https://doi.org/10.63356/stes.bioagro.2026.002 УДК 615.322:582.970.1

KOMPARATIVNA SPEKTROFOTOMETRIJSKA STUDIJA BIOAKTIVNIH JEDINJENJA U RAZLIČITIM MORFOLOŠKIM DIJELOVIMA CRNE ZOVE (*Sambucus nigra* L.)

Autor: JELENA PETRUŠIĆ
e-mail: jelena.petrusic@student.sf.unibl.org
Mentor: prof. dr Željka Marjanović Balaban
Šumarski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci

Uvod: Evropska crna zova (*Sambucus nigra* L.) je ljekoviti žbun prepoznatljiv po bijelim cvjetovima i tamnoljubičastim/crnim bobicama. Najvažniju grupu bioaktivnih jedinjenja u zovi čine fenoli koji su prisutni u relativno visokoj koncentraciji i poznati po svojoj antioksidativnoj aktivnosti. Zova se dugo vremena koristi u narodnoj medicini, a posljednjih godina utvrđeno je da ima i antibakterijska, antivirusna, antitumorska i hipoglikemijska svojstva, te da smanjuje koncentraciju tjelesne masti i lipida. Zova se danas prvenstveno koristi u prehrambenoj i farmaceutskoj industriji.

Cilj: Cilj ove studije bio je određivanje sadržaja proteina, ukupnih fenola i udjela flavonoida u ukupnim fenolima u suvom i zamrznutom biljnom materijalu crne zove.

Materijal i metode: Za potrebe istraživanja korišćeni su cvjetovi i plodovi crne zove. Biljni materijal sakupljen je sa lokaliteta na padinama planine Kozara, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina. Sadržaj proteina, ukupnih fenola i udjela flavonoida u ukupnim fenolima određen je UV-VIS spektrofotometrom.

Rezultati: Vrijednosti za proteine kreću se u granicama od 5,7655 mg/gFW do 155,9551 mg/gDW, a za ukupne fenole od 6,1974 mg/gFW do 72,5925 mg/gDW. Procentualni udio flavonoida se kreće od 71,88% do 90,53%, što potvrđuje snažno biološko dejstvo ispitane sirovine.

Zaključak: Najveći sadržaj proteina utvrđen je u suvom cvijetu zove, a suvi plod je najbogatiji ukupnim fenolima i flavonoidima. Rezultati pokazuju da je zova sa navedenog lokaliteta bogata i proteinima i ukupnim fenolima.

Ključne riječi: *Sambucus nigra* L.; cvijet; plod; proteini; ukupni fenoli

UVOD

Zova (*Sambucus nigra* L.) je samonikli listopadni grm ili manje drvo, koje raste do 5 metara, dok starija stabla mogu dostići visinu i do 10 metara. Grane ove biljke su ispunjene bijelom srži, pa otuda i naziv *Sambucus*, od grčke riječi *sambuke* ili latinske *sambuca*, koja označava flautu izrađenu od grane zove. Cvjetovi su sitni, mliječnobijeli, jakog mirisa, udruženi u cvasti slične štitu kao što je prikazano na Slici br. 1. Plodovi su sitne, zelene, a kada su zreli, tamnoljubičaste bobice, koje sadrže crvenomodri sok (Slika br. 2). Zova cvjeta u periodu od maja do juna mjeseca [1]. Cvjetovi se beru po lijepom vremenu dok nisu potpuno precvjetali, nanižu se na konac i suše na blagom propuhu. S obzirom na to da cvjetovi lako buđaju, potrebno ih je zaštititi od vlage. Zreli plodovi se beru u septembru. Ova vrsta je medonosna, sadrži polen i nektar [2].



Slika br. 1. *Sambuci flos* – cvijet zove
(Foto: Petrušić J, 2026)



Slika br. 2. *Sambuci fructus* – plod zove
(Foto: Petrušić J, 2026)

Taksonomija crne zove :

- Carstvo: *Plantae*
- Razdio: *Tracheophyta*
- Klasa: *Magnoliopsida*
- Red: *Dipsacales*
- Porodica: *Adoxaceae*
- Rod: *Sambucus*
- Vrsta: *Sambucus nigra* L. [1].

Zova danas pripada porodici *Adoxaceae*, što je utvrđeno na osnovu genetičkih eksperimenata, iako se u naučnim radovima i starijoj literaturi može naći i da pripada porodici *Caprifoliaceae* [1].

Narodni naziv *Sambucus nigra* je crna zova ili crna bazga i na prostoru Balkanskog poluostrva ovo je autohtona vrsta [2]. Njen areal je srednjeevropski [3]. Može da raste na nadmorskoj visini i od 1200 metara. Za pogodan rast zove potrebno je plodno humusno i vlažno zemljište bogato azotom, pa se može naći na poljima, u šikarama, na obalama rijeka i u svjetlijim šumama [1].

Cvijet zove posjeduje izražen muskatni miris, a može se jesti sirov ili kuvan. Zovina bobica ima blago kiselkast, kiseo ili malo sladak ukus, u zavisnosti od zrelosti, sa primjesama gorčine i cvjetne note. Treba se konzumirati nakon kuvanja, jer je blago otrovna. Različiti dijelovi biljaka mogu se koristiti za pripremu napitaka, likera i začina za hranu [4]. Najčešće korišćeni dio *Sambucus nigra* je plod, koji se koristi za pravljenje džemova, želea, sokova, sirupa i drugih napitaka (vina) [5]. Cvijeće se može koristiti za pravljenje čajeva i likera. Listovi, korijen, stabljike i (svježa) kora, iako se koriste u nekim kulturama,

smatraju se toksičnim zbog cijanogenih glikozida i alkaloida i ne bi trebalo da se smatraju bezbjednim za pripremu pića i proizvodnju alkohola [6].

Ljekovita svojstva divljih biljaka odavno su poznata čovjeku, a sakupljanje samoniklog ljekovitog i aromatičnog bilja sastavni je dio aktivnosti i izvor prihoda mnogih seoskih domaćinstava, naročito u brdsko-planinskim područjima [2]. Posebno interesovanje kod ljudi oduvijek su pobuđivale biljne vrste sa ljekovitim svojstvima i hranljivom vrijednošću, te su još od nastanka prvih civilizacija ove biljke bile pažljivo odabirane, sakupljane i proučavane. U posljednje vrijeme čovjek se sve više vraća prirodi i alternativnoj medicini pa se interesovanje za ljekovito bilje povećava. Sa aspekta ljekovitosti pojedinih predstavnika biljnog svijeta, od vitalnog značaja su prije svega hemijski aktivne supstance koje su u njima prisutne, a koje uglavnom predstavljaju sekundarne produkte metabolizma. Biljke u svojim vegetativnim (korijen, stablo, list) i reproduktivnim (cvijet, plod, sjeme) organima sadrže najznačajnije sekundarne metabolite [2].

Fitohemijski sastav zove zavisi od različitih faktora, kao što su: vrsta, stepen zrelosti, ekološki i klimatski uslovi, kao i sastav zemljišta na kome biljka raste [1].

Sambucus nigra se vijekovima koristi u medicinske svrhe [1]. Cvjetovi, bobice, listovi i kora su korišteni u različitim tradicionalnim medicinama za ublažavanje bola i liječenje raznih stanja, kao što su respiratorne infekcije, probavni problemi, kožne bolesti i upale. Ovaj širok spektar upotrebe i brojni efekti pripisuju se njegovom bogatom fitohemijskom sastavu, što potvrđuju radovi o biohemijskom sastavu različitih dijelova biljke (cvjetova, bobica i listova) [7–9], mogućim zdravstvenim koristima [10] i potencijalnoj upotrebi u liječenju raznih bolesti [11]. Danas se *Sambucus nigra*, pored povećanog opšteg interesovanja za upotrebu kao funkcionalne hrane, cijeni i u kontekstu upravljanja divljim životinjama i staništima. Za razliku od značajnog napretka napravljenog kod drugih stabala tokom prošlog vijeka, kao što su razvoj podloga, unošenje osobina otpornosti na bolesti i štetočine, poboljšanje kvaliteta plodova i produženje perioda rasta, sistematski napori u oplemenjivanju *Sambucus nigra* su bili vrlo ograničeni, pa se kao prioritet u istraživačkim pravcima predlaže proučavanje potencijala zove u poljoprivredi, njene genetske raznolikosti i oplemenjivanja [12].

MATERIJAL I METODE

Biljni materijal

Sadržaj ukupnih proteina, fenola i flavonoida određivan je u cvijetu (C), plodu (P) i termički tretiranom plodu (PT) evropske crne zove (*Sambucus nigra* L.). Cvijet je ubran u maju mjesecu, a plod u drugoj polovini jula mjeseca 2026. godine na južnim obroncima planine Kozare, u šumovitom predjelu, na nadmorskoj visini od oko 500m, region Velikog Palančišta (Lat. 45.0158, Long. 16.7364), koji se nalazi u sjeverozapadnom dijelu Bosne i Hercegovine, u sastavu grada Prijedora. Botanička identifikacija vrste potvrđena je korišćenjem florističke literature [13]. Nakon berbe biljni materijal je odmah transportovan u laboratoriju Šumarskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci. Jedan dio svježeg biljnog materijala je odmah sprašen tečnim azotom temperature -196°C uz pomoć avana i tučka, kao što je prikazano na Slici br. 3. i čuvan je u aluminijumskim folijama na temperaturi od -20°C do daljih analiza. Drugi dio biljnog materijala je osušen na način da su cvjetovi i plodovi pažljivo odvojeni od debljih zelenih stabljika. Proces sušenja se odvijao na tamnom, uz prisustvo ventilacije, na temperaturi do 30°C za cvijet, a 55°C za plod u trajanju od 48h. Uzorak suvog cvijeta zove prikazan je na Slici br. 4, a suvog ploda na Slici br. 5. Nakon sušenja uzorci su čuvani u tamnim bocama na hladnom do daljih analiza. Dio biljnog materijala ploda zove se, prije navedenog, termički tretirao kuhanjem u ključaloj

vodi u trajanju od 10 minuta sa ciljem potpune inaktivacije toksičnih cijanogenih glikozida. Nakon termičke obrade je odmah hlađen uranjanjem posude u led čime se termički proces trenutno zaustavljao.



Slika br. 3. Sprašivanje biljnog uzorka tečnim azotom (Foto: Petrušić J, 2026)



Slika 4. Uzorak suvog cvijeta *Sambucus nigra* (Foto: Petrušić J, 2026)



Slika br. 5. Uzorak suvog ploda *Sambucus nigra* (Foto: Petrušić J., 2026)

Ukupan sadržaj proteina

Svježi i suvi cvijet zove kao i svježi, suvi i termički tretirani plod zove su korišćeni i za proteinske i za fenolne analize. Proteini su ekstrahovani iz 0,2 gFW/gDW (gram svježe mase/gram suve mase) uzorka korišćenjem 3 mL 0,1 mM natrijum fosfatnog pufera (pH 6,4) koji sadrži 1 mM fenilmetilsulfonil fluorid (PMSF), 0,02% polioksietilen sorbitol estar (TWEEN) i 1% polivinilpirolidon (PVP). Smjesa je centrifugirana (mikrocentrifuga sa hlađenjem LACE-LION, COLO LabExperts, Slovenia, EU) na 10 000 rpm tokom 10 minuta na 8°C. Supernatant koji sadrži rastvorljive proteine prikupljen je za dalju analizu. Ukupan sadržaj proteina je kvantifikovan korišćenjem metode Lowry i sar. (1951) sa govođim serumskim albuminom kao standardom (BSA) [14]. Apsorpcija je mjerena na 550 nm korišćenjem UV-VIS spektrofotometra (ONDA UV-21 spektrofotometar, Giorgio Bormac SRL, Italija) na sobnoj temperaturi, a rezultati su izraženi kao mg/g FW i mg/g DW.

Ukupan sadržaj fenola

Ukupan sadržaj fenola je određen metodom Singleton i Rossi (1965) [15] i Popović i sar. (2020) [16]. Biljno tkivo (0,25 g) je pomiješano sa 2 ml etanola, inkubirano na 37°C tokom 60 minuta (vorteks (standardni laboratorijski vorteks TUBEX-S, COLO LabExperts, Slovenia, EU) svakih 5 minuta tokom 15 sekundi) i centrifugirano (mikrocentrifuga sa hlađenjem LACE-LION, COLO LabExperts, Slovenia, EU) na 10 000 rmp u trajanju od 10 minuta na 8°C. Nakon inkubacije, 100 µL supernatanta je pomiješano sa 450 µL Folin-Čokalteovog reagensa (razblažen destilovanom vodom u odnosu 1:2) i 450 µL 1 M natrijum karbonata. Nakon vorteksiranja tokom 15 sekundi, smjesa je inkubirana 30 minuta na sobnoj temperaturi radi razvoja boje. Apsorbancija je mjerena na 724 nm korišćenjem UV-VIS spektrofotometra (ONDA UV-21 spektrofotometar, Giorgio Bormac SRL, Italija). Ukupan sadržaj fenola je izražen miligramima ekvivalenata galne kiseline (mg GAE) po gramu uzorka (gFW i gDW).

Ukupan sadržaj flavonoida

Ukupan sadržaj flavonoida je određen metodom po Ordonu (2006) [17]. Uzorci se ekstrahuju na identičan način kao i uzorci za određivanje ukupnih fenola. U 1 mL rastvora ekstrakta je dodat 1 mL 2% rastvora $AlCl_3$ i dobro promiješan. Nakon inkubacije u trajanju od 30 minuta na sobnoj temperaturi izmjerena je apsorbanca na 420 nm na UV-VIS spektrofotometru (ONDA UV-21 spektrofotometar, Giorgio Bormac SRL, Italija). Rezultati su izraženi kao flavonoidi ekvivalentni kvercetinu (mg QE) po gramu uzorka (gFW i gDW).

Statistička analiza

Urađena je ANOVA statistička analiza na nivou vjerovatnoće od 0,05. Svi prikazani rezultati su predstavljeni kao srednje vrijednosti tri mjerenja ± SD.

REZULTATI

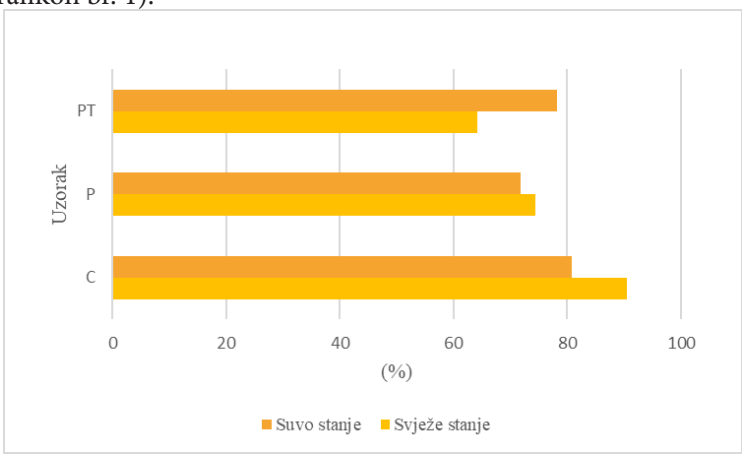
Ukupan sadržaj fenola i flavonoida u cvijetu i plodu zove (*Sambucus nigra* L.) prikazan je u Tabeli br. 1. Hemijskim analizama je dokazano njihovo znatno veće prisustvo u suvom biljnom materijalu u odnosu na svježi. Zabilježen je veći sadržaj i fenola i flavonoida u plodu zove u odnosu na cvijet ispitanog suvog biljnog materijala, dok su kod svježih uzoraka veće vrijednosti i fenola i flavonoida zabilježene u cvijetu zove.

Analizirani uzorak	Sadržaj ukupnih fenola	Literaturni podaci
Svježi cvijet	10,0417 mgGAE/gFW ±0,0660	1021,7mgGAE/100gFW [5] 3702–5333mgGAE/100gFW [18] 510,6mgGAE/kgFW [19] 789,194 mgGAE/100gFW [20]
Suvi cvijet	53,9351 mgGAE/gDW ±0,0360	0,8–2,4mgGAE/gDW [21] 29,3-49,2 mgGAE/gDW [22]

Svježi plod	8,9729 mgGAE/gFW ±0,0327	364–582mgGAE/100gFW [5] 2684–4480mgGAE/100gFW [18] 622–672mgGAE/100gFW [19] 591,597mgGAE/100gFW [20] 958 mgGAE/kgFW [23]
Suvi plod	72,5925 mgGAE/gDW ± 0,0006	43 mgGAE/gDW [24]
Sadržaj ukupnih flavonoida		
Svježi cvijet	9,0911 mgQE/gFW ±0,0016	973,178 mgQE/100g FW [20] 61321,82-85961,64 mg/kgDW metanolnog ekstrakta [25] 34.61 mgRE/g metanolnog ekstrakta [26] 15,7mgQE/ml vodenog ekstrakta svježeg cvijeta [27]
Suvi cvijet	43,5974 mgQE/gDW ±0,0100	23,37mgQE/ml vodenog ekstrakta suvog cvijeta [27] 6,4-18,6mgQE/gDW [22]
Svježi plod	6,6746 mgQE/gFW ±0,0135	502,012 mgQE/100g [20] 16,24 mgRE/g metanolnog ekstrakta [26]
Suvi plod	52,1786 mgQE/gDW ±0,0005	502,012 mgQE/100g [20] 16,24 mgRE/g metanolnog ekstrakta [26] 15 mgRE/gDW [24]

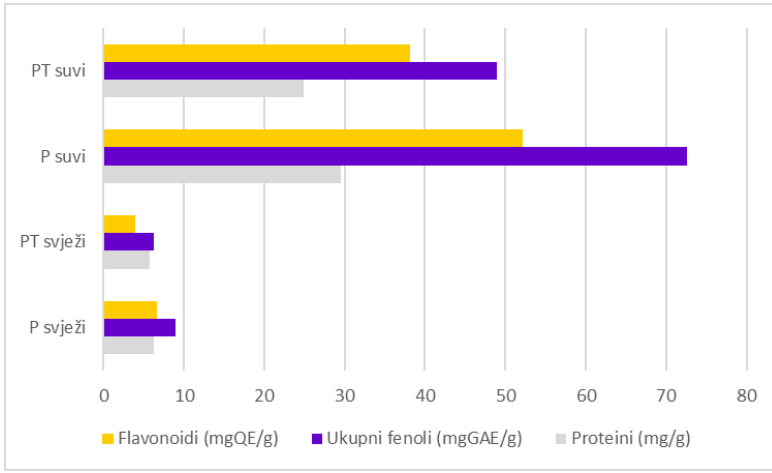
Tabela br. 1. Ukupan sadržaj fenola i flavonoida u cvijetu i plodu zove (*Sambucus nigra* L.)

Flavonoidi, kao sekundarni metaboliti ukupnih fenola, su njihova najbrojnija grupa jedinjenja. U svježim uzorcima su najzastupljeniji u cvijetu sa 90,53% ukupnih fenola, zatim u plodu sa 74,39% i u termički tretiranom plodu zove sa 64,13%, dok su u suvim uzorcima cvijeta, ploda i termički tretiranog ploda te vrijednosti iznosile 80,83%, 71,88% i 78,13% (Grafikon br. 1).



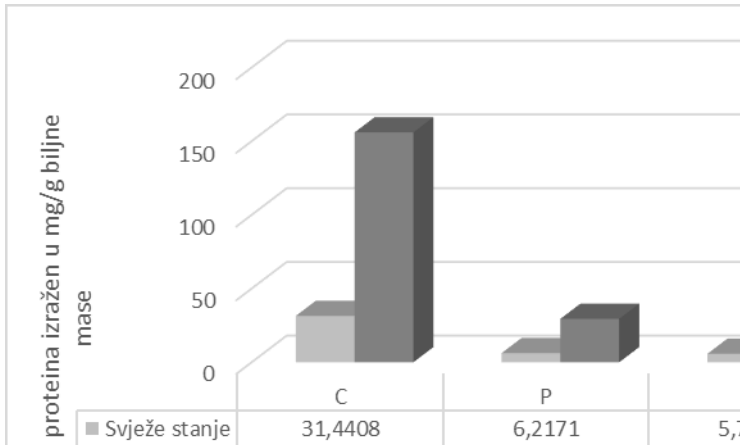
Grafikon br. 1. Procentualni udio flavonoida u ukupnim fenolima

Osim što su bogati fenolima, plodovi zove sadrže i štetne cijanogene glikozide čiji se sadržaj smanjuje procesom termičke obrade. Iz navedenog razloga, analiziran je i termički tretirani plod zove. Sadržaj ukupnih fenola u termički tretiranom suvom plodu je iznosio 48,8980± 0,0099 mgGAE/gDW, dok je u tretiranom svježem plodu iznosio 6,1974±0,0045 mgGAE/gFW. U odnosu na izmjerene vrijednosti ukupnih fenola u termički netretiranom plodu, vrijednosti za ukupne fenole kod suvih tretiranih uzoraka su se smanjile za 32,64%, a kod svježeg ploda zove za 30,93%. Sadržaj ukupnih flavonoida kod termički tretiranog suvog ploda iznosio je 38,2040±0,0036 mgQE/gDW, a kod svježeg 3,9744±0,0101 mgQE/gFW, čime se sadržaj smanjio za 26,78% i 40,45%, respektivno (Grafikon br. 2).



Grafikon br. 2. Uticaj termičke obrade na sadržaj proteina, fenola i flavonoida u plodu zove (*Sambucus nigra* L.)

Sadržaj proteina u različitim dijelovima i oblicima zove prikazan je na Grafikonu br. 3, gdje se može uočiti da je najveća koncentracija proteina zastupljena u cvijetu. Naročito su vidljive drastične razlike u rezultatima koji su dobijeni za suvi cvijet u odnosu na sve ostale uzorke. Naime, sadržaj proteina u suvom cvijetu iznosio je visokih 155,9551 mg/g, dok je u svježem cvijetu ta vrijednost bila 31,4408 mg/g. U termički tretiranom plodu zastupljen je najniži udio proteina. Kod svih analiziranih uzoraka zapažen je trend veće koncentracije proteina u suvom u odnosu na svježi materijal, a sve vrijednosti su izražene u mg/g.



Grafikon br. 3. Sadržaj proteina u različitim dijelovima i oblicima zove (*Sambucus nigra* L.)

Dobijeni rezultati su statistički obrađeni ANOVA testom, čime je potvrđeno da postoji razlika između različitih uzoraka i tretmana, a ista potvrđena kao značajna korišćenjem Tukey post-hoc testa pomoću Payton softvera, na nivou vjerovatnoće od $p<0,05$.

DISKUSIJA

Sadržaj proteina, ukupnih fenola i udio flavonoida u ukupnim fenolima u cvjetovima i plodovima samonikle crne zove (*Sambucus nigra* L.) određen je UV-VIS spektrofotometrom. Dobijeni rezultati, kao i vrijednosti iz dostupnih literaturnih izvora, detaljno su prikazani u Tabeli br. 1 [5,18–27].

Dobijene vrijednosti pokazuju identične ili približne vrijednosti sadržaja ukupnih fenola u svježem i suvom cvijetu crne zove koje su dobili i drugi autori [5, 20, 22], dok istovremeno rezultati prikazani u nekim radovima [18, 19, 21] pokazuju znatna odstupanja u odnosu na rezultate dobijene u ovoj studiji. Statistički značajna razlika je utvrđena i između srednjih vrijednosti sadržaja ukupnih fenola u uzorcima svježeg cvijeta crne zove, prikupljenim na teritoriji iste države, ali na 17 različitih lokacija [18]. Uzroci raznolikosti svih dobijenih rezultata su genotipska varijabilnost i različiti geografski, klimatski i edafski faktori, kao i specifičnosti prirodnih lokacija na kojima su prikupljani uzorci [18]. Sadržaj ukupnih fenola u suvom cvijetu zove prikupljenom u regiji Rodopa [22] je približan rezultatima ove studije, što se objašnjava sličnim klimatskim i geografskim uslovima. Nadmorska visina i niža temperatura u planinama bi mogle uticati na akumulaciju sekundarnih metabolita u cvjetovima *Sambucus nigra* L, što poboljšava njihov antioksidativni potencijal [22]. Antioksidativna aktivnost značajno zavisi od vrste zemljišta, klime, kao i od toga da li je u pitanju divlja ili kultivisana biljka [16, 21]. Takođe, zavisi i od tehnika analize, uslova rasta i individualnih varijacija analiziranih biljaka. Značajnu ulogu imaju i stepen zrelosti, rukovanje uzorcima nakon skladištenja, kao i tretmani pripreme uzoraka [20].

Sadržaj ukupnih fenola u svježem plodu analizirane biljne sirovine pokazuje iste tendencije kao i sadržaj ukupnih fenola u cvijetu crne zove. Dobijene vrijednosti u ovoj studiji su slične vrijednostima drugih autora [5, 19, 20], veće [23] ili manje [18]. Analizirani suvi plod zove je bogat ukupnim fenolima, a dobijene vrijednosti su veće u odnosu na vrijednosti koje su dobili drugi autori [24], kao i u odnosu na sadržaj ukupnih fenola u analiziranom svježem plodu. Uzrok navedenog mogu biti različite faze zrelosti ploda, budući da je dokazano da zrela zova sadrži manje koncentracije fenola u odnosu na nezrele plodove, što je povezano sa različitim katabolizmom biljnih tkiva. Akumulirane aromatične molekule se razgrađuju sa napredovanjem zrelosti ploda, a proizvodi te razgradnje se uglavnom koriste za sintezu šećera [23]. Cvjetovi *Sambucus nigra* L. sadrže veće količine fenolnih jedinjenja u poređenju sa plodovima ove biljne vrste [28].

Dobijene vrijednosti za sadržaj ukupnih flavonoida u svježem cvijetu pokazuju minimalno odstupanje u odnosu na rezultate drugih autora [20], dok su za analizirani suvi uzorak cvijeta te vrijednosti znatno više u poređenju sa rezultatima drugih autora [22]. Analizom svježeg ploda zove utvrđen je približan, ali ipak nešto veći sadržaj ukupnih flavonoida u odnosu na rezultate drugih autora [20]. Podaci iz drugih istraživanja pokazuju da je akumulacija flavonoida u plodovima uzrokovana stepenom zrelosti ploda. Brojne studije potvrđuju opšti trend da su flavonoidi obično prisutni u većim količinama u nezrelim plodovima i biljnim tkivima [26]. S obzirom na to različito vrijeme prikupljanja analiziranih uzoraka i uzoraka drugih autora [20], navedeno može biti uzrok dobijenih različitih vrijednosti sadržaja ukupnih flavonoida u jedinici analiziranog biljnog materijala.

U ljudskoj prehrani flavonoide nalazimo u podgrupama: flavoni, flavonoli, flavanoli, flavanoni, izoflavoni i antocijani. Zbog svog antioksidativnog djelovanja, pojedinačno ili u kombinaciji, flavonoidi su se pokazali korisnim u prevenciji koronarne bolesti srca,

imaju hepatoprotektivnu, protivupalnu i antikancerogenu aktivnost, dok neki pokazuju potencijalno antivirusno djelovanje. U biljkama flavonoidi pomažu u borbi protiv oksidativnog stresa i djeluju kao regulatori rasta. U farmaceutske svrhe razvija se ekonomična masovna proizvodnja različitih vrsta flavonoida uz pomoć mikrobne biotehnologije [29].

Najveći procentualni udio flavonoida u ukupnim fenolima određen je u svježem i suvom cvijetu crne zove (Grafikon br. 1), morfološkom dijelu analiziranog biljnog uzorka koji je najbogatiji navedenim bioaktivnim jedinjenjima. Zrele bobice zove ne pokazuju značajne akumulacije flavonoidnih jedinjenja, imajući oko polovine svih flavonoida pronađenih u cvjetovima. Cvjetovi zove su klasifikovani kao bogatiji dio ispitane biljne vrste raznim fenolnim jedinjenjima (posebno flavonoidima) [30–31].

Termički tretirani svježi i suvi plod zove imaju niže vrijednosti proteina, ukupnih fenola i flavonoida u odnosu na termički neobrađene uzorke (Grafikon br. 2). Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa rezultatima drugih autora koji su proučavanjem proizvoda od zove utvrdili da svi prerađeni proizvodi imaju manji sadržaj fenola u odnosu na kontrolne bobice, budući da je njihova proizvodnja uključivala termičku obradu. Sadržaj flavonoida opada sa povećanjem temperature i sa dužim trajanjem zagrijavanja, jer termička obrada uništava ćelijske zidove biljaka i oslobađa određena fenolna jedinjenja [23].

Na Grafikonu br. 3. prikazan je sadržaj proteina u analiziranim uzorcima. Veliki sadržaj proteina, ali i ukupnih fenola i flavonoida, u cvijetu zove može se objasniti velikim prisustvom polena [20], jer je cvijet uzorkovan u punoj fazi cvjetanja, na suvom i sunčanom mjestu, u jutarnjim satima, bez prisustva rose, u šumovitom predjelu daleko od saobraćajnica, bez prisustva prašine i drugih zagađivača. Polen divlje ili kultivisane sorte *S. nigra* važan je izvor jedinjenja korisnih za zdravlje, što ukazuje na to da bi mogli biti korisni u sprječavanju bolesti u koje su uključeni slobodni radikali. Takvi proizvodi smanjuju rizik od degenerativnih bolesti smanjenjem oksidativnog stresa i aktivnosti keliranja metala, pored svojih prijavljenih antikancerogenih karakteristika [32].

U dobijenim rezultatima zapažen je trend porasta koncentracija bioaktivnih jedinjenja u suvim uzorcima u odnosu na svježe. Razlog navedenog je što procesom sušenja dolazi do eliminacije vode i koncentrisanja bioaktivnih jedinjenja [33]. Imajući u vidu navedeno, a analizirajući istu masu svježih i suvih biljnih uzoraka, rezultati su pokazali znatno veći sadržaj i proteina i ukupnih fenola i flavonoida prisutnih u jedinici mase suve biljne materije u odnosu na istu masu analiziranog svježeg uzorka.

ZAKLJUČAK

Narodna medicina već hiljadama godina koristi razne divlje i kultivisane biljne vrste za prevenciju i liječenje različitih oboljenja. Među mnogobrojnim biljnim vrstama crna zova (*Sambucus nigra* L.) je pronašla široku primjenu. Za ljekovitost i primjenu cvijeta i ploda zove odgovorna su bioaktivna jedinjenja i njihov antioksidativni i zaštitni potencijal. U brojnim studijama potvrđen je pozitivan uticaj zove kod oboljenja disajnih puteva, kardiovaskularnih bolesti, dijabetesa, gojaznosti, kao i značajan uticaj na imuni sistem, antivirusno i antibakterijsko dejstvo, te zaštita od UV zračenja.

Brojna istraživanja ukazuju na to da su cvjetovi i plodovi crne zove veoma hranljivi. Prvenstveno se koriste kao hrana i dodaci ishrani, zbog čega je veoma važno poznavati njihov hemijski sastav, odnosno sadržaj jedinjenja kao što su fenoli i flavonoidi. Specifičnost hemijskog sastava plodova zove je i u visokom procentu proteina, u čiji sastav ulaze značajne esencijalne aminokiseline.

Rezultati ove studije dovode do zaključka da je suvi plod *Sambucus nigra* L. najbogatiji ukupnim fenolima, ukupnim flavonoidima i proteinima. Termička obrada ploda smanjuje koncentracije navedenih komponenti, a suvi uzorci cvijeta, ploda i termički tretiranog

ploda crne zove sadrže više ukupnih fenola, flavonoida i proteina u odnosu na svježe analizirane uzorke.

S obzirom na to da je sve veća popularnost prirodne i organske hrane koja doprinosi zdravlju ljudi, može se zaključiti da se ova dragocjena, nedovoljno iskorišćena biljka, kao prirodni sastojak prehrambenih proizvoda uklapa u navedeni trend i da ima dobre izglede da dodatno ojača svoju ulogu korisnog sastojka zdrave ishrane.

LITERATURA

[1] Vujanović, M. (2020): *Hemijski sastav, biološke i funkcionalne karakteristike novih proizvoda od zove.* Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet. Novi Sad.

[2] Vilotić, D., & Šijačić–Nikolić, M. (2023*): Kako oživeti i osnažiti brdsko-planinska područja naše zemlje* – Radovi sa naučnog skupa održanog na Zlatiboru. Akademija inženjerskih nauka Srbije - AINS, Akademska misao. Beograd.

[3] Jokanović D., Desimirović I., & Živanović K., *Taksonomska i fitogeografska analiza lekovitog bilja u okviru šumskog kompleksa hrasta lužnjaka na području Gornjeg Srema*, Topola/Poplar, 2022, 210, 5–14, doi: 10.5937/topola2210005J.

[4] Newman, M., & Kirker, C.L. (2016): *Edible flowers: a global history*. Reaktion Books. London.

[5] Lee J., & Finn C.E., Anthocyanins and other polyphenolics in American elderberry (*Sambucus canadensis*) and European elderberry (*S. nigra*) cultivars, Journal of the Science of Food and Agriculture, 2007, 87, 2665–2675, doi: 10.1002/jsfa.3029.

[6] Donoghue M.J., Eriksson T., Reeves P.A., & Olmstead R.G., Phylogeny and phylogenetic taxonomy of Dipsacales, with special reference to Sinadoxa and Tetradoxa (*Adoxaceae*), Harvard Papers in Botany, 2001, 6(2), 459–479.

[7] Charlebois D., Byers P.L., Finn C.E., Thomas A.L., & Elderberry: *Botany, horticulture, potential, Horticultural Reviews*, 2010, 37, 213–280, doi: 10.1002/9780470543672.ch4.

[8] Domínguez R., Pateiro M., Munekata P.E., Santos López E.M., Rodríguez J.A., Barros L., i dr., *Potential use of elderberry (Sambucus nigra L.) as natural colorant and antioxidant in the food industry, Foods*, 2021, 10(11), 2713, doi: 10.3390/foods10112713.

[9] Vujanović M.D., Đurović S.D., & Radojković M.M., *Chemical composition of essential oils of elderberry* (*Sambucus nigra* L.) flowers and fruits, Acta periodica technologica, 2021, 52, 229–237, doi: 10.2298/APT2152229V.

[10] Liu D., He X.-Q., Wu D.-T., Li H.-B., Feng Y.-B., Zou L., i dr., Elderberry (*Sambucus nigra L.*): *Bioactive compounds, health functions, and applications, Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2022, 70(14), 4202–4220, doi: 10.1021/acs.jafc.2c00010.

[11] Wieland L.S., Piechotta V., Feinberg T., Ludeman E., Hutton B., Kanji S., i dr., *Elderberry for prevention and treatment of viral respiratory illnesses: a systematic review*, BMC Complementary Medicine and Therapies, 2021, 21(1), 112, doi: 10.1186/s12906-021-03283-5.

[12] Corrado G., Basile B., Mataffo A., Yousefi S., Salami S.A., Perrone A., i dr., *Cultivation, phytochemistry, health claims, and genetic diversity of Sambucus nigra, a versatile plant with many beneficial properties*, Horticulturae, 2023, 9(4), 488, doi: 10.3390/horticulturae9040488.

[13] Nikolić, T. (2020*): Flora Croatica 3 – Vaskularna flora Republike Hrvatske*. Alfa d.d. Zagreb.

[14] Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L., & Randall R.J., *Protein measurement with the Folin phenol reagent*, Journal of Biological Chemistry, 1951, 193(1), 256–275, doi: 10.1016/S0021-9258(19)52451-6.

[15] Singleton V.L., Rossi J.A., Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic–phosphotungstic acid reagents, American Journal of Enology and Viticulture, 1965, 16, 144–158, doi: 10.5344/ajev.1965.16.3.144.

[16] Popović, B., Štajner, D., Ždero Pavlović, R., Blagojević, B., & Mićić, N. (2020*): Praktikum iz hemije sa teorijskim osnovama*. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet. Novi Sad.

[17] Ordoñez A.A.L., Gomez J.D., Vattuone M.A., & Isla M.I., Antioxidant activities of *Sechium edule* (Jacq.) Swartz extracts, Food Chemistry, 2006, 97(3), 452–458, doi: 10.1016/j.foodchem.2005.05.024.

[18] Kołodziej B., & Drożdżal K., Właściwości przeciwutleniające kwiatów i owoców bzu czarnego pozyskiwanego ze stanu naturalnego, Żywność Nauka Technologia Jakość, 2011, 4(77), 36–44, doi: 10.15193/

zntj/2011/77/036-044.
[19] Pliszka B., Waźbińska J., Puczel U., & Huszcza-Ciołkowska G., Biologicznie czynne związki polifenolowe zawarte w owocach różnych odmian hodowlanych i dziko rosnących ekosystemów bzu czarnego, Inżynieria Ekologiczna, 2005, 12, 303–304.
[20] Marțiș Petruț G.S., Mureșan V., Marc Vlaic R.M., Mureșan C.C., Pop C.R., Buzgău G., i dr., The physicochemical and antioxidant properties of *Sambucus nigra* L. and *Sambucus nigra Haschberg* during growth phases: from buds to ripening, Antioxidants, 2021, 10(7), 1093, doi: 10.3390/antiox10071093.
[21] Choi E.J., Park J.B., Yoon K.D., & Bae S.K., Evaluation of the in vitro/in vivo potential of five berries (bilberry, blueberry, cranberry, elderberry and raspberry ketones) commonly used as a herbal supplements to inhibit uridine diphospho-glucuronosyltransferase, Food and Chemical Toxicology, 2014, 72, 13–9, doi: 10.1016/j.fct.2014.06.020.
[22] Gentscheva G., Milkova-Tomova I., Nikolova K., Buhalova D., Andonova V., Gugleva V., i dr., Antioxidant activity and chemical characteristics of *Sambucus nigra* L. blossom from different regions in Bulgaria, Horticulturae, 2022, 8(4), 309, doi: 10.3390/horticulturae8040309
[23] Šenica M., Štampar F., Veberić R., Mikulić-Petkovšek M., Processed elderberry (*Sambucus nigra* L.) products: A beneficial or harmful food alternative?, LWT - Food Science and Technology, 2016, 72, 182–188, doi: 10.1016/j.lwt.2016.04.056.
[24] Goud N.S., & Prasad G., Antioxidant, antimicrobial activity and total phenol and flavonoids analysis of *Sambucus nigra* (elderberry), International Journal of Current Pharmaceutical Research, 2020, 12(1), 35–37, doi: 10.22159/ijcpr.2020v12i1.36829.
[25] Qazimi B., Petreska Stanoeva J., Cvetanovska M., Geskovski N., Dragusha S., Koraqi H., i dr., Phenolic compound composition of *Sambucus nigra* L. wild-growing plants from Kosovo, Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences, 2024, 20(6), 380–389, doi: 10.4274/tjps.galenos.2023.60562.
[26] Tsanova-Savova S., Paneva-Dimitrova S., Simeonova L., Lulcheva I., & Koleva P., Polyphenol profile of flowers, fruits and food supplements of *Sambucus Nigra*, Acta prosperitatis, 2025, 16(1), 156–164, doi: 10.2478/acpro-2025-0013.
[27] Milkova-Tomova I., Kazakova Z., Buhalova D., Gentscheva G., Nikolova K., & Minkova S., Antioxidant properties and antibacterial activity of water extracts from *Sambucus nigra* L. under different conditions, Folia Medica, 2023, 65(2), 295–300, doi: 10.3897/folmed.65.e79094.
[28] Dawidowicz A.L., Wianowska D., & Baraniak B., The antioxidant properties of alcoholic extracts from *Sambucus nigra* L. (antioxidant properties of extracts), LWT - Food Science and Technology, 2006, 39(3), 308–315, doi: 10.1016/j.lwt.2005.01.005.
[29] Campos, M.R.S. (2019): Bioactive compounds: health benefits and potential applications. Woodhead Publishing. Cambridge.
[30] Młynarczyk K., Walkowiak-Tomczak D., & Łysiak G.P., Bioactive properties of *Sambucus nigra* L. as a functional ingredient for food and pharmaceutical industry, Journal of Functional Foods, 2018, 40, 377–390, doi: 10.1016/j.jff.2017.11.025.
[31] Sidor A., Gramza-Michałowska A., Advanced research on the antioxidant and health benefit of elderberry (*Sambucus nigra*) in food – a review, Journal of Functional Foods, 2015, 18, 941–958, doi: 10.1016/j.jff.2014.07.012.
[32] Ungur R.A., Buzatu R., Lăcătuș R., Purdoiu R.C., Smaranda M.G., Codea R., i dr., Evaluation of the nephroprotective effect of *Sambucus Nigra* total extract in a rat experimental model of gentamicine nephrotoxicity, Revista de Chimie, 2019, 70(6), 1971–1974, doi: 10.37358/RC.19.6.7256.
[33] Silva J.S., Ortiz D.W., Garcia L.G.C., Asquieri E.R., Becker F.S., & Damiani C., *Effect of drying on nutritional composition, antioxidant capacity and bioactive compounds of fruits co-products*, Food Science and Technology, 2020, 40(4), 810–816, doi: 10.1590/fst.21419.

COMPARATIVE SPECTROPHOTOMETRIC STUDY OF BIOACTIVE COMPOUNDS IN DIFFERENT MORPHOLOGICAL PARTS OF BLACK ELDERBERRY (*Sambucus nigra* L.)

Authors: JELENA PETRUŠIĆ
Email: jelena.petrusic@student.sf.unibl.org
Mentor: Full Prof. dr Željka Marjanović Balaban
Faculty of Forestry, University of Banja Luka

Introduction: European black elderberry (*Sambucus nigra* L.) is a medicinal shrub recognizable by its white flowers and dark purple/black berries. The most important group of bioactive compounds in black elderberry consists of phenols, which are present in a relatively high concentration and are known for their antioxidant activity. Black elderberry has been used in folk medicine for a long time and in recent years it has been found to have antibacterial, antiviral, antitumor and hypoglycemic characteristics and to reduce the concentration of body fat and lipids. Today, it is primarily used in the food and pharmaceutical industries.

The Aim: The purpose of this study was to determine the content of proteins, total phenols and the proportion of flavonoids in total phenols in dry and frozen plant material of black elderberry.

Material and Methods: For the purposes of the research, the flowers and fruits of the black elderberry were used. The plant material was collected from the locality on the slopes of Kozara Mountain, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina. The content of protein, total phenols and the proportion of flavonoids in total phenols was determined with a UV-VIS spectrophotometer.

Results: Values for proteins range from 5.7655 mg/gFW to 155.9551 mg/gDW and for polyphenols from 6.1974 mg/gFW to 72.5925 mg/gDW. The percentage of flavonoids ranges from 71.88% to 90.53%, which confirms the strong biological effect of the tested raw material.

Conclusion: The highest protein content was determined in the dry flower of the black elderberry and the dry fruit is the richest in total phenols and flavonoids. The results show that black elderberry from the mentioned locality is rich in both proteins and total phenols.

Keywords: *Sambucus nigra* L.; flower; fruit; proteins; total phenols