

ODREĐIVANJE ANTIOKSIDACIJSKOG PROFILA UZORAKA ESENCIJALNOG ULJA I EKSTRAKATA DOBIVENIH IZ LAVANDE (*Lavandula angustifolia* Miller)

DETERMINATION OF ANTIOXIDANT PROFILE OF THE ESSENTIAL OIL AND EXTRACT SAMPLES OBTAINED FROM LAVENDER (*Lavandula* *angustifolia* Miller)

Esmera Kajtaz¹, Dženita Alibegić¹, Haris Nikšić¹, Kemal Durić¹, Željko Španjol², Boris Dorbić³

SAŽETAK

Obična lavanda (*Lavandula angustifolia* Miller) je niska, višegodišnja grmasta biljka koja raste u zemljama oko zapadnog Mediterana. Potekla je iz sunčanih stjenovitih područja i prvenstveno se uzgaja zbog svojih esencijalnih ulja. Različite studije pokazale su da određene vrste ljekovitih biljaka, kao što je *L. angustifolia* Miller, koje sadrže linalol i linalil acetat ester, imaju blagi sedativni učinak i koriste se u aromaterapiji i fitoterapiji za ublažavanje stresa. Svrha ove studije je utvrditi antioksidacijsku aktivnost uzoraka obične lavande. Uzorci biljnog materijala prikupljeni su sa sljedećih područja: Gubavica (općina Mostar) i Šehovina (grad Mostar). Pri tome su analizirana četiri uzorka: esencijalno ulje dobiveno hidrodestilacijom biljnog materijala (Gubavica), uzorak maceriran u etil acetatu (Šehovina), prikupljeni vodeni ostatak nakon hidrodestilacije (Gubavica) te komercijalno esencijalno ulje. Određivanje antioksidacijske aktivnosti uzoraka provedeno je s pomoću sljedećih metoda: DPPH, ABTS i FRAP. Hidrodestilirano esencijalno ulje, kao i komercijalno ulje, pokazali su slabiju antioksidacijsku aktivnost, što je potvrđeno svim korištenim metodama. Slabija antioksidacijska aktivnost također je zabilježena u analizi uzorka etil acetata. Praćenjem tijeka reakcije za navedene uzorke nije bilo moguće izračunati IC₅₀ vrijednost. Vodeni ostatak nakon hidrodestilacije pokazao je najvišu antioksidacijsku aktivnost prema svim korištenim metodama, što je potvrđeno IC₅₀ vrijednošću prema DPPH metodi, koja je bila $0,032 \pm 0,006$ mg/mL, dok je za ABTS metodu IC₅₀ vrijednost bila $0,135 \pm 0,003$ mg/mL. Također, prema FRAP metodi, vodeni ostatak nakon hidrodestilacije pokazao je najbolju antioksidacijsku aktivnost ($1099,45 \pm 25,39$ mg Evit. C/g ekstrakta). Usporedbom kemijskog sastava i antioksidacijske aktivnosti ispitivanih uzoraka može se zaključiti da su za antioksidacijsko djelovanje odgovorni fenolni spojevi koji su bili sadržani u vodenom ostatku nakon hidrodestilacije esencijalnog ulja, koji je i pokazao najbolju aktivnost, a da spojevi koji čine esencijalno ulje imaju neznatnu učinkovitost kad je u pitanju određivanje antioksidacijskog kapaciteta.

KLJUČNE RIJEČI: lavanda, antioksidacijska aktivnost, DPPH, ABTS, FRAP

¹ Esmera Kajtaz, Dženita Alibegić, prof. dr. sc. Haris Nikšić, prof. dr. sc. Kemal Durić, Farmaceutski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Bosna i Hercegovina

² Prof. dr. sc. Željko Španjol – Sveučilište u Zagrebu Fakultet šumarstva i drvene tehnologije, Zagreb

³ Izv. prof. dr. sc. Boris Dorbić, Sveučilište u Splitu, Samostalni studij Mediteranska poljoprivreda, Split

* dopisni autor: Esmera Kajtaz, email: esmera.kajtaz@mail.com

UVOD

INTRODUCTION

Reaktivni oblici kisika (ROS - *reactive oxygen species*) nastaju kao produkti normalnog staničnog metabolizma kod biljaka. Prekomjernu proizvodnju istih uzrokuju različiti okolišni čimbenici koji dovode do progresivnog oksidativnog oštećenja (Sharma i sur., 2012). Biljke imaju sposobnost biosinteze širokog spektra neenzimskih antioksidanasa sposobnih za ublažavanje oksidativnog oštećenja izazvanog djelovanjem ROS-a (Kasote i sur., 2015). Brojna istraživanja istaknula su visoku antioksidacijsku učinkovitost biljnih proizvoda, pri čemu se ističu esencijalna ulja (Tit i Bungau, 2023). Antioksidacijsko djelovanje esencijalnih ulja aromatičnog bilja uglavnom se pripisuje prisutnim aktivnim spojevima (Politeo i sur., 2005).

Esencijalna ulja predstavljaju složene mješavine hlapljivih spojeva koje se dobivaju iz biljaka u kojima imaju zaštitnu i aromatičnu ulogu. Komponente esencijalnih ulja prodiru lako kroz biološke membrane zbog svoje lipofilnosti i male veličine molekula, pri čemu ostvaruju terapijske učinke. Zbog širokog spektra bioloških aktivnosti, esencijalna ulja stoljećima se koriste u medicini, industriji i poljoprivredi. Mogu imati antimikrobno, antioksidacijsko, antiinflamatorno, antivirusno i druga djelovanja, zbog čega se smatraju vrijednim alternativama konvencionalnih terapija (Żukowska i Durczyńska, 2024). Esencijalno ulje lavande je jedno od najčešće upotrebljivanih, ali i najprofitabilnijih esencijalnih ulja u prodaji s naglaskom na: aromaterapiju, arome hrane, industriju kozmetike i deterdženata s izraženim antimikrobnim, antiinflamatornim djelovanjem (Wainer i sur., 2022) i antioksidacijskim djelovanjem (Blažeković i sur., 2018; prema Piskernik i sur., 2022).

Brojna istraživanja bazirana su na analizi antioksidacijskog potencijala različitih vrsta lavande, uključujući esencijalna ulja lavande i ekstrakte. Ekstrakti lavande imaju antioksidacijska svojstva prvenstveno zbog prisustva flavonoida i fenolnih kiselina, a istim svojstvima u manjoj mjeri doprinose i određeni izoprenoidi. Također, hidrolati lavande imaju antioksidacijsko djelovanje zbog pozitivne korelacije sa sadržajem fenola, ali to djelovanje može biti niže u usporedbi s esencijalnim uljima zbog nižeg sadržaja drugih hlapljivih organskih spojeva (Healthline, 2024; prema Sethy i sur., 2024). Hidrolat (hidrosol ili biljna voda) sastoji se od procesne vode i vode iz biljnog materijala. Ovisno o konačnom volumenu, može imati slatki cvjetni miris lavande (miris je nekad jedva osjetan) i intenzivnu herbalnu aromu (Prusinowska i Śmigielski, 2014). Cilj ovog rada je ispitivanje antioksidacijskog profila s pomoću tri metode: DPPH, ABTS i FRAP iz uzoraka biljnog materijala prikupljenog na lokacijama Gubavica (općina Mostar) i Šehovina (grad Mostar) te iz komercijalnog esencijalnog ulja.

BIOLOŠKE I KEMIJSKE KARAKTERISTIKE LAVANDE

BIOLOGICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF LAVENDER

Rod *Lavandula* pripada porodici Lamiaceae, a prema Svjetskom popisu vaskularnih biljaka broji 41 vrstu porijeklom iz Mikronezije, Mediterana, sjeverne i sjeveroistočne Afrike, jugozapadne Azije, Arapskog poluotoka, središnje i južne Indije, istočne Europe, Australije i Novog Zelanda (Royal Botanic Gardens Kew, 2022; prema Kiproviski i sur., 2023). *L. angustifolia* komercijalno se uzgaja u mnogim regijama svijeta (Nikšić i sur., 2017). U Bosni i Hercegovini, kao i na području Mostara ne raste samonikla lavanda, već je kultivirana.

Na području hrvatskog mediteranskog podneblja pojavljuju se tri samonikle vrste:

1. *Lavandula angustifolia* Mill., obična lavanda, uskolisna lavanda, despik, trma. Sinonimi: *Lavandula leptostachya* Pau, *Lavandula officinalis* Chaix, *Lavandula spica* L., *Lavanda vulgaris* Lam., *Lavandula vera* DC.
2. *Lavandula latifolia* Medik., širokolisna lavanda, aspik, širokolisni despik. Sinonimi: *Lavandula angustifolia* Moench, *Lavandula cladophora* Gand., *Lavandula decipiens* Gand., *Lavandula guinardii* Gand., *Lavandula hybrida* E. Rev. ex Briq., *Lavandula interrupta* Jord. & Fourr., *Lavandula latifolia* var. *erigens* (Jord. & Fourr.) Nyman, *Lavandula latifolia* var. *tomentosa* Briq., *Lavandula latifolia* var. *vulgaris* Briq., *Lavandula major* Garsault, *Lavandula ovata* Steud., *Lavandula spica* auct. non L., *Lavandula spica* Cav., *Lavandula spica* var. *latifolia* L., *Lavandula spica* var. *ramosa*, *Lavandula spica* var. *vulgaris*.
3. *Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel. (sin.: *L. x hybrida*)

Lavanda je vazdazelena, heliofilna i entomofilna vrsta, nanofanerofit. Raste na mjestima koja su potpuno osvijetljena i indikator je suhih tala premda voli svježa tla, ali ne raste na njima. Stanište su joj makija, garizi, bušici, kamenjarski pašnjaci. Tamo se spontano širi. Uzgaja se komercijalno na našem mediteranskom podneblju, ali u posljednje vrijeme njen kultivar (lavandin), *Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel. (sin.: *L. x hybrida*), intenzivno se uzgaja u kopnom dijelu Hrvatske. To je višegodišnja, grmolika biljka čiji izrazito račvasti i drvenasti korijen prodire duboko u tlo. Stabljika je drvenasta i kratka. Obična (uskolisna) lavanda raste kao niski grm visine od 40 do 60 cm (do 1 m), grane su joj izrazito razgranate, promjera od 80 do 120 cm, a cvjetne grane duge su od 20 do 40 cm. Važna je medonosna biljka s izdašnom pčelinjom pašom. Cvjetovi lavande su zigomorfni s laticama karakteristične plave boje, a koriste se za proizvodnju esencijalnog ulja (Herman 1971; Vukičević 1987; Šilješ i sur., 1992; Kovačić i sur., 2008; Franjić i Škvorc 2010;

Idžojić 2015; prema Nikolić 2015). Kao ukrasna biljka s velikim brojem kultivara česta je u primjeni na različitim zelenim površinama na Mediteranu i u kontinentalnoj Europi (Dorbić i sur., 2015; Dorbić i Temim, 2018, Gašparović i sur., 2022). Ulja proizvode žljezdani trihomi i druge sekretorne strukture, specijalizirana sekretorna tkiva koja su uglavnom difundirana na površini biljnih organa, cvjetova i listova (Sharifi-Rad i sur., 2017). Listovi obične lavande su uski, cjelovitog ruba, nasuprotni i dugi od 3 do 5 cm. Plod ima 4 sjemenke, a potpuno se razviju samo 1 ili 2 sjemenke (Herman 1971; Šilješ i sur., 1992; Kovačić i sur., 2008; Franjić i Škvorc 2010; Idžojić 2015; prema Nikolić 2015). Većinski zastupljene vrste obične lavande su bogate linalolom i linalil acetatom (Lane i sur., 2010; prema Habán i sur., 2023). Pored navedenih, glavni spojevi zastupljeni u lavandi i esencijalnom ulju lavande su: limonen, perinil alkohol, kumarin, tanin, kafeinska kiselina i kamfor, a koncentracije istih razlikuju se od vrste i kultivara lavande. Odnosno, važno je spomenuti da svaka vrsta lavande ima jedinstveni profil u kojem nekoliko odabranih molekula ima ulogu određivanja arome i specifičnih svojstava dobivenog esencijalnog ulja (Woronuk i sur., 2011; Demissie i sur., 2012; prema Habán i sur., 2023). Tako na sastav esencijalnih ulja utječe genski sklop biljke (Demissie i sur., 2012; Muñoz-Bertomeu i sur., 2007; prema Habán i sur., 2023), zatim dio biljnog materijala koji se koristi za dobivanje esencijalnog ulja, vrsta biljnog materijala (svježi ili osušeni), metoda ekstrakcije, geografski položaj, sastav tla, vrijeme berbe, itd. (Aprosoaie i sur., 2017; Radoukova i sur., 2018; prema Piskernik i sur., 2022). Također, različiti ekološki uvjeti mogu imati utjecaj na kemijski profil biljnog materijala jer se neki spojevi akumuliraju u određenom razdoblju kao odgovor na okolišne uvjete (Nikšić i sur., 2017).

MATERIJALI I METODE

MATERIALS AND METHODS

Biljni materijal - *Plant material*

U cilju izolacije esencijalnog ulja, pripreme ekstrakta, kao i određivanja antioksidacijske aktivnosti istih, biljni materijal obične lavande sakupljan je na lokacijama Gubavica (općina Mostar; geografska širina: 43.204256, geografska dužina: 17.846585, prirodno stanište) i Šehovina (grad Mostar; geografska širina: 43.333356; geografska dužina: 17.821388; domaći uzgoj). Berba biljnog materijala obavljena je tijekom lipnja 2018. godine u jutarnjim satima te su isti stavljeni na sušenje u prozračnoj i mračnoj prostoriji. Osušeni biljni materijali zapakirani su u papirne vrećice te propisno skladišteni do analize. U eksperimentalnom radu korišteni su suhi cvjetovi s grančicama.

Kemikalije – *Chemicals*

U eksperimentalnom dijelu istraživanja korištene su sljedeće kemikalije: ABTS (2,2-azinobis (3-etilbenzolin-6-sulfonska kiselina), $\approx 98\%$, Sigma-Aldrich; DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil radikal, $C_{18}H_{12}N_5O_6$), $\geq 85\%$, Fluka; etanol (C_2H_5OH) 96% , SemiKem d.o.o. Sarajevo; etil acetat ($C_4H_8O_2$) $99,5\%$, SemiKem d.o.o. Sarajevo; komercijalno esencijalno ulje lavande – nepoznato porijeklo; TPTZ (2,4,6-tripiridil-s-triazin, $C_{18}H_{12}N_6$) p.a., Merck; standard askorbinske kiseline – vitamin C ($C_6H_8O_6$) 99% , Sigma-Aldrich.

Aparatura – *Apparatus*

U eksperimentalnom dijelu istraživanja korištena je sljedeća aparatura: Spektrofotometar: Perkin Elmer LAMBDA 25 UV – Vis; analitička vaga: E. Mettler, Type H5; aparatura za hidrodestilaciju.

Metode izolacije - *Isolation methods*

Procedura za hidrodestilaciju esencijalnog ulja -

Procedure for hydrodistillation of essential oil

Za izolaciju esencijalnog ulja korištena je metoda hidrodestilacije. Osušeni biljni materijal se izvaže i stavlja u tikvicu s okruglim dnom, a zatim se dodaje 400 mL destilirane vode. Sastavljanjem aparature započet je postupak hidrodestilacije u trajanju od 2 sata.

Procedura za maceraciju - *Procedure for maceration*

Prethodno izvagana masa osušenog biljnog materijala prikupljenog na lokaciji Šehovina (grad Mostar) podvrgnuta je postupku maceracije. Izvagani biljni materijal je potopljen u etil acetatu te ostavljen 24 h na tamnom mjestu, uz povremeno miješanje, nakon čega je isti filtriran s pomoću lijevka i filter papira.

Uzorci – *Samples*

U eksperimentalnom dijelu rada uzorci su imenovani na sljedeći način:

- EO-1 – esencijalno ulje dobiveno hidrodestilacijom: uzorak Gubavica, općina Mostar, BiH;
- EO-2 – ekstrakt dobiven maceracijom uz etil acetat kao otapalo: uzorak Šehovina, grad Mostar, BiH;
- U-3 – vodeni ostatak nakon hidrodestilacije: Gubavica, općina Mostar, BiH;
- EO-4 – komercijalni uzorak.

Metode za određivanja antioksidacijske aktivnosti -

Methods for determining the antioxidant activity

DPPH metoda - *DPPH method*

Određivanje antioksidacijske aktivnosti DPPH metodom provodi se spektrofotometrijskim mjerenjem apsorbancije koja počinje određivanjem maksimalne valne duljine

(Nerdy i Manurung, 2018). Molekula DPPH, odnosno 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (α,α -difenil- β -pikrilhidrazil) predstavlja slobodni stabilni radikal nastao delokalizacijom rezervnog elektrona preko cijele molekule (Molyneux, 2003). Pripravljajem i miješanjem otopine DPPH (karakteristične tamnoljubičaste boje) s tvari koja može donirati elektron dolazi do stvaranja reduciranog oblika DPPH, odnosno DPPH-H (Yapıcı i sur., 2021; prema Gulcin i Alwasel, 2023). Uslijed stvaranja DPPH-H (hidrazina) dolazi do promjene boje iz tamnoljubičaste u blijedožutu zbog redukcije radikala prijenosom atoma vodika iz antioksidanasa koji su donori elektrona (Xie i Schaich, 2014; prema Gulcin i Alwasel, 2023). Slobodni DPPH radikal ulazi u interakciju s nesparenim elektronom pri čemu se dobiva jaka apsorbancija na 517 nm (Baliyan i sur., 2023). Postotak antioksidacijske aktivnosti računa se prema sljedećoj formuli:

$$\left(\frac{\%}{\%}\right) AA = \frac{A_0 - A_t}{A_0} \times 100$$

Pri čemu je:

- A_0 - apsorbancija DPPH reagensa na početku mjerenja kada je $t = 0$ min.
- A_t - apsorbancija DPPH reagensa s uzorkom nakon $t = 30$ min (Rajukar i Hande, 2010).

Računanjem vrijednosti postotka antioksidacijske aktivnosti i njihovim uvrštavanjem u dijagram $\% AA = f$ izračunava se vrijednost IC_{50} iz jednadžbe pravca: $y = ax \pm b$. Iz dobivene vrijednosti jednadžbe pravca izračunava se koncentracija koja je potrebna za inhibiciju 50 % DPPH.

ABTS metoda - ABTS method

ABTS (2,2-azino-bis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfonska) kiselina) široko je korišten spoj za određivanje ukupnog antioksidacijskog kapaciteta (TAC - *total antioxidant capacity*) biljnih ekstrakata, hrane, kliničkih tekućina itd. ABTS/TAC test predstavlja spektrofotometrijsku metodu koja koristi oksidirani kation ABTS radikala ($ABTS^{+}$) u reakciji s antioksidansima, pri čemu dolazi do gubitka plavo-zelene boje (Cano i sur., 2023). Metodom se spektrofotometrijski na 734 nm mjeri reakcija između antioksidansa i $ABTS^{+}$, zbog čega dolazi do stvaranja bezbojnog ABTS (Demiray i sur., 2009; prema Žabić, 2015). Smanjivanje koncentracije kationa ABTS radikala direktno je proporcionalno koncentraciji spojeva koji djeluju kao antioksidansi (Žabić, 2015). Postotak inhibicije apsorbancije na 734 nm izračunava se s pomoću formule:

$$\left(\frac{\%}{\%}\right) AA = \frac{A_0 - A_t}{A_0} \times 100$$

pri čemu je:

- A_0 - apsorbancija reagensa i etanola;
- A_t - apsorbancija reagensa i biljnog uzorka/standarda (Rajukar i Hande, 2010).

IC_{50} ili koeficijent inhibicije određuje se iz grafikona, a definira se kao količina antioksidansa potrebna za smanjenje početne koncentracije DPPH/ABTS radikala za 50 % (Bhoyar i sur., 2018).

FRAP metoda - FRAP method

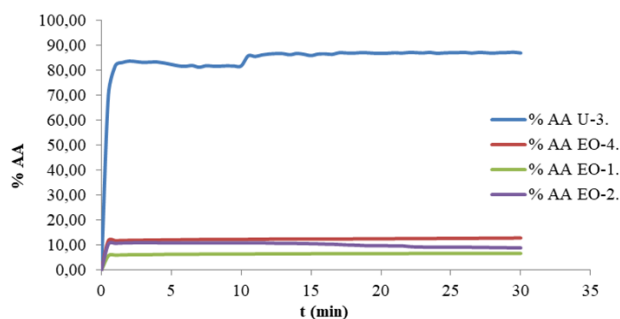
Procjena antioksidacijskog kapaciteta uzoraka može se odrediti mjerenjem redukcijskog potencijala upotrebom FRAP metode (Tharindu Madhuranga i Samarakoon, 2023). Metoda se temelji na redukciji Fe^{3+} bezbojnog TPTZ kompleksa u Fe^{2+} plavo obojeni kompleks tripiridiltriazin koji je nastao djelovanjem antioksidanasa, odnosno donora elektrona pri niskim pH vrijednostima. Spektrofotometrijskim mjerenjem prati se promjena apsorbancije na 593 nm (Rajukar i Hande, 2010). Kao standard se koristila askorbinska kiselina (vitamin C).

REZULTATI I DISKUSIJA

RESULTS AND DISCUSSION

Rezultati DPPH metode - Results of the DPPH method

Vrijednosti prema DPPH metodi izražene su kao postotak antioksidacijske aktivnosti (% AA) u koncentraciji od 1 mg/mL i iznose: U-3 ($83,65 \pm 11,27$) > EO-4 ($12,25 \pm 1,62$) > EO-2 ($10,05 \pm 1,51$) > EO-1 ($6,43 \pm 0,86$). Iz prethodnog je vidljivo da hidrodestilirano esencijalno ulje (EO-1) ima najslabiju antioksidacijsku aktivnost prema DPPH metodi. Prema istraživanju Viuda-Maros i sur. (2011), rezultati dobiveni različitim metodama za određivanje antioksidacijske aktivnosti više vrsta biljaka također ističu esencijalno ulje lavande kao slab antioksidans.



Slika 1. Tijek reakcije prema DPPH metodi

Figure 1. The course of the reaction according to the DPPH method

Na Slici 1. vidljivo je da se vrijednost IC_{50} može izračunati samo za vodeni ostatak nakon hidrodestilacije (U-3), dok je za hidrodestilirano ulje (EO-1), etil acetatni uzorak (EO-2), kao i komercijalno ulje (EO-4) izražen postotak antioksidacijske aktivnosti. Koncentracija vodenog ostatka

nakon hidrodestilacije (U-3) koja daje 50 % inhibicije, tj. IC_{50} , očitana je iz grafičkog prikaza (Slika 1.) i predstavlja koncentraciju ispitivanog uzorka potrebnog za smanjenje slobodnih radikala za 50 %. Niske vrijednosti IC_{50} ukazuju na višu antioksidacijsku aktivnost. U istraživanju Chrysargyris i sur. (2020) ispitivan je utjecaj nadmorske visine na antioksidacijski kapacitet odabranih vrsta biljaka, pri čemu su vrijednosti dobivene prema DPPH metodi za esencijalno ulje lavande iznosile $16,06 \pm 0,69$ mg Trolox g^{-1} fw. Navedenom studijom istaknut je utjecaj okolišnih uvjeta (nadmorske visine) na antioksidacijsku aktivnost ispitivanih esencijalnih ulja te je ista uzrokovana utjecajem na biosintezu određenih spojeva koji imaju veći ili manji antioksidacijski potencijal. U istraživanju Radi i sur. (2024) dobivene vrijednosti antioksidacijske aktivnosti za dva uzorka esencijalnih ulja *L. stoechas* i *L. abrialis* iznose $IC_{50} = 12,94$ $\mu g/mL$, odnosno $IC_{50} = 34,71$ $\mu g/mL$. Razlike u antioksidacijskom potencijalnu analiziranih uzoraka pripisuju se prisustvu kamfora, glavnog spoja proučavanih esencijalnih ulja koji je pokazao snažnu korelaciju s antioksidacijskom aktivnošću. Prema istraživanju Nikšić i sur. (2017), vrijednosti % inhibicije prema DPPH metodi iznosile su od 11,41 do 89,83 % u koncentracijama od 0,12 do 0,74 mg/mL. Vrijednost IC_{50} je bila 0,421 mg/mL, odnosno ispitivano esencijalno ulje inhibiralo je koncentraciju od 50 %, a navedena aktivnost ovisila je o dozi. U istraživanju Ceylan i sur. (2015) utvrđeno je da je postotak inhibicije DPPH radikala ekstraktom *Lavandula stoechas* iznosio $69,31 \pm 1,24$ % pri koncentraciji ekstrakta od 0,5 mg/mL. Na temelju navedenih rezultata, metanolni ekstrakt *L. stoechas* mogao se koristiti za smanjivanje DPPH radikala s vrijednošću IC_{50} od $0,300 \pm 0,010$ mg/mL.

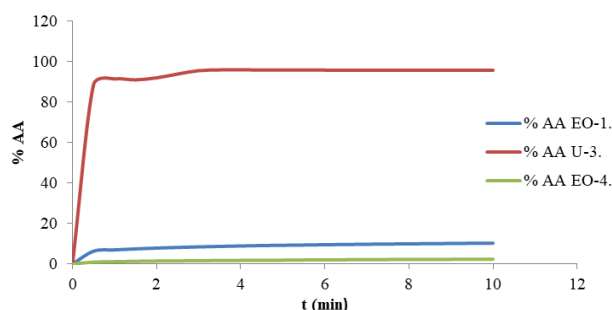
Iz Tablice 1. može se zaključiti da vodeni ostatak nakon hidrodestilacije (U-3) ima izrazitu antioksidacijsku aktivnost u koncentraciji od 1 mg/mL, dok komercijalni uzorak (EO-4) dostiže 12,25 %, a macerirani uzorak (EO-2) 10,05 % antioksidacijske aktivnosti za istu koncentraciju. Uzorak hidrodestiliranog esencijalnog ulja (EO-1) dostiže samo 6,43 % antioksidacijske aktivnosti za istu koncentraciju. Također, studija Talić i sur. (2023) ukazuje na niske vrijednosti antioksidacijske aktivnosti esencijalnog ulja lavande, pri čemu je koncentracija od 300 mg/mL dostigla više od 50 % aktivnosti hvatanja slobodnih radikala. Studija Odak i sur. (2015) također predstavlja analizirano esencijalno ulje *L. angustifolia* kao slab antioksidans s vrijednostima inhibicije od 13,3 % pri koncentraciji 20 mg/mL prema DPPH metodi. Nicolai i sur. (2016) u svom su istraživanju ispitivali antioksidacijsku aktivnost etanolnih ekstrakata više vrsta ljekovitog bilja, između ostalog i lavande, a objavom rezultata predstavili su etanolni ekstrakt lavande s najslabijom antioksidacijskom aktivnošću u odnosu na druge ispitivane uzorke.

DPPH metodom analizirani su uzorci hidrodestiliranog, kao i komercijalnog esencijalnog ulja u koncentraciji od 10 mg/mL, a dobivene vrijednosti su 16,64 % za hidrodestilirano i 13,69 % za komercijalno ulje.

Primjenom veće koncentracije antioksidacijska aktivnost analiziranih uzoraka značajno ne raste, a da bi neki uzorak smatrali efikasnim antioksidansom nužno je da u niskoj koncentraciji reducira slobodne radikale.

Rezultati ABTS metode - Results of the ABTS method

Prema ABTS metodi, svi uzorci analizirani su u koncentraciji od 1 mg/mL, a tijek reakcije prikazan je na Slici 2. Vrijednosti antioksidacijske aktivnosti prema ABTS metodi izražene kao % AA u koncentraciji od 1 mg/mL su sljedeće: U-3 ($90,27 \pm 20,78$) > EO-1 ($8,60 \pm 2,26$) > EO-4 ($1,79 \pm 0,58$). Odnosno, hidrodestilirano ulje (EO-1) imalo je antioksidacijsku aktivnost od 8,60 %, a komercijalno ulje (EO-4) samo 1,79 %. Vodeni ostatak nakon hidrodestilacije (U-3) pokazao je izuzetnu antioksidacijsku aktivnost od čak 90,27 % te je bilo moguće izračunati i vrijednost IC_{50} koja je iznosila $0,135 \pm 0,003$. Vrijednosti antioksidacijske aktivnosti iz studije sprovedene od strane Pljevljakušić i sur. (2023) prema ABTS metodi izražene preko standarda Troloxa za esencijalna ulja dvije vrste lavande iznose od $19,01 \pm 20$ do $15,2 \pm 1,1$ mg/L Trolox.



Slika 2. Tijek reakcije prema ABTS metodi

Figure 2. The course of the reaction according to the ABTS method

Kao i u slučaju DPPH metode, primjenom koncentracija većih od 1 mg/mL prema ABTS metodi antioksidacijska aktivnost značajno se ne povećava. Koncentracija od 10 mg/mL hidrodestiliranog ulja dostiže samo oko 20,95 % antioksidacijske aktivnosti. Zbog ovih rezultata, antioksidacijsku aktivnost za esencijalno ulje nije moguće izraziti kao IC_{50} vrijednost.

Rezultati FRAP metode - Results of the FRAP method

Vrijednosti antioksidacijske aktivnosti prema FRAP metodi izražene kao mg Evit. C/g ekstrakta su sljedeće: U-3 ($1099,45 \pm 25,39$) > EO-4 ($48,38 \pm 3,23$) > EO-1 ($4,65 \pm 0,62$), a prikazane su u Tablici 1. Slika 3. predstavlja kalibracijsku krivulju vitamina C na temelju koje je izračunata koncentracija koja odgovara ekvivalentu mase po gramu uzorka. Očekivano je slaba antioksidacijska

Tablica 1. Pregled dobivenih rezultata za uzorke ispitivane različitim metodama antioksidacijske aktivnosti
Table 1. Overview of the obtained results for the samples tested by different methods of antioxidant activity

Uzorci Sample	DPPH		ABTS		FRAP mg Evit. C/g ekstrakta
	IC ₅₀	% AA (1 mg/mL)	IC ₅₀	% AA (1 mg/mL)	
EO-1	-	6,43 ± 0,86	-	8,60 ± 2,26	4,65 ± 0,62
EO-2	-	10,05 ± 1,51	-	-	-
U-3	0,032 ± 0,006	83,65 ± 11,27	0,135 ± 0,003	90,27 ± 20,78	1099,45 ± 25,39
EO-4	-	12,25 ± 1,62	-	1,79 ± 0,58	48,38 ± 3,23

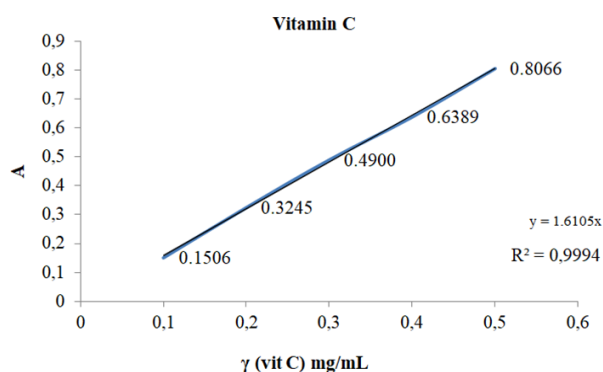
*Svi uzorci analizirani su u triplikatima ± SD
 *All samples were analyzed in triplicate ± SD

aktivnost hidrodestiliranog esencijalnog ulja i prema FRAP metodi. Varijacije u rezultatima mogu se pripisati različitim principima na kojima se temelje navedene metode. Razlike u antioksidacijskim svojstvima uzoraka ispitivanih biljnih vrsta (uključujući i vrstu) pod utjecajem su nekoliko čimbenika kao što su sezona berbe biljnog materijala, geografsko porijeklo, izabrana metoda ekstrakcije kao i dio biljke koji se ekstrahira (Teixeira i sur., 2013; prema Odak i sur., 2015). U istraživanju koje su proveli Molina i sur. (2022) vršena je procjena antioksidacijskog kapaciteta esencijalnog ulja lavande s pomoću metoda FRAP i ABTS, pri čemu su dobiveni rezultati 88,24 μmol Fe²⁺/g, odnosno 101,23 μmol Trolox/g. Istraživanje López i sur. (2024) temeljilo se na ispitivanju antioksidacijske aktivnosti ekstrakata suhih listova lavande s pomoću tri antioksidacijske metode: DPPH, ABTS i FRAP, pri čemu su dobiveni postoci inhibicije 60,99 %, 79,86 % i 0,07 mg Troloxa/mL. Studija zaključuje da raznoliki kemijski sastav utječe na visoku antioksidacijsku aktivnost koja je posebno izražena zbog prisustva fenolnih spojeva. Etil acetatni uzorak (EO-2) nije se ispitivao ovom metodom zbog izrazito slabe aktivnosti. U istraživanju koje su proveli Talić i sur. (2023) etil acetatni uzorak postigao je 50 % inhibicije, ali u koncentraciji od 20 g/L, pri čemu studija zaključuje kako je navedeni uzorak umjereni antioksidans. Studija ukazuje kako su vodeni uzorak i etanolni ekstrakti pokazali značajnu antioksidacijsku

aktivnost prema DPPH metodi s vrijednostima od 78,1 do 78,5 % pri koncentracijama od 10, odnosno 20 mg/mL, kao i prema FRAP metodi, tj. isti ekstrakti pokazuju najveću reducirajuću moć pri koncentraciji od 10 mg/mL. Prema svim korištenim metodama za određivanje antioksidacijske aktivnosti, najbolju aktivnost pokazao je vodeni ostatak nakon hidrodestilacije (U-3). Antioksidacijsku aktivnost posjeduju fenolni spojevi. Međutim, lavanda se najčešće upotrebljava za proizvodnju esencijalnog ulja, pri čemu neisparljivi fenolni spojevi zaostaju u vodenom dijelu. Upravo iz tih razloga, najbolju antioksidacijsku aktivnost pokazuje vodeni ostatak nakon hidrodestilacije. Najbitnija značajka fenolnih spojeva i biljnih flavonoida njihova je antioksidacijska aktivnost (Brunetti i sur., 2013; Szwajgier i sur., 2013; prema Nurzyńska-Wierdak i Zawislak, 2016). Antioksidacijsko djelovanje ekstrakata biljnih vrsta objašnjava se kroz mehanizam sinergijskog djelovanja flavonoida, antocijana, fenolnih spojeva, kumarina, tanina i mineralnih spojeva (Eghdami i Sadeghi, 2010; Nuñez i sur. 2012; Saeed i sur., 2012; prema Nurzyńska-Wierdak i Zawislak, 2016). Određivanjem kvalitativnog sastava vodenog ostatka nakon hidrodestilacije mogli bi se identificirati spojevi koji su odgovorni za antioksidacijsku aktivnost.

ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Na temelju rezultata dobivenih u provedenom istraživanju može se zaključiti da postoje značajne razlike u antioksidacijskoj aktivnosti među različitim uzorcima lavande. Esencijalna ulja, uključujući hidrodestilirana i komercijalna, kao i uzorak maceriran u etil acetatu, nisu pokazali značajnu antioksidacijsku aktivnost prema metodama DPPH, ABTS i FRAP. S druge strane, vodeni ostatak nakon hidrodestilacije dobiven nakon hidrodestilacije ističe se izuzetnom antioksidacijskom aktivnošću, što je potvrđeno svim primijenjenim metodama. Navedeni uzorak pokazuje najniže IC₅₀ vrijednosti za DPPH (0,032 ± 0,006 mg/mL) i ABTS (0,135 ± 0,003 mg/



Slika 3. Kalibracijska krivulja za vitamin C
Figure 3. Calibration curve for vitamin C

mL) te najbolje rezultate prema FRAP metodi, što ukazuje na njegovu značajnu sposobnost neutralizacije slobodnih radikala i visoki antioksidacijski kapacitet.

Visoka antioksidacijska aktivnost uzrokovana je prisutnošću fenolnih spojeva, koji su poznati po svojoj sposobnosti da neutraliziraju slobodne radikale, smanjuju oksidativni stres i štite stanice od oštećenja. Fenolni spojevi ključni su za ovu aktivnost zbog svoje sposobnosti da doniraju elektrone slobodnim radikalima i stabiliziraju ih, čime sprečavaju dalje oštećenje stanica. Antioksidacijski potencijal potječe i od vodonetopivih spojeva: flavonoida i saponina. Esencijalna ulja sadrže lipofilne spojeve koji imaju dosta niži antioksidacijski potencijal.

Dobiveni rezultati ukazuju na značaj i potencijal vodenog ostatka nakon hidrodestilacije koji se pokazao kao značajan izvor prirodnih antioksidansa, što otvara mogućnosti za daljnja istraživanja. Na temelju dobivenih rezultata, daljnja istraživanja će se usredotočiti na detaljniju procjenu bioaktivnih komponenti vodenog ostatka nakon hidrodestilacije.

LITERATURA

REFERENCES

- Baliyan, S., R. Mukherjee, A. Priyadarshini, A. Vibhuti, A. Gupta, R.P. Pandey, C. M. Chang, 2022: Determination of antioxidants by DPPH radical scavenging activity and quantitative phytochemical analysis of ficus religiosa. *Molecules* 27: 1326. doi: <https://doi.org/10.3390/molecules27041326>.
- Bhojar, M. S., G. P. Mishra, P. K. Naik, S. B. Singh, 2018: Evaluation of Antioxidant Capacities and total Polyphenols in Various Edible Parts of Capparis spinosa L. Collected from trans-Himalayas. *Defence Life Science Journal*. 3. (2): 140-145. doi: 10.14429/dlsj.3.12570.
- Cano, A., A. B. Maestre, J. Hernández-Ruiz, M. B. Arnao, 2023: ABTS/TAC Methodology: Main Milestones and Recent Applications. *Processes* 2023, 11. 185. doi: <https://doi.org/10.3390/pr11010185>.
- Ceylan, Y., K. Usta, E. Maltas, S. Yildiz, 2015: Evaluation of Antioxidant Activity, Phytochemicals and ESR Analysis of Lavandula Stoechas. *Acta physica polonica A*. 128. (2015): No. 2-5. doi: 10.12693/APhysPolA.128.B-483.
- Chrysargyris, A., M. Mikallou, S. Petropoulos, N. Tzortzakis, 2020: Profiling of essential oils components and polyphenols for their antioxidant activity of medicinal and aromatic plants grown in different environmental conditions. *Agronomy* 2020. 10. 727; doi: 10.3390/agronomy10050727.
- Dorbić, B. E. Temim, 2018: Valorizacija dendro elemenata u parkovima i pejzažnim površinama na području Šibensko-kninske županije. *Annales-Anali za Istrske in Mediteranske Studije-Series Historia et Sociologia*, 28 (1): 167-192, doi: 10.19233/ASHS.2018.12.
- Dorbić, B., Karlo, T, Temim, E, Gugić, M, Friganović, E, Šarolić, M, Delić, Ž, Temim, A. Hadžiabulić, 2015: Istraživanje stavova o primjeni aromatičnih vrsta u vrtovima Drniša i okolice. *Glasnik Zaštite Bilja*, 38 (6), 6-14.
- Franjić, J., Ž. Škvorc, 2010: Šumsko drveće i grmlje Hrvatske. Sveučilište u Zagrebu-Šumarski fakultet, 432 str.
- Gašparović, I., Španjol, Ž, Dorbić, B, Vrh, N. Tolić, I, Vojinović, M. S. Stevanović, 2022: Krajobrazno-ekološka valorizacija u kontekstu zaštite i revitalizacije Park šume Hober u Korčuli - R. Hrvatska. *Šumarski list*, 146 (5-6), 225-241. <https://doi.org/10.31298/sl.146.5-6.5>
- Gulcin, I., S. H. Alwasel, 2023: DPPH Radical Scavenging Assay. *Processes* 2023, 11. (8): 2248; doi: <https://doi.org/10.3390/pr11082248>.
- Habán, M., J. Korczyk-Szabó, S. Čerteková, K. Ražná, 2023: Lavandula Species, Their Bioactive Phytochemicals, and Their Biosynthetic Regulation. *Int J Mol Sci*. 2023. 24. (10): 8831. doi: [10.3390/ijms24108831](https://doi.org/10.3390/ijms24108831)
- Herman, J., 1971: Šumarska dendrologija. Stanbiro, Zagreb, 470 str.
- Idžojić, M., 2013: Dendrologija: cvijet, češer, plod, sjeme, Sveučilište u Zagrebu Šumarski fakultet, 672 str.
- Kajtaž, E, 2019: Izolacija i određivanje hemijskog sastava i antioksidacijske aktivnosti esencijalnog ulja *Lavandula angustifolia* Miller. Magisterij. Univerzitet u Sarajevu. Prirodno-matematički fakultet.
- Kasote, D. M., S. S. Katyare, M. V. Hegde, H. Bae, 2015: Significance of Antioxidant Potential of Plants and its Relevance to Therapeutic Applications. *Int J Biol Sci*. 2015; 11. (8): 982–991. doi: [10.7150/ijbs.12096](https://doi.org/10.7150/ijbs.12096).
- Kiproviski, B., T. Zeremski, A. Varga, I. Čabarkapa, J. Filipović, B. Lončar, M. Aćimović, 2023: Essential oil quality of lavender grown outside its native distribution range: a study from Serbia. *Horticulturae* 2023, 9. (7): 816; doi: <https://doi.org/10.3390/horticulturae9070816>.
- Kovačić, S. i sur., 2008: Flora jadranske obale i otoka-250 najčešćih vrsta. Školska knjiga, Zagreb, 560 str.
- López, W. Y. V., C. J. C. Alvarado, M. D. D. Medica, et al. Evaluation of antibacterial and antioxidant properties of Lavandula officinalis extracts obtained by ultrasound. *Int J Mol Biol Open Access*. 2024; 7. (1): 15-19. doi: 10.15406/ijmboa.2024.07.00159.
- Madhuranga H. D. T., D. N. A. W. Samarakoon, 2023: Advancing In vitro Antioxidant Activity Assessment: A Comprehensive Methodological Review and Improved Approaches for DPPH, FRAP and H2O2 Assays. *Nat Ayurvedic Med* 2023. 7. (4): 000431. doi: 10.23880/jonam-16000431.
- Molina, R., J. Orlando, T. Castellano, A. Maricela, Z. Ochoa, Z. Eliana, Z. Altamirano, L. Emilio, P. Rosero, O. Fabricio, 2022: Aceite esencial de lavanda (Lavandula angustifolia). *UTCiencia*. ISSN-e 2602-8263. ISSN 1390-6909, 9. (3): 113-127.
- Molyneux, P., 2003: The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, 2004, 26. (2): 211-219.

- Nerdy, N., K. Manurung, 2018: Spectrophotometric method for antioxidant activity test and total phenol determination of red dragon fruit leaves and white dragon fruit leaves. *Rasayan J. Chem.*, 11. (3): 1183-1192. doi: <http://dx.doi.org/10.31788/RJC.2018.1134018>.
- Nicolai, M., P. Pereira, R. F. Vitor, C. Pinto Reis, A. Roberto, P. Rijo, 2016: Antioxidant activity and rosmarinic acid content of ultrasound-assisted ethanolic extracts of medicinal plants. *Measurement* 89: 328-332. doi: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2016.04.033>.
- Nikolić, T, ur.: 2015: Flora Croatica baza podataka (<http://hirc.botanic.hr/fcd>). Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu (pristupljeno: kolovoz 2024).
- Nikšić, H., E. Kovač-Bešović, K. Durić, J. Kusturica, S. Muratović, 2017: Antiproliferative, antimicrobial, and antioxidant activity of *Lavandula angustifolia* Mill. essential oil. *Journal of Health Sciences* 2017; 7. (1): 35-43. doi: <https://doi.org/10.17532/jhsci.2017.412>.
- Nurzyńska-Wierdak, R., G. Zawiślak, 2016: Chemical composition and antioxidant activity of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) aboveground parts. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*. 15. (5): 225-241.
- Odak, I., S. Talić, A. Martinović Bevanda, 2015: Chemical composition and antioxidant activity of three Lamiaceae species from Bosnia and Herzegovina. *Bulletin of the Chemists and Technologists of Bosnia and Herzegovina* 2015, 45: 23-30.
- Piskernik, S., M. Jaršek, A. Klančnik, S. Smole Možina, F. Bucar, B. Jaršek, 2022: Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils made from *Lavandula x intermedia* from Hvar (Croatia). *Natural Product research* 2023. 37. (23): 4018-4022 doi: <https://doi.org/10.1080/14786419.2022.2161539>.
- Pljevljakušić, D., S. Kostadinović Veličkovska, Lj. Mihajlov, A. Čerepnalkovski, 2023: *Chemical composition and biological activity of lavandin and lavender essential oils*. *La Rivista Italiana delle Sostanze Grasse*, 100. (2): 91-103. ISSN 2611-9013. URL: <https://eprints.ugd.edu.mk/id/eprint/32229>.
- Politeo, O., M. Jukić, M. Miloš, 2005: Chemical Composition and Antioxidant Activity of Essential Oils of Twelve Spice Plants. *Croatia chemica acta CCAACAA* 79. (4): 545-552.
- Prusinowska, R., K. B. Smigielski, 2014: Composition, biological properties and therapeutic effects of lavender (*Lavandula angustifolia* L.). A review. *Herba polonica* 60. (2). doi: 10.2478/hepo-2014-0010.
- Radi, M., Z. Eddardar, A. Drioiche, F. Remok, M. E. Hosen, K. Zibouh, B. Ed-Damsyry, A. Bouatkiout, S. Amine, H. Touijer, A. M. Salamatullah, M. Bourhia, S. Ibenmoussa, T. Zair, 2024: Comparative study of the chemical composition, antioxidant, and antimicrobial activity of the essential oils extracted from *Lavandula abrialis* and *Lavandula stoechas*: in vitro and in silico analysis. *Front. Chem.* 12: 1353385. doi: 10.3389/fchem.2024.1353385.
- Rajukar, N. S., S. M. Hande, 2010: Estimation of phytochemical content and antioxidant activity of some selected traditional Indian medicinal plants. *Indian J Pharm Sci*, 73. (2): 146-151. doi: 10.4103/0250-474x.91574.
- Sethy, A., P. Mishra, H. Mohanty, B. Patra, S. Sethi, S. Mishra, J. Prakash Sahoo, 2024: Unlocking the Secrets: Lavender Essential Oil and Its Potential Health Benefits. *Food and Scientific Reports*, 5. (3): 58-66. doi: 10.13140/RG.2.2.24775.51366.
- Sharifi-Rad, J., A. Sureda, G. C. Tenore, M. Daglia, M. Sharifi-Rad, M. Valussi, R. Tundis, M. Sharifi-Rad, M. R. Loizzo, A. Oluwaseun Ademiluyi, R. Sharifi-Rad, S. A. Ayatollahi, M. Iriti, 2016: Biological activities of essential oils: from plant chemoeology to traditional healing systems. *Molecules* 2017. 22. (1): 70; doi: 10.3390/molecules22010070.
- Sharma, P., A. Bhushan Jha, R. Shanker Dubey, M. Pessarakli, 2012: Reactive Oxygen Species, Oxidative Damage, and Antioxidative Defense Mechanism in Plants under Stressful Conditions. *Hindawi Publishing Corporation Journal of Botany* 2012. Article ID 217037. 26. doi: 10.1155/2012/217037.
- Šilješ, I., Đ. Grozdanić, I. Grgesina, 1992: Poznavanje, uzgoj i prerada ljekovitog bilja. Školska knjiga Zagreb.
- Talić, S., I. Odak, M. Marković Boras, A. Smoljan, A. Martinović Bevanda, 2023: Essential oil and extracts from *Lavandula angustifolia* Mill. cultivated in Bosnia and Herzegovina: Antioxidant activity and acetylcholinesterase inhibition. *International Journal of Plant Based Pharmaceuticals* 3. (1): 95-103. doi: <https://doi.org/10.29228/ijpbp.21>.
- Tit, D. M., S. G. Bungau, 2023: Antioxidant activity of essential oils. *Antioxidants (Basel)*, 2023 Feb; 12. (2): 383. doi: 10.3390/antiox12020383.
- Viuda-Martos, M., M. A. Mohamady, J. Fernander-López, K. A. Abd ElRazik, E. A. Omer, J. A. Pérez-Alvarez, E. Sendra, 2011: In vitro antioxidant and antibacterial activities of essentials oils obtained from Egyptian aromatic plants. *Food Control* 2011. 22. (11): 1715-1722. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.04.003>.
- Vukičević, E, (1987): *Dekorativna dendrologija*. Naučna knjiga, Beograd, 580 str.
- Wainer, J., A. Thomas, T. Chimhau, K. G. Harding, 2022: Extraction of Essential Oils from *Lavandula x intermedia* 'Margaret Roberts' Using Steam Distillation, Hydrodistillation, and Cellulase-Assisted Hydrodistillation: Experimentation and Cost Analysis. *Plants* 2022, 11. 3479. doi: <https://doi.org/10.3390/plants11243479>.
- Žabić, M., 2015: Antioksidativna aktivnost biljaka iz familije Polygonaceae. *Glasnik hemičara, tehnologa i ekologa Republike Srpske*, 11. (2015): 1-9. doi: 10.7251/GHTE1511001Z.
- Żukowska, G., Z. Durczyńska, 2024: Properties and Applications of Essential Oils: A Review. *Journal of Ecological Engineering* 2024. 25. (2): 333-340 doi: <https://doi.org/10.12911/22998993/177404>.

SUMMARY

Lavender (*Lavandula angustifolia* Miller) is a low, perennial shrub that grows in countries around the western Mediterranean. It originates from sunny rocky areas and is primarily cultivated for its essential oils. Various studies have shown that certain types of medicinal plants, such as *L. angustifolia* Miller, containing linalool and linalyl acetate ester, have a mild sedative effect and are used in aromatherapy and phytotherapy to relieve stress. The aim of this study is to determine the antioxidant activity of lavender samples. Samples of plant material were collected from the following areas: Gubavica (municipality of Mostar) and Šehovina (city of Mostar). The following samples were analyzed: the essential oil obtained by hydrodistillation of the plant material (Gubavica), the sample macerated in ethyl acetate (Šehovina), the collected aqueous residue after hydrodistillation, and commercial essential oil. The determination of the antioxidant activity of the samples was carried out using the following methods: DPPH, ABTS, and FRAP. Hydrodistilled essential oil, as well as commercial oil, showed weaker antioxidant activity, which was confirmed by all the methods used. Weaker antioxidant activity was also observed in the analysis of the ethyl acetate sample. By monitoring the reaction progress for the aforementioned samples it was impossible to calculate the IC_{50} value. The aqueous residue after hydrodistillation showed the highest antioxidant activity according to all methods used, confirmed by the IC_{50} value according to the DPPH method, which was 0.032 ± 0.006 mg/mL, while for the ABTS method, the IC_{50} value was 0.135 ± 0.003 mg/mL. Also, according to the FRAP method, the aqueous residue after hydrodistillation exhibited the best antioxidant activity (1099.45 ± 25.39 mg Evit. C/g of the extract). By comparing the chemical composition and antioxidant activity of the tested samples, it can be concluded that the antioxidant effect is due to the phenolic compounds found in the aqueous residue after the hydrodistillation of the essential oil, which exhibited the best activity. In contrast, the compounds that make up the essential oil itself have only minor effectiveness regarding antioxidant capacity.

KEY WORDS: Lavender, antioxidant activity, DPPH, ABTS, FRAP