0,2 %, što su znatno niže vrijednosti nego u voćnim vrstama. U ovom istraživanju, analizom kultivara kupusa, dokazano je da kupus prosječno sadrži 0,07 % ukupnih kiselina što se poklapa s literaturnim navodom (Hui i sur., 2010). Također, rezultatima istraživanja utvrđena je značajna razlika u sadržaju ukupnih kiselina između kultivara bijelog i crvenog kupusa. Kultivari crvenog kupusa u prosjeku sadrže veće vrijednosti ukupnih kiselina (0,09 %) u odnosu na kultivare bijelog kupusa (0,06 %). Naime, kultivari kupusa crvenog obojenja sadržavali su i veće količine vitamina C (askorbinske kiseline), koji je u kemijskom sastavu također pridonio povećanju udjela ukupnih kiselina.

pH vrijednost istraživanih kultivara kupusa utvrđena je u rasponu od 6,05 do 6,42 te je u skladu s dobivenim rezultatima niskog sadržaja ukupnih kiselina (Tablica 1). Navedene pH vrijednosti, dobivene u ovom istraživanju, odgovaraju vrijednostima sličnih istraživanja; Kalač i sur. (2000) navode pH vrijednosti od 6,0, dok Haque i sur. (2006) vrijednosti od 6,40.

Topljiva suha tvar, koja obuhvaća količinu i vrstu šećera, najčešće se određuje jednostavnim metodama koje obuhvaćaju očitanja izravno s uređaja, refraktometra (Hui i sur., 2006). Dobivene vrijednosti topljive suhe tvari u ovom istraživanju su značajno varirale u vrijednostima između istraživanih kultivara kupusa. Prosječna vrijednost topljive suhe tvari za sve istraživane kultivare kupusa iznosila je u prosjeku 7,53 ˚Brix. Obzirom na literaturne navode drugih autora, dobivene vrijednosti topljive suhe tvari u svim istraživanim kultivarima bile su veće od vrijednosti dobivenih u dosadašnjim istraživanjima; Haque i sur. (2006) navode vrijednost od 4,36 ˚Brix, a Žnidarčič i sur. (2007) vrijednosti u rasponu od 5,0 do 5,9 ˚Brix. Obzirom da u navedenim istraživanjima nisu istraživani isti kultivari kupusa, kao u ovom istraživanju, karakteristike pojedinih kultivara bi mogle utjecati na razlike u dobivenim rezultatima u sadržaju topljive suhe tvari.

U ovom istraživanju u kultivarima bijelog kupusa utvrđen je veći omjer sadržaja topljive suhe tvari i ukupnih kiselina (TST/UK) s obzirom na kultivare crvenog kupusa. Osnovni razlog većeg omjera TST/UK u kultivarima bijelog kupusa je manji sadržaj ukupnih kiselina, te značajno variranje sadržaja topljive suhe tvari. Najveća vrijednost omjera TST/UK utvrđena je za kultivar Farao F1 (189,25) koji pripada kultivarima bijelih kupusa. Veće vrijednosti omjera suhe tvari i ukupnih kiselina ukazuju na bolji (ukusniji) okus sirovine (Katalinić, 2006).

* 1. Bioaktivne tvari u kultivarima kupusa

Klorofili su, uz karotenoide i antocijane, najrasprostranjeniji biljni pigmenti u prirodi. Odgovorni su za proces fotosinteze (Gross, 1991). Poznata su dva kemijska oblika klorofila: modro-zeleni klorofil a i žuto-zeleni klorofil b koji se strukturno neznatno razlikuju. Navedeni tipovi klorofila mogu biti pronađeni u većini zelenog povrća poput brokule i kupusa (Fernández-León i sur., 2010). U ovom istraživanju, u sva četiri istraživana kultivara bijelog kupusa (Bravo F1, Bronco F1, Slava i Farao F1), sadržaj ukupnih klorofila bio je u rasponu od 3,83 do 15,31 mg/kg, dok u kultivarima crvenog obojenja nije utvrđen sadržaj klorofila. Prema istraživanju grupe autora Fernández-León i sur. (2010) u bijelom kupusu je utvrđen sadržaj od 2,99 mg klorofila na 100 g svježe tvari. Sadržaj ukupnih klorofila u pojedinoj povrtnoj kulturi pod snažnim je utjecajem uzgojnih uvjeta, kao i općih ekoloških čimbenika (Lichtenthaler i sur., 1982) što je glavni razlog tako širokog raspona sadržaja ukupnih klorofila između pojedinih kultivara kupusa.

Karotenoidi su pigmenti netopivi u vodi, a nositelji su žute, narančaste i crvene boje u voću i povrću (Podsędek, 2005). Dijele se na karotene i ksantofile. U ovom istraživanju, karotenoidi su utvrđeni u sva četiri kultivara bijelog kupusa (Bravo F1, Bronco F1, Slava i Farao F1). Najveće koncentracije karotena se nalaze u biljnim tkivima, koja u prosjeku imaju i veći sadržaj klorofila (Obradović, 2011), što je potvrđeno ovim istraživanjem. Količina karotenoida bila je u rasponu od 0,15 do 0,42 mg/kg, a dobivene vrijednosti poklapaju se s literaturnim podacima (Muller, 1997).

Među flavonoidima, najvažnija grupa biljnih pigmenata su antocijani (Cartea i sur., 2011). Antocijani su vodotopivi pigmenti odgovorni za crvenu, plavu i ljubičastu boju biljnih tkiva (Mazza i Miniati, 1993). Crveni kupus se znatno razlikuje prema količini antocijana u odnosu na druge vrste iz porodice kupusnjača (Wu i sur., 2006). Antocijani pronađeni u crvenom kupusu najčešće imaju cijanidin kao dio aglikona (Arapitsas i sur., 2008; Lin i sur., 2008; Park i sur., 2014). Drugi literaturni izvori navode niži sadržaj antocijana (Wang i sur., 1997) u odnosu na vrijednosti utvrđene ovim istraživanjem kojim je dokazana prisutnost antocijana u kultivarima crvenog kupusa (Maestro F1 i Primero F1) u količini od 641,45 i 750,71 mg/kg. Kultivari bijelog kupusa nisu sadržavali antocijane, izuzev kultivara Slava koji sadrži vrlo malu količinu antocijana od svega 4,10 mg/kg. Kultivar Slava se i prema vanjskim prošaranim zeleno-ljubičastim listovima isticao nad drugim kultivarima bijelog kupusa na čijim listovima je bila vidljiva samo zelena boja. Iz tog razloga, prisutnost sadržaja antocijana u kultivaru Slava je očekivan.

Jedan od glavnih antioksidacijskih spojeva u kupusu je vitamin C. Esencijalan je, vodotopivi nutrijent kojeg ljudsko tijelo ne može proizvesti već ga se mora unositi putem hrane (Kastner, 2003). Glavna posljedica nedostatka vitamina C u ljudskom organizmu je pojava bolesti skorbut, koja je poznata i istraživana već dugi niz godina (Davies i sur., 1991). Sveprisutan je, a najviše se nalazi u svježem voću i povrću. Rezultati ovog istraživanja utvrdili su sadržaj vitamina C u kultivarima bijelog kupusa prosječne vrijednosti 10,25 mg/100g svježe tvari. Drugi literaturni izvori navode oprečne vrijednosti sadržaja vitamina C (Singh i sur., 2006; Park i sur., 2014), a glavni razlog tome su razlike u karakteristikama kultivara i različitim ekološkim čimbenicima tijekom uzgoja kupusa. U ovom istraživanju, kultivari crvenog kupusa (Maestro F1, Primero F1) imaju veći sadržaj vitamina C (prosječne vrijednosti od 28,50 mg/100g svježe tvari) obzirom na kultivare bijelog kupusa (prosječne vrijednosti od 10,25 mg/100g svježe tvari). Vrijednosti sadržaja vitamina C u crvenom kupusu dobivene u ovom istraživanju poklapaju se s literaturnim navodima drugih autora (Park i sur., 2014; Singh i sur., 2007).

Fenolni spojevi su, uz vitamin C, najvažniji antioksidansi u vrstama roda *Brassica* (Podsedek, 2005). Fenoli su grupa fitokemikalija koja je široko rasprostranjena u carstvu biljaka (Cartea i sur., 2010). Biljni fenoli su višenamjenski, odnosno imaju različite biološke aktivnosti, osim što djeluju kao reducenti (Rice-Evans i sur., 1996; Hui i sur., 2006; Ignati i sur., 2011). Zaštitna uloga fenolnih spojeva u voću i povrću temelji se na njihovoj mogućnosti sparivanja elektrona slobodnog radikala, kelatnog vezanja iona prijelaznih kovina, aktiviranja antioksidacijskih enzima i inhibiranja oksidaza (Hui i sur., 2006). Sadržaj ukupnih fenolnih spojeva u ovom istraživanju za kultivare bijelog kupusa bio je u rasponu od 24,76 do 60,36 mgGAE/100g svježe tvari, dok u kultivarima crvenog kupusa od 170,53 do 174,38 mgGAE/100g svježe tvari. Istraživanja drugih autora također su pokazala da kultivari crvenog kupusa sadrže više ukupnih fenolnih spojeva od kultivara bijelog kupusa (Leja i sur., 2010). Prema Singh i sur. (2006), rezultati ukupnih fenola u kultivarima bijelog kupusa bili su u rasponu od 12,58 do 34,41 mg/100g svježe tvari, što odgovara rezultatima ovog istraživanja.

Flavonoidi spadaju u skupinu najčešćih i široko rasprostranjenih biljnih fenola (Jahangir, 2009). Redovita konzumacija flavonoida može smanjiti rizik od koronarne bolesti srca (Hertog i sur. 1993). Neflavonoidi su prema kemijskoj strukturi jednostavniji od flavonoida (Du Toit i sur., 2006). Neki neflavonoidi su pokazali djelotvoran učinak na kardiovaskularni sustav (Penumathsa i Maulik, 2009). U ovom istraživanju, očekivano, kultivari crvenog kupusa s obzirom na veliku količinu ukupnih fenolnih spojeva, imaju i značajno veću količinu flavonoida i neflavonoida. Leja i sur. (2010) analizom su utvrdili raspon flavonoida od 8,3 do 8,8 mg/100g svježe tvari za kultivare bijelog kupusa, a 23,3 do 55,0 mg/100g svježe tvari za kultivare crvenog kupusa. Ovim istraživanjem dobivene su značajno veće vrijednosti flavonoida: za kultivare bijelog kupusa u rasponu od 15,62 do 35,12 mg/100g, a za kultivare crvenog kupusa u rasponu od 88,52 i 89,23 mg/100g. Sukladno tome, dobivene vrijednosti neflavonoida su također veće u ovom istraživanju.

Rezultati ovog istraživanja pokazali su da su istraživani kultivari kupusa, a posebno kultivari crvenog kupusa, s obzirom na sastav fenolnih spojeva nutritivno vrlo bogati.

* 1. Antioksidacijska aktivnost

Antioksidansi su ključni za zdravlje ljudskog organizma. Istraživanja su pokazala kako antioksidansi, poput vitamina C, karotenoida, fenolnih kiselina, antocijana i slično, pozitivno utječu na ljudsko zdravlje. Oni predstavljaju inhibitore oksidacijskih procesa u organizmu koji mogu dovesti do razvoja kroničnih bolesti, poput raka ili bolesti krvožilnog sustava (Prakash i sur., 2001). Vrste roda *Brassica* su veoma hranjive i sadrže djelotvorne fitokemikalije za ljudsko zdravlje poput vitamina, karotenoida, vlakna, topljivih šećera, minerala, glukozinolata i fenolnih spojeva (Jahangir, 2009).

Antioksidacijska aktivnost unutar porodice kupusnjača je u korelaciji sa sadržajem vitamina C, ukupnih fenola, antocijana i karotena (Hounsome i sur., 2009), dok varijacije u antioksidacijskoj aktivnosti unutar ove porodice mogu biti uzrokovane mnogim čimbenicima: razlikama u kultivarima, stanju zrelosti, načinu uzgoja, stanju supstrata i uvjetima skladištenja (Jeffery i sur., 2003, Kurilich i sur, 1999). S obzirom na visoku antioksidacijsku i antimikrobnu aktivnost (Roy i sur., 2007), kupus ima očita antikancerogena svojstva i svojstva zaštite kardiovaskularnog sustava (Fowke i sur. 2003; Beecher, 1994).

Rezultati određivanja antioksidacijske aktivnosti u sklopu ovog istraživanja pokazuju statistički značajnu razliku između kultivara crvenog i bijelog kupusa. Vrijednosti antioksidacijske aktivnosti utvrđene kod kultivara crvenog kupusa prosječno iznose 2,15 mM Trolox, dok su kod kultivara bijelog kupusa te vrijednosti značajno manje. Srednja prosječna vrijednost antioksidacijske aktivnosti kultivara bijelog kupusa iznosi 0,56 mM Trolox, uz napomenu kako je kod kultivara Slava vrijednost značajno veća od ostalih kultivara bijelog kupusa. Kultivar Slava je ujedno imao značajno veći sadržaj vitamina C i fenolnih spojeva, što je razlog i najvećoj utvrđenoj antioksidacijskoj aktivnosti s obzirom na ostale kultivare bijelog kupusa.

Statistički značajna razlika utvrđene antioksidacijske aktivnosti između kultivara bijelog i crvenog kupusa očekivana je s obzirom na utvrđeni sadržaj vitamina C i fenolnih spojeva čije su vrijednosti znatno veće u kultivarima crvenog kupusa s obzirom na kultivare bijelog kupusa. Također, kultivari crvenog kupusa sadrže velike količine antocijana, koji su vrlo važni antioksidansi, za razliku od kultivara bijelog kupusa koji ih ne sadrže. Rezultati ovog istraživanja slični su ostalim istraživanjima antioksidacijske aktivnosti kupusa (Kusznierewicz i sur., 2008; Šamec i sur., 2011). Izbor metode određivanja antioksidacijske aktivnosti može biti razlog odstupanja rezultata s obzirom na druga istraživanja (Azuma i sur., 1996; Cao i sur., 1999; Kurilich i sur., 2002).

1. ZAKLJUČCI

Na osnovu rezultata ovog istraživanja, zaključci su sljedeći:

1. Svi kultivari kupusa su se značajno statistički razlikovali prema osnovnom kemijskom sastavu, što dokazuje veliku varijabilnost između kultivara povrtne kulture kupusa.

2. Od istraživanih pigmentnih spojeva, klorofili su prevladavali u kultivarima bijelog kupusa, a antocijani u kultivarima crvenog kupusa.

3. Veći sadržaj vitamina C, ukupnih fenola, neflavonoida i flavonoida je utvrđen u kultivarima crvenog kupusa u usporedbi s rezultatima analize kultivara bijelog kupusa.

4. Antioksidacijska aktivnost je približno 4 puta veća u kultivarima crvenog kupusa, što potvrđuje povezanost sadržaja vitamina C i fenolnih spojeva s antioksidacijskom aktivnosti. Također, kultivari crvenog kupusa sadrže antocijane koji su snažni antioksidansi, dok ih kultivari bijelog kupusa ne sadrže.

5. Prema visokom sadržaju istraživanih bioaktivnih spojeva između kultivara bijelog kupusa istaknuo se kultivar Slava, dok su oba istraživana kultivara crvenog kupusa (Primero F1 i Maestro F1) imali značajno veći sadržaj istraživanih bioaktivnih spojeva.

6. Kupus obiluje bioaktivnim tvarima, što potvrđuju rezultati ove analize. Iz tog razloga, nije neočekivana njegova sve veća popularnost konzumiranja u dijetalnoj prehrani posljednjih godina.

1. ZAHVALA

Hvala mentorici izv. prof. dr. sc. Sandri Voća na pomoći, podršci, korisnim savjetima i na uloženom vremenu prilikom izrade ovoga rada. Veliko hvala znanstvenoj novakinji Jani Šic Žlabur, prof. biol. i kem. na susretljivosti, ustupljenim materijalima, pomoći i savjetima tijekom izvođenja analiza te na strpljivosti pri odgovaranju na mnoga postavljena pitanja.

Hvala svim djelatnicima laboratorija Zavoda za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, na pomoći i podršci pri izvođenju analiza.

Na kraju, srdačno hvala svima koji su pomogli i podržavali izradu ovoga rada.

1. POPIS LITERATURE

Amerine, M.A., Ough, C.S. (1980). Methods for Analysis of Musts and Wines. John Wiley and Sons, New York, USA 187-188, 192-194.

AOAC (1995). Official methods of Analysis (16th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

AOAC (2002). Official methods of Analysis (17th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

Arapitsas, P., Shöberg, J.R., Turner, C. (2008). Characterisation of anthocyanins in red cabbage using high resolution liquid chromatography coupled with photodiode array detection and electrospray ionization-linear ion trap mass spectrometry. Elsevier, 109: 219-226.

Azuma, K., Ippoushi, K., Ito, H., Higashio, H., Terao, J. (1999). Evaluation of antioxidative activity of vegetable extracts in linoleic acid emulsion and phospholipid bilayers. Journal of the Science of Food and Agriculture, 79(14), 2010-2016.

Beecher, C.W. (1994). Cancer preventive properties of varieties of *Brassica oleracea*. A review. A American Journal od Clinical Nutrition, 59:1166-1170.

Cao, G., Sofic, E., Prior, R. L. (1996), Antioxidant capacity of tea and common vegetables. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 44.11: 3426-3431.

Cartea, M.E., Francisco, M., Soengas, P., Velasco, P. (2011). Phenolic Compounds in Brassica Vegetables. Molecules, 16: 251-280.

Davies, M.B., Autin, J., Partridge, D.A. (1991). Vitamin C: Its Chemistry and Biochemistry. The Royal Society of Chemistry, Cambrige.

Du Toit, W. J., Marais, J., Pretorius, I. S., Du Toit, M. (2006). Oxygen in Must and Wine: A review. South African Journal of Enology & Viticulture, 27(1).

Elsoms Seed Ltd (2013) Elsoms The Seed Specialist - Vegetable Seed Catalouge 2013/2014. < http://www.elsoms.com/assets/downloads/ELSOMS-CATALOGUE.pdf >. Pristupljeno: 15. ožujka 2014.

FAOSTAT. On-line and multilingual database currently covering international statistics. <<http://faostat.fao.org/>>. Pristupljeno: 15.3.2014.

Fernández-León, M.F., Lazano, M., Ayuso, M.C., Fernández- León, A.M., González-Gómez, D. (2010). Fast and accurate alternative UV-chemometric method for the determination of chlorophyll A and B in broccoli (*Brassica oleracea* Italica) and cabbage (*Brassica oleracea* Sabauda) plants. Journal of Food Composition and Analysis, 23: 809-813.

Fowke, J.H., Chung, F.L., Jin, F., Qi, D., Cai. Q., Conaway, C., Cheng, J.R., Shu, X.O. Gao, Y.T., Zheng, W. (2003). Urinary isothiocyanate leaves, Brassica, and human breast cacncer. Cancer Research, 63: 3980-3986.

Gross, J. (1991). Pigment sin vegatables: Chlorophylls and Carotenoides. Van Nostrand Renhold, New York

Gungard, J., Nielsen, J.N., Olsen, J., Sorensen, J. (2003). Increased intake of fruit and vegetables: Estimation of impact in terms of life expectancy and helthcare costs. Public Health Nutrition, 6: 25-30.

Haque, K. M. F., Jahangir, A. A., Haque, M. E., Mondal, R. K., Jahanb, M. A. A., Sarkerb, M. A. M. (2006). Yield and Nutritional Quality of Cabbage as Affected by Nitrogen and Phosphorus Fertilization. Bangladesh J. Sci. Ind., 41(1-2), 41-46.

Hertog, M. G., Feskens, E. J., Kromhout, D., Hertog, M. G. L., Hollman, P. C. H., Hertog, M. G. L., Katan, M. B. (1993). Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphen Elderly Study. The Lancet, 342, 1007-1011.

Holm, G.(1954). Chlorophyll mutations in barley.Acta. Agr.Scand., 4: 457-471.

Hounsome, N., Hounsome, B., Tomos, D., Edwards-Jones, G. (2009). Changes in antioxidant compounds in white cabbage during winter storage. Postharvest Biology and Tehnology, 52(2):173-179.

Hui, Y.H., Chen, F., Nollet, L.M.L. (2010). Handbook of Fruit and Vegetable Flavors. John Wiley & Sons, 754-775.

Hui, Y.H., Castell-Perez, E., Cunha, L. M., Guerro-Legarreta, I., Liang, H. H., Lo, Y. M., Marshall, D. L., Nip, W. K., Shahidi F., Sherkat, F., Winger, R., J., Yam, K., L. (2006). Handbook of food science, technology, and engineering. CRC press, Chapter 140.

Ignat, I., Volf, I., Popa, V.I. (2011). A cricital review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. Food Chemistry, 126: 1821-1835.

Jahangir, M., Kim, H.K., Choi, Y.H., Vepoorte, R. (2009). Health-Affecting Compounds in Brassicaceae. Comprehensive reviewsin Food Science and Food Safety, 8:31-43.

Jeffery, E.H., Brown, A.F., Kurilich, A.C., Keek, A.S., Natushenski, N., Klein, B.P. (2003). Variation in content of bioactive components in brocolli – study review. Journal of Food Composition and Analysis, 16: 323-330.

Kalač, P., Špička, J., Križek, M., Pelikanova, T. (2000). Changes in biogenic amine concentrations during sauerkraut storage. Food Chemistry, 69: 309-314.

Kastner, U. (2003). Vitamin C- seminar paper. Grin, Njemačka.

Katalinić, V. (2006). Kemija mediteranskog voća i tehnologija prerade. Kemijsko-tehnološki fakultet, Split.

Kris-Etherton, P.M, Hecker, K.D., Bonanome, A., Coval, S.M., Binkoski, A.E., Hilpert K.F., Griel, A., Etherton, T. (2002). Bioactive compounds in foods: their role int he prevention of cardiovascular disease an cancer. The American Journal of Medicine. 113: 71-88.

Kurilich, A. C., Jeffery, E. H., Juvik, J. A., Wallig, M. A., Klein, B. P. (2002). Antioxidant capacity of different broccoli (Brassica oleracea) genotypes using the oxygen radical absorbance capacity (ORAC) assay. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50(18): 5053-5057.

Kurilich, A.C, Tsau, G.J., Brown, A., Howard, L., Klein, B.P., Jeffery, E.H., Kushad, M., Wallig, M.A., Juvik, J.A. (1999). Carotene, Tocopherol and Ascorbate Contents in Subspecies od *Brassica oleracea*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47(4): 1576-1581.

Kusznierewicz, B., Bartoszek, A., Wolska, L., Drzewiecki, J., Gorinstein, S., Namiesnik, J. (2008). Partial characterization of white cabbages (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *alba*) from different regions by glucosinolates, bioactive compounds, total antioxidant acitities and proteines. Elsevier, 41: 1-9.

Lancaster, J.E., Lister, C.E., Reay, P.F., Triggs, C.M. (1997). Influence of Pigment Composition on Skin Color in a Wide Range of Fruit and Vegetables. Journal of the American Society for Horticultural Science, 122: 594-598.

Law, M.R., Morris, J.K. (1998). By how much does fruit and vegetable consumption reduce the risk of ischemic heart disease?. Europian Journal of Clinical Nutrition, 52: 549-556.

Lee, S.K., Kader, A.A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Elsevier, 20: 207-220.

Leja, M., Karaminska, I., Kolton, A. (2010). Phenolic compounds as the majos antioxidants in red cabbage. Folia Horticulturae, 22/1: 19-24.

Lešić, R., Borošić, J., Butorac, I., Herak-Ćustić, M., Poljak, M., Romić, D. (2004). Povrćarstvo. Zrinski, Čakovec.

Lichtenthaler, H.K., Kuhn, G., Prenzel, U., Buchmann, C., Meier, D. (1982). Adaption of chloroplast-ultrastructur and chlorophyll-protein leaves to high light and low light growth conditions. Zeitschrift für Naturforschung-Section C: Biosciences 37C: 464-475.

Lin, J-Y., Li, C-Y., Hwang, I-F. (2008). Characterisation of pigment components in red cabbage (*Brassica oleracea* L. var.) juice and their anti-inflammatory effects on LPS-stimulated murine splenocytes. Food Chemistry, 109: 771-781.

Martín-Belloso, O., Soliva Fortuny, R. (2011). Advances in Fresh-Cut Fruits and Vegetables Processing. CRC Press, Boca Raton.

Matotan, Z. (2004). Suvremena proizvodnja povrća. Nakladni zavod Globus, Zagreb.

Mazza, G., Miniati, E. (1993). Anthocyanins in fruits, vegetables, and grains. CRC Press, Boca Raton.

Muller, H. (1997). Determination oft he carotenoid content in selected vegetables and fruit by HPLC and photodoide array detection. Zeitschrift für Lebensmittel, 204: 88-94.

Naidu, K.A. (2003). Vitamin C in human health and disease is still a mystery? An overview. Nutrition Journal, 2-7.

Nickerson-Zwaan (2011). White Cabbage – Bravo F1. <<http://www.nickerson-zwaan.com/site/874F16FEC0859498C125796600307F57/$FILE/Product%20leaflet%20cabbage%20Bravo%20F1_2011_South%20Africa_LR.pdf>>. Pristupljeno: 14. ožujka 2014.

Nobel, P.S. (2005). Physicochemical and Environmental Plant Psysiology, 3rd edition. Dana Elsevier Academic Press, Burlington.

Obradović, V. (2011). Tehnologija konzerviranja i prerade voća i povrća – interna skripta. Veleučilište u Požegi, Požega.

Packer, L., Traber, M.G., Kraemer, K., Frei, B. (2002). The Abtioxidant Vitamin C and E., AOCS Press, USA.

Prakash, A., Rigelhof F., Miller, E. (2001). Antioxidant activity. Medallion Laboratories Analytical Progress 19.2, 1-4.

Park, S., Valan Arasu, M., Lee, M-K., Chun, J-H., Min Seo, J., Lee, S-W., Abdulah Al-Dhabi, N., Kim, S-J. (2014). Quantification of glucosinolates, anthocyanins, free amino acids, and vitamin C in inbred lines of cabbage (*Brassica oleracea* L.). Food Chemistry, 145: 77-85.

Penumathsa, S. V., Maulik, N. (2009). Resveratrol: a promising agent in promoting cardioprotection against coronary heart disease. Canadian journal of physiology and pharmacology, 87(4), 275-286.

Podsędek, A. (2005). Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables. LWT – Food Science and Technology, 40: 1-11.

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C. A. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Rad. Biol. Med. 26: 1231-1237.

Roy, M.K., Takenaka, M., Isobe, S., Tsushida, T. (2007). Antioxidant potential, antiproliferative acitities, and phenolic content in water-soluble fractions of some commonly consumed vegetables: effects of thermal treatment. Food Chemistry, 103: 106-114.

Rice-Evans, C., Miller, N., Paganga, G. (1997). Antioxidant properties of phenolic compounds. Science Direct, 2: 152-159.

Salo, T., Suojala, T., & Kallela, M. (2000). The effect of fertigation on yield and nutrient uptake of cabbage, carrot and onion. Workshop Towards and Ecologically Sound Fertilisation in Field Vegetable Production, 571: 235-241.

SAS/STAT (2010). ver. 9.3., SAS Institute, Cary, NC, USA.

Singh, J., Upadhyay, A.K., Bahadur. A., Singh, B., Singh, K.P., Rai, M. (2006). Antioxidant phytochemicals in cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*). Scientia Horticulturae, 108: 233-237.

Singh, J., Upadhyay, A.K., Prasad, K., Bahadur. A., Rai, M. (2007). Variability of charotenes, vitamin C, E and phenolics in *Brassica* vegetables. Journal of Food Composition and Analysis, 20: 106-112.

Singleton, V.L., Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phoshomolybdic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 16:144-158.

Smith, D.S., Cash, J.N., Nip, W.K., Hui, Y.H. (1997). Processing vegetables: Science and Technology. Techonomic Publishing AG, Switzerland.

Šamec, S., Piljac-Žegarac, J., Bogović, M., Habjanič, K., Grúz, J. (2011). Antioxidant potency of white (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*) and Chinese (*Brassica rapa* L. var. *pekinensis* (Lour.)) cabbage: The influence of development stage, cultivar choice and seed selection. Scientia Horticulturae, 128: 78-83.

Temple, N.J. (2000). Antioxidants and disease: More questions than answers. Elsevier, 20: 449-459.

Wang, H., Cao, G., Prior, R.L. (1997). Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. Journal od Agriculture and Food Chemistry, 45: 304-309.

Wettstein, D.(1957). Chlorophyll letale und der submikroskopische Formwechsel der Plastiden.Exp. Cell Res.,12:427–434.

Wu, X., Beecher, G.R., Holden, J.M., Haytowitz, D.B., Gebhardt, S.E., Prior, R.L. (2006). Concentrations of anthocyanins in common foods in United States and estimation of normal consumption. Journal od Agriculture and Food Chemistry, 54: 4069-4075.

Žnidarčič, D., Kacjan-Maršić, N., Osvald, J., Požrl, T., Trdan, S. (2007). Yield and quality of early cabbage (Brassica oleracea L. var. capitata) in response to within-row plant spacing. Acta agriculturae Slovenica, 89: 15-23.

1. SAŽETAK

Matea Filipović: “Analiza pigmenata, bioaktivnih spojeva i antioksidacijske aktivnosti u bijelim i crvenim kultivarima kupusa”

Korištenje kupusa u tradicionalnoj medicini zbog njegovog antiupalnog i antibakterijskog djelovanja i sve češće konzumiranje u dijetalnoj prehrani povezano je s bioaktivnim tvarima i antioksidansima koje sadrži. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi količinu bioaktivnih spojeva i antioksidansa, te temeljne razlike kemijskog sastava u uzorcima od šest kultivara kupusa. Analizom nutritivnog sastava istraživanih kultivara kupusa utvrđene su značajne razlike svih analiziranih parametara. Prema rezultatima pigmentnog sastava, kultivari bijelog kupusa sadržavali su klorofile, a kultivari crvenog kupusa antocijane. Više bioaktivnih tvari i značajno veća antioksidacijska aktivnost dokazana je u kultivarima crvenog kupusa u usporedbi s kultivarima bijelog kupusa.

Ključne riječi: kultivari kupusa, bioaktivni spojevi, antioksidansi, pigmenti, kemijski sastav

1. SUMMARY

Matea Filipović: “The analysis of pigments, bioactive compounds and antioxidant activity in white and red cabbage cultivars”

Use of cabbage in traditional medicine for its anti-inflammatory and antibacterial effects and its increasing use in dietary nutrition has been associated with bioactive compounds and antioxidants that are contained within. The aim of this study was to determine the amount of bioactive compounds and antioxidants, as well as basic difference in chemical composition in samples of six cabbage cultivars. The analysis of the nutritional composition of the studied cultivars showed highly significant differences of all analyzed parameters. In view of pigment composition, white cabbage cultivars contained chlorophyll, and red cabbage cultivars contained anthocyans. Study shows that red cabbage cultivars contain more bioactive compounds and have significantly higher antioxidant activity than white cabbage cultivars.

Key words: cabbage cultivars, bioactive compounds, antioxidants, pigments, chemical composition

1. ŽIVOTOPIS

Matea Filipović rođena je 23. rujna 1990. godine u Zagrebu. Osnovnu naobrazbu stekla je u Osnovnoj školi Sveta Nedelja, a prirodoslovno-matematičku V. gimnaziju završila je u Zagrebu. Preddiplomski (Bs) studij *Hortikulture* na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, upisala je akad. god. 2009./2010., a diplomski (Ms) studij *Hortikultura – povrćarstvo* akad. god 2012./2013. na istoimenom fakultetu. Nagrađena je dekanovom pohvalnicom i medaljom za uspjeh (10% najuspješnijih studenata) na preddiplomskom studiju. Studentica je iznimno zainteresirana za suvremenu proizvodnju povrća i trenutno radi na stručnom projektu koji proučava akvaponski uzgoj lisnatog povrća, kao i za nutritivnu kvalitetu proizvedenog povrća pa će diplomski rad biti izrađen u tom smjeru.