

# Antioksidacijsko i antimikrobno djelovanje eteričnih ulja i ekstrakata mediteranskog bilja

---

**Kovačec, Lucija**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:737519>

*Rights / Prava:* [Attribution-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-06**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology](#)



**Sveučilište u Zagrebu**  
**Prehrambeno-biotehnološki fakultet**  
**Preddiplomski studij Prehrambena tehnologija**

**Lucija Kovačec**

7548/PT

**ANTIOKSIDACIJSKO I ANTIMIKROBNO DJELOVANJE  
ETERIČNIH ULJA I EKSTRAKATA MEDITERANSKOG  
BILJA**

**ZAVRŠNI RAD**

**Predmet:** Kemija i biokemija hrane

**Mentor:** prof. dr. sc. Irena Landeka Jurčević

**Zagreb, 2020.**

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

**Sveučilište u Zagrebu**

**Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

**Preddiplomski sveučilišni studij Prehrambena tehnologija**

**Zavod za poznavanje i kontrolu sirovina i prehrambenih proizvoda**

**Laboratorij za kemiju i biokemiju hrane**

**Znanstveno područje: Biotehničke znanosti**

**Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija**

## **ANTIOKSIDACIJSKO I ANTIMIKROBNO DJELOVANJE ETERIČNIH ULJA I EKSTRAKATA MEDITERANSKOG BILJA**

***Lucija Kovačec, 58212582***

**Sažetak:** U ovom je radu istraživana antioksidacijski i antimikrobni učinak eteričnih ulja i ekstrakata vrsta *Salvia officinalis* i *Lavandula angustifolia* koje se u ljudskoj upotrebi koriste već više tisuća godina. Obje vrste bogate su fenolnim spojevima, od kojih je u kadulji najzastupljenija ružmarinska kiselina, a u lavandi ferulinska kiselina. Eterična ulja i ekstrakti ovih vrsta u brojnim provedenim istraživanjima pokazali su izražen antioksidacijski i antimikrobni učinak koji se uglavnom pripisuje fenolima, te mogu pronaći brojnu primjenu u prehrambenoj industriji u svrhu konzerviranja hrane te aromatiziranja hrane. Na intenzitet antioksidacijskog i antimikrobnog djelovanja utječu brojni čimbenici kao što su tlo, klima, temperatura.

**Ključne riječi:** kadulja, lavanda, antioksidacijsko djelovanje, antimikrobno djelovanje, fenolni spojevi

**Rad sadrži:** 27 stranica, 11 slika, 70 literaturnih navoda

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Rad je u tiskanom i elektroničkom obliku pohranjen u:** Knjižnica Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

**Mentor:** prof. dr. sc. Irena Landeka Jurčević

**Datum obrane:** 10. srpanj, 2020.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Bachelor thesis

**University of Zagreb**  
**Faculty of Food Technology and Biotechnology**  
**University undergraduate study Food Technology**

**Department of Food Quality Control**  
**Laboratory for Food Chemistry and Biochemistry**

**Scientific area: Biotechnical Sciences**  
**Scientific field: Food Technology**

### **ANTIOXIDANT AND ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF ESSENTIAL OILS AND EXTRACTS OF MEDITERRANEAN HERBS**

***Lucija Kovačec, 58212582***

**Abstract:** In this thesis work, the antioxidant and antimicrobial activity of essential oils and extracts of species *Salvia officinalis* and *Lavandula angustifolia* that have been in human use for thousands of years, was investigated. Both species are rich in phenolic compounds, of which rosmarinic acid is the most abundant in sage and ferulic acid in lavender. Essential oils and extracts of these species in numerous studies have shown a pronounced antioxidant and antimicrobial activity, which is mainly attributed to phenols, and can find numerous applications in the food industry for the purposes of preserving and flavoring food. The intensity of antioxidant and antimicrobial activity is influenced by a number of factors such as soil, climate, temperature.

**Keywords:** sage, lavender, antioxidant activity, antimicrobial activity, phenolic compounds

**Thesis contains:** 27 pages, 11 figures, 70 references

**Original in:** Croatian

**Thesis is in printed and electronic form deposited in:** the library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

**Mentor:** : PhD. Irena Landeka Jurčević, Full professor

**Defence date:** July 10<sup>th</sup>, 2020

## Sadržaj

1. UVOD .....	1
2. TEORIJSKI DIO .....	2
2.1. KADULJA ( <i>Salvia officinalis</i> L.) .....	2
2.1.1. Osnovne karakteristike.....	2
2.1.1. Kemijski sastav .....	4
2.1.2. Djelovanje i upotreba .....	4
2.2. LAVANDA ( <i>Lavandula angustifolia</i> ).....	5
2.2.1. Osnovne karakteristike .....	5
2.2.2. Kemijski sastav .....	7
2.2.3. Djelovanje i upotreba .....	7
2.3. FENOLNI SPOJEVI .....	8
2.3.1. Flavonoidi .....	8
2.3.2. Fenolne kiseline i srodni spojevi .....	9
2.3.3. Fenolni spojevi kadulje .....	11
2.3.4. Fenolni spojevi lavande .....	13
2.4. ANTIOKSIDACIJSKI KAPACITET.....	14
2.4.1. Antioksidacijski kapacitet kadulje i lavande.....	15
2.5. ANTIMIKROBNO DJELOVANJE ETERIČNIH ULJA I EKSTRAKATA.....	16
2.5.1. Uloga eteričnih ulja i ekstrakata u očuvanju hrane .....	20
3. ZAKLJUČAK .....	21
4. LITERATURA .....	22

## 1. UVOD

Kadulja (žalfija, slavulja, kadilja, kuš, pelim) ili latinski *Salvia officinalis* je višegodišnja, zimzelena i polugrmovita biljka koja pripada porodici *Lamiaceae* (usnače). Potječe s Balkanskog poluotoka i raste na suhom kamenitom tlu na priobalju i otocima. Prepoznatljiva je po svojim svijetlo-ljubičastim cvjetovima, a svaki dio biljke ima izrazito jak aromatičan miris. Njena upotreba seže daleko u prošlost te se svrstava u najstarije ljekovite i začinske biljke (Gelenčir i Gelenčir, 1991). Bogata je biološki aktivnim spojevima koji su uglavnom locirani u listu. Najveći udio među spojevima zauzimaju fenolni spojevi, preciznije, hidroksicimetne kiseline i derivati, od kojih glavnu ulogu imaju derivati kava-kiseline, a posebice ružmarinska kiselina (Kamatou i sur., 2010). Neka od djelovanja koja joj se pripisuju su: baktericidno, fungicidno, antiseptičko i protuupalno. Eterično ulje kadulje upotrebljava se u kozmetičkoj, parfemskoj, farmaceutskoj i prehrambenoj industriji te u kulinarstvu.

Lavanda (despik) ili latinski *Lavandula angustifolia* je višegodišnja zimzelena polugrmolika biljka koja također pripada porodici *Lamiaceae*. Samonikla je biljka koja najbolje raste u toploj sredozemnoj klimi, ali može se i kultivirati te rasti i na kontinentalnom području. Ljudi je koriste već više od 2000 godina. Ima sitne cvjetove koji posjeduju karakterističnu modroljubičastu boju i izrazito je jakog aromatičnog mirisa. Glavninu njenog sastava čini eterično ulje, a u cvijetu se u velikom udjelu nalazi ružmarinska kiselina. Veliki utjecaj na sastav lavande, kao i kod kadulje, ima temperatura te kiša netom prije berbe (Mihovilović, 2017). Utvrđena su brojna djelovanja lavande: protuupalno, analgetičko, antiseptično, sedativno, antimikrobno, insekticidno, kod liječenja reumatizma te kod umirenja i ublažavanja probavnih tegoba.

Kadulja i lavanda bogate su fenolnim spojevima kojima se pripisuju mnoga djelovanja: antimikrobno, antioksidacijsko, antiseptičko, protuupalno i dr. Njihov sadržaj u biljkama ovisi o vrsti, uzgoju, stupnju zrelosti, okolišu te uvjetima prerade i skladištenja.

Cilj ovoga rada bio je istražiti antioksidacijsko i antimikrobno djelovanje eteričnog ulja i ekstrakata kadulje i lavande.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. KADULJA (*Salvia officinalis* L.)

#### 2.1.1. Osnovne karakteristike

Kadulja je ljekovita i aromatska biljna vrsta koja spada u porodicu *Lamiaceae* (usnače), u podporodicu Nepetoideae, tribus Menthae, subtribus Salviinae te u rod *Salvia* (Drew i Sytsma, 2012) (slika 1).



**Slika 1.** Kadulja (Anonymous 1, 2020)

Neki narodni nazivi koji su također u upotrebi su žalfija, slavulja, kadilja, kuš, pelim i mnogi drugi. Izvorno potječe s Balkanskog poluotoka, no uzgaja se i u ostalim dijelovima svijeta. Ljekovita je kadulja samonikla biljka koja raste na suhom kamenitom tlu na priobalju i otocima Republike Hrvatske, ali može se i uzgajati kao što je to slučaj u nekim europskim zemljama. Pod njena staništa spadaju kamenjari, vapnenasto tlo te sunčani položaji. Višegodišnja je biljka koja raste u obliku busenasto razgranatih polugrmova s prosječnom visinom od 30 do 70 cm. Donji dijelovi stabljike su drvenasti i sivosmeđe boje, dok su vršni dijelovi zeljasti (Grdinić i Kremer, 2009).

Stabljika je četverbridna te je slabo ili nikako razgranata. Na stabljici se nasuprotno poredani nalaze listovi koji su uski, eliptični, sitno naborani te s dugom peteljkom. Svim

listovima lice i naličje obraslo je gustim dlakama te su zbog toga sivozelene boje. Cvjetovi ljekovite kadulje su dvospolni i jednodomni, a veličine od 2 do 3 cm. Boja im je svijetlo ljubičasta te izgrađuju pršljenove koji su poredani jedan iznad drugoga (Gelenčir i Gelenčir, 1991) (slika 2).

Čaška je dvousnata s izduženim zupcima. Osobitost cijelog roda *Salvia* je činjenica da cvijet ima samo dva prašnika. Vrijeme cvatnje proteže se od početka svibnja do kraja lipnja. Tijekom cvatnje ugodan miris privlači pčele što kadulju čini bitnom medonosnom biljkom. Korijen je izrazito jak i račvast te njegov sustav penetrira duboko u tlo gdje se formira povećani broj žila (Stepanović i sur. 2009). Plod je okrugao te pomalo izdužen kalavac i raspada se u četiri tamnosmeđa glatka oraščića. Svaki dio biljke izrazito je jakog aromatičnog mirisa koji se ne gubi sušenjem.



**Slika 2.** Cvijet kadulje (Anonymous 2, 2020)

Na području Europe raspoznaju se tri podvrste ove biljke:

1. *Lavandulifolia*
2. *Major*
3. *Minor*

Gore navedene podvrste međusobno razlikujemo prema njihovoj veličini, obliku i dlakavosti listova. Podvrstu *minor* nalazimo na prostorima Republike Hrvatske. Listovi su joj manje dlakavi s dugim peteljka i prosječnom dužinom do 7 cm. Postoje 3 tipa spomenute



podvrste. Sjevernojadranski tip karakterističan je za kvarnersko područje te ga karakteriziraju uškaste liske na peteljci. Srednjejadranski tip svojstven je za makarsko područje, a naziva se i kadulja krstašica. Odlikuju ga izduženi listovi. Južnojadranski tip tipičan je za područje dubrovačkog primorja i Stona te se naziva i „primorska kadulja“. Ovaj tip obilježavaju relativno veliki listovi.

Najcjenjenija kadulja naše zemlje je ona dalmatinska, a posebno ona koja raste na otoku Pagu.

### **2.1.1. Kemijski sastav**

Utvrđeno je da se kemijski sastav *Salvia officinalis* L. sastoji od eteričnog ulja (1-2,5%); od čega monoterpeni ketoni  $\alpha$ - i  $\beta$ -tujon (40-60 %), 1.8-cineol (12-15%), kamfor (8%), borneol (5-7%). Daljnji sastav čine ružmarinska kiselina, flavoni i njihovi glikozidi: salvigenin (1-3%), tanini, triterpenske kiseline: ursolna, oleanolna, diterpenska gorka tvar karnozol, negorka karnozolna kiselina, triterpen germanikol, kalcij te kalij (Toplak Galle, 2005).

Nekoliko čimbenika utječe na kvalitetu i sastav komponenata u ljekovitom bilju. Ovi čimbenici mogu biti ekološki i antropološki. U ekološke spadaju temperatura, geografska širina, voda, tlo, svjetlost, alelopatija, nadmorska visina. Pod antropološke ubrajamo genotip, vrijeme i gustoća sjetve/sadnje, zaštita, navodnjavanje, gnojidba, način i vrijeme berbe (Mihovilović, 2017).

Među najvažnije ekološke čimbenike koji utječu na sastav biljke spadaju temperatura, svjetlost, tlo i voda. Utjecaj temperature na kadulju takav je da više dnevne temperature utječu na bolji rast, a time i na veće količine eteričnog ulja u samoj biljci. Eterično ulje biljke kadulje nastaje u žljezdastim dlačicama koje se nalaze na listovima. S obzirom da su mnoge kemijske tvari topljive u vodi, ako neposredno prije berbe padne kiša doći će do redukcije količine aktivnih tvari.

### **2.1.2. Djelovanje i upotreba**

Upotreba kadulje seže vrlo daleko u ljudsku prošlost i time ju svrstavamo u skupinu najstarijih ljekovitih i začinskih biljaka (Gelenčir i Gelenčir, 1991).

Najstariji pronađeni zapisi o dobrobitima kadulje potječu od prije više od četiri tisućljeća. Tada su je Egipćani rabili za liječenje neplodnosti. Kadulja je bila vrlo cijenjena i među antičkim piscima. Naime naziv *Salvia*, kako ju je Plinije nazvao, potječe od latinskog *salvare* što u prijevodu znači spasiti ili liječiti. Upotreba kadulje u fitofarmaciji može biti vanjska

i unutarnja. Kada je riječ o topikalnoj primjeni, kadulja se ponaša baktericidno, fungicidno, antiseptičko i protuupalno. Primjerice, infuzi ili tinkture od listova uzimaju se za grgljanje ili ispiranje prilikom terapija upala usne šupljine, pri liječenju angine, prilikom upale zubnog mesa, laringitisa, tonzilitisa (Houdret, 2002).

Kada govorimo o oralnoj primjeni, droga kadulje prevenira stvaranje slina i reducira djelovanje žlijezda znojnica. Ovakva vrsta primjene rabi se kod crijevnih i želučanih tegoba. Dokazano je da pospješuje peristaltiku, pa se koristi i kao začim, a osobito u masnim jelima. Koristi se i protiv znojenja kod na primjer žena u menopauzi i adolescenata. Čaj od kadulje djeluje protiv žučnih smetnji te kod opekline. Poznato je i njeno estrogeno djelovanje kod prestanka laktacije i menstrualnih tegoba.

Eterično ulje pronašlo je primjenu u kozmetičkoj industriji, industriji parfema, farmaceutskoj industriji, kulinarstvu te prehrambenoj industriji.

Iako su poznati brojni načini primjene kadulje, kod korištenja kadulje treba biti na oprezu jer se ne smije koristiti duže vrijeme. Naime, velike količine tujona, koji je neurotoksičan, uzrokovat će grčeve, halucinacije, zastoj disanja, depresiju te epileptični napad.

## **2.2. LAVANDA (*Lavandula angustifolia*)**

### **2.2.1. Osnovne karakteristike**

Lavanda je ljekovita i aromatska biljka koja spada u porodicu *Lamiaceae* (usnače), potporodicu *Nepetoideae*, tribus *Ocimeae*, podtribus *Lavandulinae* te u rod *Lavandula* (slika 3). Poznata je i pod narodnim nazivom despik. Rasprostranjena je širom zapadnog sredozemlja, južne Francuske (Provansa), Grčke, Španjolske, Engleske i tako dalje. U našoj zemlji najrasprostranjenija je na otocima Hvaru (Grablje, Brusje), Braču i Visu. Lavanda je samonikla biljka koja optimalne prinose daje u toploj sredozemnoj klimi. Pogoduju joj suhi topli obronci zaklonjeni od vjetra, a uspijeva i na krškom reljefu (Kuštrak, 2005).

Iako potječe iz područja sredozemne klime, može dobro uspjeti i u kontinentalnim predjelima u svrhu ukrašavanja pejzaža. Životni vijek joj je do trideset godina. *Lavandula angustifolia* je zimzelena višegodišnja polugrmolika biljka prosječne visine od 20 do 80 cm s mnogim uspravnim izdancima. Stabljika je četverbridna i razgranata te pri dnu drvenasta. Na stabljici se nalaze listovi koji su tanki, uski i duguljasti. Mladi su listovi svinuta ruba te obrasli dlakama, a u kasnijim stadijima razvoja listovi su plosnati i goli. Zbog dlaka koje se nalaze na listovima, biljka daje dojam sive boje.



**Slika 3.** Lavanda (Anonymous 3, 2020)



**Slika 4.** Cvijet lavande (Anonymous 3, 2020)

Cvjetovi lavande su smješteni na gornjim dijelovima izdanaka raspoređeni u dugim klasatim cvatovima. Sitni su te posjeduju njima karakterističnu modroljubičastu boju (slika 4). Cvjetovi se beru u punoj cvatnji zbog činjenice da tada sadrže maksimalnu količinu eteričnog ulja. U mediteranskom dijelu berba se obavlja od 1. do 15. srpnja, a u kontinentalnome između 15. srpnja i 1. kolovoza. Općenito se može reći kako je optimalno vrijeme za berbu cvjetova kada se otvori cvijet trećega pršljena. Izrazito su ugodnoga aromatičnog mirisa koji privlači pčele te lavanda spada u najmedonosnije biljke naše zemlje.

Korijen lavande je drvenast i izrazito račvast te zadire duboko u tlo. Plod je kalavac s četiri jajaste sjemenke, ali se u cijelosti razviju jedna do dvije sjemenke. Postoji puno varijeteta, križanaca, podvrsta i formi ove biljne vrste. Upravo te varijacije u podvrstama čine lavandu izrazito zanimljivom biljkom.

### **2.2.2. Kemijski sastav**

U kemijskom sastavu lavande prevladava eterično ulje (1-3%) čiju većinu čine linalilacetat i linalol. U cvijetu uz eterično ulje većinu sastava čini i ružmarinska kiselina (12%). U sastav ulaze i kumarini umbeliferon i herniarin, flavonoidi te fitosteroli.

Eterično ulje lavande čini 10 sastavnica: linalilacetat 30-50% (u uljima odlične kvalitete i do 60%), linalol, 1,8-cineol, borneol, bornilacetat, kamfor, izoborneol. Nerijetki su slučajevi patvorenja eteričnog ulja lavande, što se dokazuje primjenom plinske kromatografije.

Eterično ulje prave lavande je ulje visoke kakvoće na čiju kvalitetu izniman utjecaj ima nadmorska visina na kojoj biljka raste. Viša nadmorska visina određuje veću kvalitetu ulja.

Čimbenik koji također ima veliki utjecaj na rast i razvoj lavande je temperatura. Naime, lavanda je termofilna biljka te za nakupljanje eteričnog ulja treba visoke temperature tijekom cijele vegetacije. Kao i u slučaju kadulje, ako prije berbe bude dug period kišnog i hladnog vremena, udio eteričnog ulja u lavandi i etera u njemu znatno se smanji (Mihovilović, 2017).

### **2.2.3. Djelovanje i upotreba**

Upotreba lavande seže daleko u prošlost. Još je sveti Marko u Novom zavjetu spominjao vrlo vrijedno ulje lavande. Lavanda je dobila naziv po latinskoj riječi *lavare* koja znači kupati se te tako i objašnjava za što se izvorno koristio suhi cvijet i eterično ulje. Dokazana su mnoga djelovanja lavande: protuupalno, analgetičko, antiseptično, sedativno, antimikrobno, insekticidno, kod liječenja reumatizma te kod umirenja i ublažavanja probavnih tegoba.

U svrhu liječenja lavanda se koristi u obliku infuza, tekućih ekstrakata i u sastavu aromatičnih biljnih mješavina. Cvjetovi se koriste u biljnim jastucima te za odbijanje moljaca u ormarima.

Eterično ulje lavande dobiveno destilacijom cvijeta koristi se u kozmetičkoj industriji, industriji parfema, farmaceutskoj industriji, u aromaterapiji i u svrhu aromatiziranja hrane. Čaj od lavande djeluje blagotvorno na smirivanje živaca. Nisu poznate nuspojave korištenja lavande, a sigurno je za upotrebu čak i nerazrijeđeno.

### **2.3. FENOLNI SPOJEVI**

Fenolni spojevi su oni spojevi čiju osnovnu strukturu čini aromatski prsten sa vezanom jednom ili više hidroksilnih skupina (OH). Predstavljaju sekundarne biljne metabolite i najbrojniju skupinu spojeva u biljnom „kraljevstvu“, čak oko 8000 biološki aktivnih, ne-nutritivnih spojeva (Robards, 2003; Han i sur., 2007; Pereira i sur., 2009; Dai i Mumper, 2010).

Njihov sadržaj u biljkama ovisi o vrsti, uzgoju, stupnju zrelosti, okolišu te uvjetima prerade i skladištenja. Nalaze se u biljnom tkivu vezani na druge molekule, a može ih biti do nekoliko grama po kilogramu. Uglavnom su povezani pomoću glikozidnih ostataka te sulfatnih ili acetilnih ostataka (Harborne, 1980).

Međusobno se razlikuju od jednostavnih molekula do visokopolimeriziranih spojeva (Macheix i sur., 1990; Harborne, 1994).

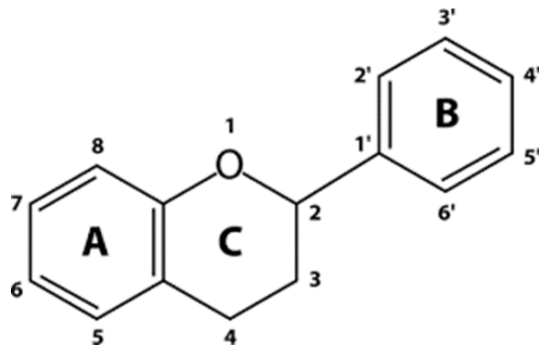
Fenolni spojevi se dijele prema kemijskoj strukturi na:

- flavonoide,
- fenolne kiseline i srodne spojeve.

#### **2.3.1. Flavonoidi**

Flavonoidi predstavljaju veliku skupinu polifenolnih spojeva. Nalaze se u mnogim biljkama i koncentrirani su u sjemenkama, koži ili kori voća, kori drveća, lišću i cvijeću. Poznato je više od 6400 flavonoida. Imaju izražena antioksidacijska i antiradikalska svojstva (Rice-Evans i sur., 1995) te terapijsko djelovanje – antibakterijsko, protuupalno, antimutageno, antialergijski, antiviralno, antikancerogeno (Harborne, Williams, 1992).

Njihovu osnovnu strukturu čini difenilpropan ( $C_6-C_3-C_6$ ), to jest dva benzenska prstena (A i B) koji su povezani piranskim ili furanskim prstenom (C) koji sadrži kisik (slika 5).



**Slika 5.** Osnovna struktura flavonoida (Kazazić, 2004)

Flavonoidi se dijele prema broju i položaju hidroksilnih skupina, stupnju nezasićenosti i stupnju oksidacije centralnog C-prstena na (Harbone i Baxter, 1999):

- flavonole,
- flavonol glikozide,
- flavone,
- izoflavone,
- flavanole,
- flavanone,
- procijanidine,
- dihidrohalkone,
- antocijanidine,
- antocijan glikozide.

Možemo ih podijeliti i na temelju topljivosti na lipofilne i hidrofilne (Harborne i Baxter, 1999).

Najčešće se pojavljuju kao glikozidi s vezanim šećerom na OH skupine (*O*-glikozilflavonoidi) ili na ugljik-ugljik veze (*C*-glikozilflavonoidi). Imaju vrlo važnu ulogu u prehrani ljudi zbog njihovog velikog antioksidacijskog kapaciteta (Merken i Beecher, 2000).

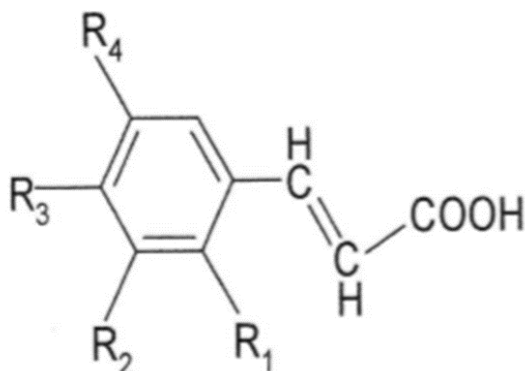
### 2.3.2. Fenolne kiseline i srodni spojevi

Fenolne se kiseline dijele na:

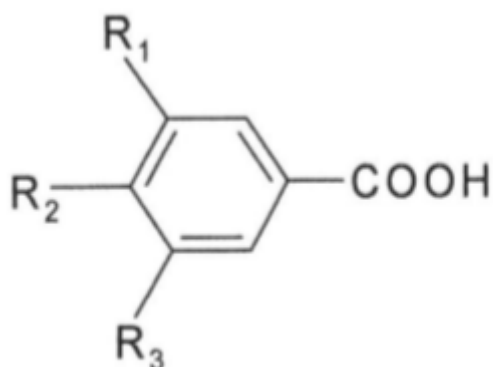
- hidroksicimetne kiseline ( $C_6-C_3$ ),
- hidroksibenzojeve kiseline ( $C_6-C_1$ ),
- njihove derivate.

Međusobno se hidrosicimetne i hidrosibenzojeve kiseline razlikuju po stupnju metilacije i hidrosilacije aromatskoga prstena (Macheix i sur., 1990).

Hidrosicimetne kiseline su rijetko slobodne te zajedno sa svojim derivatima (slika 6) čine značajnu skupinu fenolnih spojeva prisutnih u voću. Predstavnici su: ferulinska, kavena, sinapinska i *p*-kumarinska kiselina. Najčešće su u obliku estera kavena kiseline i kumarinske kiseline – klorogenska, izoklorogenska i neoklorogenska kiselina.



**Slika 6.** Struktura hidrosicimetne kiseline (Robards i sur., 1999)



**Slika 7.** Struktura hidrosibenzojeve kiseline (Robards i sur., 1999)

Hidrosibenzojeve kiseline i derivati imaju osnovnu strukturu C<sub>6</sub>-C<sub>1</sub> (slika 7) te nastaju direktno iz benzojeve kiseline. Predstavnici su: galna, *p*-hidrosibenzojeva, siriginska i vanilinska kiselina koje se pojavljuju u topivom obliku kao konjugati šećera ili organskih kiselina (Strack, 1997).

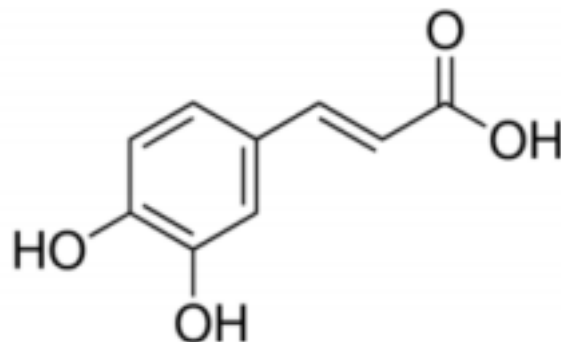
### 2.3.3. Fenolni spojevi kadulje

Biljka kadulje sastoji se od mnogo biološki aktivnih tvari, a udio fenolnih spojeva ovisi o dijelu godine u kojemu se provodi berba. U svibnju prosječan udio fenolnih spojeva iznosi 41% ekstrakta, a ostatak godine 22-30% (Generalić i sur., 2011).

Nadzemni dijelovi biljke uglavnom sadrže flavonoide i triterpene te eterična ulja s hlapljivim sastojcima poput monoterpena. Korijen pretežno sadrži diterpene.

Hidroksibenzojeve kiseline zastupljene u rodu *Salvia* su: 4-hidroksibenzojeva kiselina, 3,4- dihidroksibenzojeva kiselina (protokatehinska), 3-metoksi-4-hidroksibenzojeva kiselina (vanilinska) i 2,4-dimetoksibenzojeva kiselina.

Hidroksicimetne kiseline dominiraju u kadulji: derivati kava-kiseline – ružmarinska i litosperminska kiselina, uz salvianolnu i izosalvianolnu kiselinu. Najzastupljenija fenolna kiselina je kava-kiselina (slika 8) zajedno sa svojim derivatima koji sudjeluju u metabolizmu biljke (Kamatou i sur., 2010).



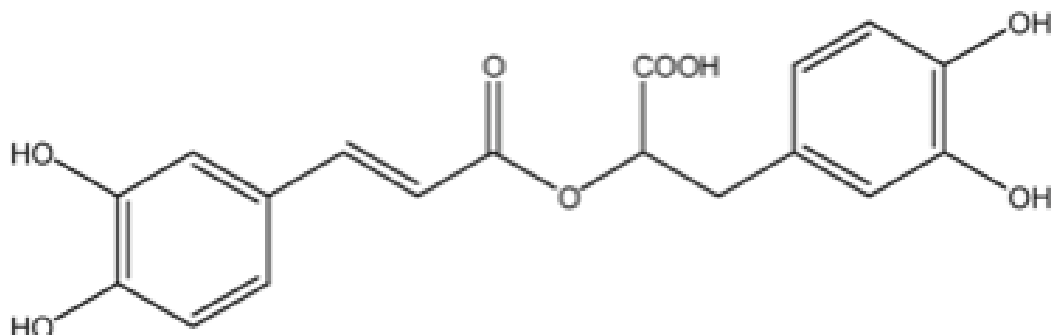
**Slika 8.** Kemijska struktura kava-kiseline (Robards i sur., 1999)

Trimeri kavene kiseline zastupljeni u kadulji su: melitriska kiselina A, metil melitrat A, sagekumarin i salvianolna kiselina K i I (Lu i Foo, 2000).

U kavenoj kiselini (u slobodnom obliku te u obliku estera) je najviše zastupljena fenolna kiselina koja zauzima od 75 do 100% ukupnog sadržaja fenolnih kiselina u većine voća. Ona ima jako antioksidacijsko djelovanje te *in vitro* i *in vivo* hepatoprotektivno, antivirusno, protuupalno djelovanje. Ako se koristi zajedno s ružmarinskom kiselinom pokazuje i antimikrobno djelovanje.

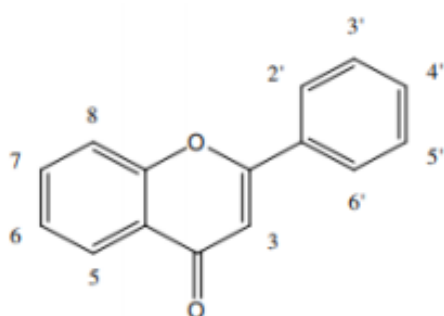


Derivati hidroksicimetne kiseline su u listu kadulje zastupljeni s 3,5%. Najzastupljeniji među derivatima je dimer kavena kiselina – ružmarinska kiselina. Strukturu ružmarinske kiseline čine dva polifenolna prstena s hidroksilnom grupom u orto položaju (slika 9).



**Slika 9.** Kemijska struktura ružmarinske kiseline (Robards i sur., 1999)

Ružmarinska kiselina je ester nastao kemijskom reakcijom kavene kiseline i 3,4-dihidroksifenillaktične kiseline. Između dvaju polifenolnih prstenova nalaze se karbonilna i karboksilna grupa. Postoje i brojni derivati ružmarinske kiseline te produkti koji sadrže jednu ili više ružmarinskih kiselina uz dodatak neke druge aromatske kiseline. Poznati su njeni brojni biološki učinci kao što su inhibicija HIV-1 te antitumorno, antihepatitičko i zaštitno djelovanje. Osim dimera, u kadulji su zastupljeni i trimeri kava-kiseline te njeni tetrameri, odnosno dimeri ružmarinske kiseline (sagerinska kiselina i salvianolna kiselina L) (Petersen i Simmonds, 2003).



FLAVONI
Apigenin 5=7=4'=OH
Luteolin 5=7=3'=4'=OH

**Slika 10.** Kemijska struktura flavona (Robards i sur., 1999)

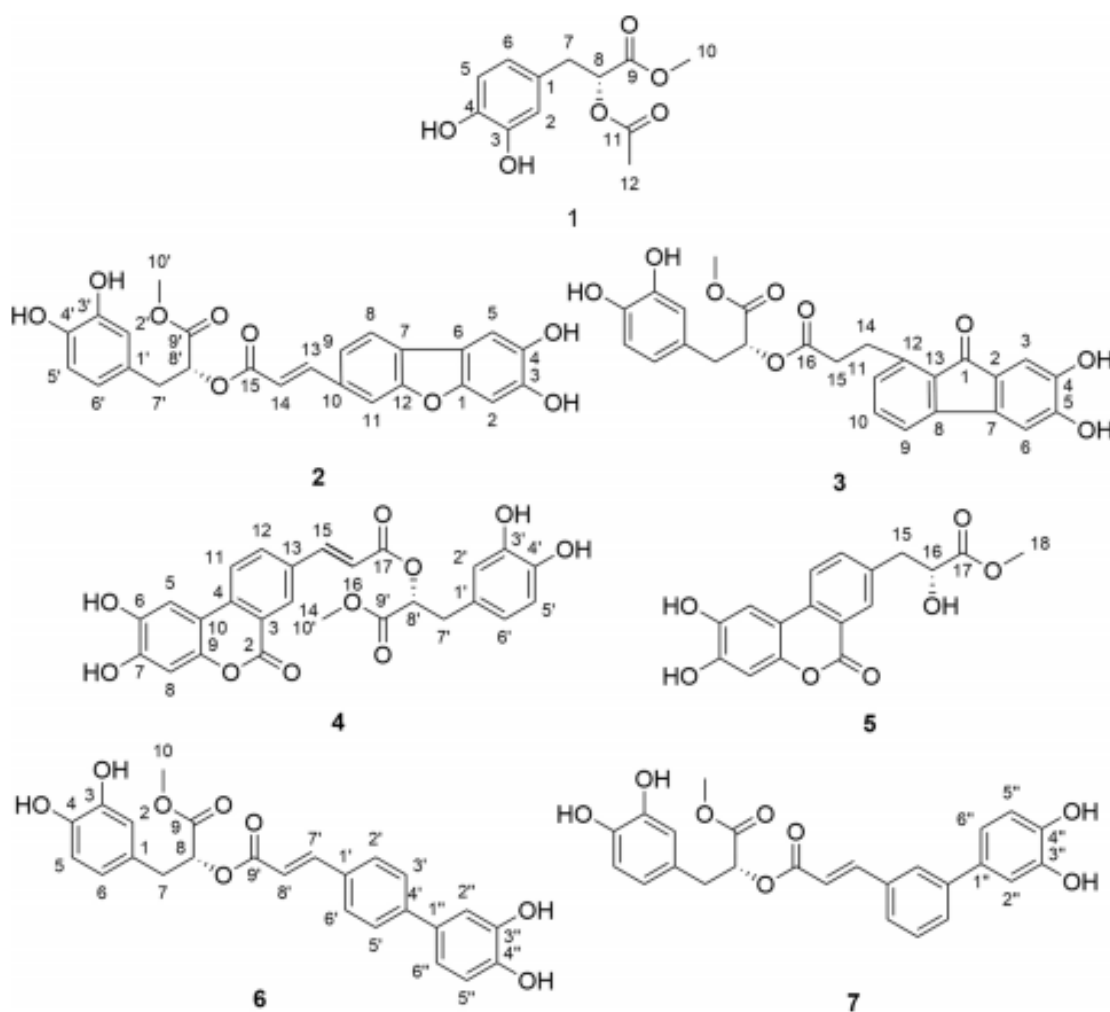
Flavonoidi su u kadulji zastupljeni s oko 1,1%, od čega većinu čine flavoni (slika 10) i njihovi glikozidi: luteolin i njegovi 7-glukozid, 7-glukunorid, 3-glukunorid i 7-metilni eter; 6-

hidroksiluteolin, njegov 7-glukozid i 7-glukuronid; 6-metoksiluteolin i njegov 7-metilni eter; luteolin 6,8-di-C-glukozid (vicenin-2); apigenin, njegov 7-glukozid i 7-metilni eter (genkvanin); apigenin 6,8-di-C-glukozid; 6-hidroksiapigenin; 6-metoksiapigenin (hispidulin) i njegov 7-metilni eter (circimaritin); metoksisalvigenin i kvercetin 3-glikozid (Tamas i sur., 1986).

Fenolni glikozidi zastupljeni u kadulji su picein (4-hidroksiacetofenon 4-glukozid), *cis-p*-kumarinska kiselina 4-(2'-apiosil)-glukozid i *trans-p*-kumarinska kiselina 4-(2'-apiosil)-glukozid, izolaricirezinol 3-glukozid, 1-hidroksipinorezinol 1-glukozid i drugi (Lu i Foo, 2000).

### 2.3.4. Fenolni spojevi lavande

Podataka o fenolnim spojevima u lavandi ima vrlo malo jer je mali broj provedenih istraživanja na tu temu.



**Slika 11.** Kemijske strukture fenolnih spojeva lavande (Yadikar i sur., 2018)

Spiridon i sur. (2011) ispitivali su fenolni sastav lavande te su zaključili da se ekstrakt vrste *Lavandula angustifolia* sastoji od 16 komponenata, od kojih su ferulinska kiselina (17.29%) i kaempferol malonil glukozid (15.22%) glavni sastojci. Ursolična kiselina, klorogenska kiselina, kavena kiselina, ferulinska kiselina-4-O-glukozid, ružmarinska kiselina, apigenin ramnozil glukozid, i i-viteksin kaempferol-3-kumaril glukozid su također detektirani, ali u puno manjoj koncentraciji. Ružmarinska kiselina bila je najzastupljenija fenolna kiselina (9.53%), iako u niskoj koncentraciji, a kava-kiselina bila je zastupljena u tragovima (0.23%).

U istraživanju provedenom 2017. iz lavande su, osim već navedenih, izolirani ovih 14 spojeva: 4-hidroksibenzojeva kiselina, 3,4-dihidroksibenzaldehid, 3,4-dihidroksibenzojeva kiselina, 2-hidroksicimetna kiselina, 4-hidroksicimetna kiselina, 2-metoksifenilpropionska kiselina,  $\beta$ -(4-hidroksifenil)mlječna kiselina, metil-2-hidroksi-3-(4-hidroksifenil) propanoat, metil-3-(2-hidroksi-4-metoksifenil) propanoat, metil kafeat, metil-2-hidroksi-3-(3,4-dihidroksifenil) propanoat, kumarin, 7-metoksikumarin i apigenin (Yadikar i sur., 2017).

Yadikar i suradnici (2018) izolirali su čak 7 novih fenolnih spojeva etil acetatnog ekstrakta ostatka lavande nakon destilacije eteričnog ulja. Ti spojevi su: lavandunat (1), lavandufurandiol (2), lavandufluoren (3), lavandupyrones A (4) i B (5) te lavandudifenili A (6) i B (7) (slika 11).

## **2.4. ANTIOKSIDACIJSKI KAPACITET**

Antioksidansi predstavljaju molekule koje onemogućavaju oksidaciju drugih tvari. Njihova je svrha u biološkim sustavima neutralizacija slobodnih radikala čime zaštićuju organizam čovjeka od mogućih oboljenja te usporavaju kvarenje namirnica koje su bogate lipidima (Kinsella i sur., 1993; Pryor, 1991). Oni stabiliziraju ravnotežu nesparenih elektrona te neutraliziraju potencijalne štetne učinke slobodnih radikala, pri čemu sami ne postanu nestabilni.

Djeluju na nekoliko načina:

- Onemogućuju stvaranje slobodnih radikala u organizmu.
- Uništavaju u organizmu već stvorene radikale.
- Popravljaju oštećenja u stanici koja su nastala djelovanjem slobodnih radikala.

Biljni antioksidansi nalaze se u biljkama te kao takvi štite biljke od oksidacijskih oštećenja. Ljudi konzumiranjem biljaka bogatih antioksidansima zaštićuju i svoj metabolizam. U biljne antioksidanse spada vrlo veliki broj fitonutrijenata od nekoliko tisuća spojeva, a ti spojevi uglavnom dolaze u kombinaciji s vitaminima.

Fenolni spojevi su vrlo jaki antioksidansi koji imaju sposobnost sparivanja elektrona slobodnog radikala, aktiviranja antioksidacijskih enzima, inhibiranja oksidaza i dr.

Antioksidacijski kapacitet fenolnih spojeva ovisi o:

- Broju i položaju hidroksilnih grupa naspram karboksilne funkcionalne grupe.
- Monohidroksibenzojeve kiseline s hidroksilnom grupom na ortho- ili para- položaju naspram karboksilne grupe ne pokazuju antioksidacijski kapacitet dok meta- pokazuju.
- Antioksidacijski kapacitet se kod fenolnih kiselina povećava sa stupnjem hidroksilacije.
- Supstitucija hidroksilnih grupa na 3- i 5- položaju s metoksilnim skupinama uzrokuje smanjenje antioksidacijskog kapaciteta.
- Hidroksicimetne kiseline pokazuju veći antioksidacijski kapacitet gledano u odnosu na hidroksibenzojeve kiseline jer su povezane s  $\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}$  skupinom koja doprinosi većoj mogućnosti doniranja atoma vodika i stabilizaciji radikala nego karboksilna grupa u hidroksibenzojevim kiselinama.

#### **2.4.1. Antioksidacijski kapacitet kadulje i lavande**

U ranije provedenim istraživanjima antioksidacijski kapacitet vrste *Salvia officinalis* pripisivao se većinom karnosolnoj kiselini i ružmarinskoj kiselini (Cuvelier i sur., 1996). Međutim, daljnje provedena istraživanja na ovoj vrsti otkrila su prisutnost dodatnih klasa aktivnih komponenata, uključujući terpenoide, flavonoide i fenolne kiseline (Bisio i sur., 1997).

Lu i Foo (2001) ispitivali su antioksidacijsko djelovanje polifenolnih spojeva kadulje koristeći tri metode. Jedna od korištenih metoda uključivala je DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) radikal koji je vrlo stabilan, s maksimumom apsorpcije na valnoj duljini od 517 nm koji se lako može smanjiti pomoću antioksidansa. Podaci dobiveni ovom metodom su pokazali da su ružmarinska kiselina i njeni oligomerni derivati (salvianolna K kiselina, salvianolna kiselina, sagekumarin i sagerinska kiselina) smanjili aktivnost DPPH radikala s oko 90% smanjene aktivnosti u eksperimentalnim uvjetima. S druge strane flavonoidi luteolin i apigenin glikozidi pokazali su slabu do umjerenu antioksidacijsku aktivnost. Derivati ružmarinske kiseline pokazali su se jednako učinkovitima po pitanju antioksidativnosti kao i kavena kiselina. Kavena kiselina i ružmarinska kiselina su prisutne u mnogim biljkama i često prisutne u našoj prehrani. Obje su jaki antioksidansi s tim da je kavena kiselina neznatno superiornija ružmarinskoj kiselini (Cuvelier i sur., 1992).

Polifenolni spojevi kadulje su većinom oligomeri kavene kiseline (od dimera do tetramera) te se njihovo snažno radikalsko djelovanje s DPPH radikalom može pripisati kateholnom ostatku koji se nalazi u njihovoj strukturi. Flavonoid glikozidi pokazali su slabiju radikalsku aktivnost s DPPH u usporedbi s fenolnim kiselinama. Među flavonoidima antioksidacijska aktivnost smanjuje se kako slijedi: 6-hidroksiluteolin 7-glikozidi > luteolin-7-glikozidi > luteolin-3'-glikozidi > apigenin glikozidi. Jedino je 6-hidroksiluteolin-7-glukozid pokazao bolju radikalsku aktivnost s DPPH od troloksa (redukcija DPPH od 45%).

Antioksidacijska aktivnost eteričnog ulja kadulje ispitana je rancimat testom (test za ispitivanje oksidacijske stabilnosti eteričnih ulja) i "crocin" testom (test za određivanje antioksidacijskog potencijala primjenom karotenoida (engl.crocins). Fenolni spojevi određeni su HPLC-om. Eterično ulje kadulje vrste *Salvia frutosa* Mill. sadrži više karnozične kiseline i metil-karnozata te pokazuje veću antioksidacijsku aktivnost od vrste *Salvia officinalis* L. (Pizzale i sur., 2002).

Oksidacijski stres koji je uključen u patofiziologiju mnogih bolesti i dovodi do oštećenja neurona, njihove apoptoze ili nekroze može se spriječiti primjenom fenolnih spojeva (Ramassamy, 2006).

Nikšić i sur. (2017) proveli su istraživanje na eteričnom ulju vrste *Lavandula angustifolia*. Antioksidacijsko djelovanje eteričnog ulja ispitali su koristeći 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) test. Ispitivano ulje uspjelo je reducirati DPPH radikale u neutralan oblik DPPH-H, no ovo djelovanje bilo je ovisno o dozi ulja.

## **2.5. ANTIMIKROBNO DJELOVANJE ETERIČNIH ULJA I EKSTRAKATA**

Biljna ulja i biljni ekstrakti upotrebljavaju se već mnogo tisuća godina za mnogobrojne svrhe (Jones, 1996). De la Croix je još 1881. godine prvi izvijestio da sekundarni metaboliti, a posebice pare eteričnih ulja pokazuju antimikrobno djelovanje (Boyle, 1955). Od tada je za eterična ulja i njihove fito-sastojke utvrđen širok spektar biološkog djelovanja, uključujući antibakterijsko (Oussalah i sur., 2007), insekticidno (Kim i sur., 2003), antivirusno (Schnitzler i sur., 2007) i antifungalno (Fitzgerald i sur., 2003) djelovanje.

Biljke proizvode razne molekule za obranu od patogenih mikroorganizama, nastajale tijekom stotina milijuna godina evolucijskog odabira. Među njima očuvale su se molekule koje su bile najaktivnije protiv bakterija, odnosno protiv kojih bakterije nisu uspjele razviti rezistenciju.

Razlog zbog kojeg bakterije nisu uspjele razviti rezistenciju na eterična ulja leži u činjenici da su eterična ulja smjese tvari različitih mehanizama djelovanja, za razliku od

antibiotika, gdje se radi samo o jednoj aktivnoj tvari protiv kojih bakterija treba razviti rezistenciju. Postoji nekoliko mehanizama za koje se pretpostavlja da bi mogli pridonijeti učinku eteričnih ulja:

1. direktno mikrobicidno djelovanje, što se postiže uglavnom većim dozama ulja;
2. inhibitorno djelovanje na proliferaciju (u nižoj dozi eterična ulja sprječavaju razmnožavanje bakterija, ali ih ne ubijaju te se na taj način pomaže imunološkom sustavu da sam izliječi infekciju);
3. smanjujući patogeni potencijal bakterije (u još nižim dozama eterično ulje ometa čimbenike koji pomažu razmnožavanje bakterija u tkivima, primjerice produkciju sluzi kojom se lijepe za tkivo);
4. djelujući stimilirajuće na imunološki sustav, odnosno smanjujući pretjeranu upalu koja oštećuje tkivo;
5. djelujući na cijeli organizam tako da pomažu u funkcioniranju organskih sustava za izlučivanje;
6. djelujući na središnji živčani sustav, smanjujući depresivna raspoloženja, koja nastaju kao posljedica kroničnih infekcija.

Antimikrobna aktivnost biljnih ulja i ekstrakata bila je osnova njihovih mnogih primjena, uključujući očuvanje sirove i prerađene hrane, korištenje za farmaceutike, alternativnu medicinu i prirodne terapije (Lis-Balchin and Deans, 1997). Njihov učinak na različite mikroorganizme danas se proučava u mnogim istraživanjima. Naime, mnogi su mikroorganizmi zbog obilne i raširene upotrebe antibiotika razvili otpornost prema često upotrebljavanim antimikrobnim sredstvima. Ekstrakti i eterična ulja kao kemijski biocidi se razlikuju od antibiotika jer pokazuju selektivnu toksičnost te im nerijetko manjka ciljane specifičnosti djelovanja.

Postoji više različitih mehanizama kojima antimikrobna sredstva djeluju na bakterijsku stanicu. Antimikrobna aktivnost eteričnih ulja i ekstrakata temelji se na djelovanju određenih funkcionalnih grupa, primjerice alkohola, aldehida, ketona ili acikličke strukture. Eterična ulja i ekstrakti posjeduju mnogo različitih reaktivnih grupa te se, najvjerojatnije, njihovo antibakterijsko djelovanje ne može pripisati samo jednom mehanizmu. Radi se o nekoliko ciljnih mjesta na stanici mikroorganizma (Skandamis i sur., 2006).

Za cikličke ugljikovodike pretpostavljaju se dva različita mehanizma djelovanja. Prvi mehanizam zasniva se na činjenici da su molekule eteričnog ulja lipofilne te se mogu gomilati u lipidni dvosloj i tako narušiti interakciju lipid-protein. Drugi mehanizam pretpostavlja direktno međudjelovanje lipofilnih molekula i hidrofobnih dijelova proteina (Sikkema i sur., 1994).

Poznat je i učinak eteričnih ulja na stanične proteine koje okružuju lipidne molekule, a smješteni su na ili u citoplazmatskoj membrani (Knobloch i sur., 1989).

Antimikrobno djelovanje eteričnih ulja ovisno je o sastavu i koncentraciji ulja, vrsti i koncentraciji test-mikroorganizama, obradi i uvjetima skladištenja te sastavu supstrata (Marino i sur., 2001; Özcan i Erkmen, 2001).

Bolesti uzrokovane mikroorganizmima još uvijek predstavljaju jedan od glavnih uzorka smrtnosti u svijetu, a zbog sve veće rezistencije bakterija na postojeće antibiotike očituje se važnost pronalaska novih antimikrobnih lijekova.

Bolesti uzrokovane mikroorganizmima kreću se od jednostavnih upala, poput upale grla do upale pluća, infekcije mokraćnog trakta, trovanja hranom, trovanja krvi do sindroma toksičnog šoka, a njihovi uzočnici su uglavnom predstavnici rodova *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Escherichia*, *Pseudomonas*, *Salmonella*, *Shigella*, *Candida* itd.

Eterična ulja *Salvia* roda pokazala su se iznimno učinkovitim antimikrobnim sredstvima prema većini ispitivanih mikroorganizama, među kojima su gram-pozitivne bakterije i gljivice pretežno bili osjetljiviji od gram-negativnih bakterija. Razlog tome jeste građa stijenke gram-negativnih bakterija, a njezino važno obilježje je prisutnost dvostruke stijenke sastavljene od hidrofobne lipopolisaharidne kapsule okružene lipoproteinskom fosfolipidnom membranom, koja onemogućuje prodor u stanicu nekim lijekovima i antibioticima (Živić, 2004).

Među eteričnim uljima *Salvia* roda najbolje antimikrobno djelovanje na gram pozitivne bakterije ispoljila su eterična ulja vrsta *S. multicaulis* i *S. syriaca* prikupljena na području Turske, koja su bila aktivna i protiv *S. pyogenes*, najrezistentnije zabilježene gram-pozitivne bakterije. Međutim, antimikrobno djelovanje ovih eteričnih ulja ovisilo je o količini ulja upotrijebljenoj u ispitivanjima. Važnost ovog nalaza je u tome što je *S. pyogenes* uzročnik brojnih ljudskih bolesti, od blagih infekcija kože i streptokokne upale grla do po život opasnih stanja, poput sindroma toksičnog šoka ili rapidnog progresa infekcija vezivnog tkiva, poput nekrotizirajućeg fasciitisa (Johansson i sur., 2010).

Prednost djelovanja eteričnih ulja nad sintetskim konzervansima i antimikrobnim lijekovima jeste sinergistički učinak raznih sastavnica, protiv kojih je teže razviti mehanizme rezistencije.

Kadulja je u medicini poznata kao biljka koja ima vrlo jaki antimikrobni učinak i to uglavnom zbog svog sastava bogatog tujonima. U narodnoj medicini kadulja se vrlo često koristi za liječenje različitih infekcija (Kamatou i sur., 2005).

Provedena su mnoga istraživanja koja su proučavala djelovanje eteričnog ulja i ekstrakata kadulje na različite patogene bakterije. Standardna metoda kojom bi se odredilo

antimikrobno djelovanje ekstrakata biljaka na test-mikroorganizme nije još utvrđena (Oplachenova i Obreshkova, 2003).

Uspoređivanjem antibakterijskog djelovanja eteričnog ulja kadulje i antibiotika utvrdilo se da eterično ulje u većoj koncentraciji ima bolju djelotvornost od antibiotika (Khalil i Li, 2011).

Osim odličnog antibakterijskog djelovanja eteričnog ulja i ekstrakata kadulje, ustanovilo se da vodeni ekstrakt kadulje pokazuje odlično antivirusno djelovanje (Stanojević i sur., 2010).

Danas je poznato oko 50 000 vrsta gljivica koje su najvećim dijelom potpuno nepatogene za ljude. Imaju važnu ulogu u prirodi kao razlagači organskih tvari, ali i u farmaceutskoj i prehrambenoj industriji i medicini (Kelen i Tepe, 2008).

Rezultati *in vitro* pokusa pokazali su da su eterično ulje i ekstrakti vrste *Salvia officinalis* učinkoviti (u različitim intenzitetima) protiv osam biljnih patogenih gljivica. Učinak je varirao ovisno o vrsti ekstrakta, eteričnog ulja i gljivica. Vodeni ekstrakt pokazao se najučinkovitijim u usporedbi s ostalim ekstraktima te je za 100% inhibirao rast micelija patogenih vrsta *A. solani*, *R. solani*, *M. laxa* i *B. cinerea*. Metanolni i etanolni ekstrakti nisu pokazali djelotvornost protiv vrste *S. sclerotiorum* (Yilar i sur., 2018).

Antifungalna aktivnost dokazana je i protiv vrsta *Botrytis cinerea*, *Candida albicans*, *Candida parapsilosa*, *Candida krusei* i *Candida glabrata* (Badiie i sur., 2012).

Za antifungalno djelovanje kadulje nije zaslužan samo jedan glavni spoj, već i sinergija ostalih spojeva koji se pojavljuju u skromnijim količinama (Kivrak i sur., 2009).

Eterično ulje lavande ima jako antimikrobno djelovanje, djeluje na devet bakterijskih sojeva te je čak pet puta učinkovitije od fenola (Kuštrak, 2005).

Mouhajib i sur. (2001) proučavali su antivirusno djelovanje metanolnih ekstrakata različitih vrsta biljaka. Antivirusno djelovanje proučavano je koristeći necitotoksične koncentracije na tri ljudska virusa: herpes simplex (HSV), Sindbis (SINV) i poliovirus (polio). Metanolni ekstrakt lavande pokazao je antivirusno djelovanje samo prema virusu herpes simplex i to pri maksimalnoj koncentraciji.

Eterično ulje lavande pokazalo je umjereno antifungalno djelovanje na tri ljudske patogene gljivice: *M. furfur*, *T. rubrum* i *T. beigeli*. Djelovanje ulja je na *M. furfur* bilo fungistatsko, ali ne i fungicidno, što znači da je ulje zaustavilo rast i razmnožavanje gljivica, ali nije ih i ubilo (Adam i sur., 1998).

Prema sojevima *C. albicans* eterično ulje pokazalo je i fungistatsko i fungicidno djelovanje. I pri nižim koncentracijama ulje je inhibiralo stvaranje klica i hifalno izduživanje, što navodi na zaključak da je učinkovito protiv dimorfizma vrste *C. albicans* te tako reducira napredovanje gljivica i širenje infekcije u tkivima domaćina (D'auria i sur., 2005).



### 2.5.1. Uloga eteričnih ulja i ekstrakata u očuvanju hrane

Kao dio modernog trenda prema „prirodnim“ aditivima i konzervansima antimikrobne sastavnice iz biljaka danas postaju alternativa sintetskim konzervansima (Nabavi i sur., 2015).

Zbog njihove specifične arome, okusa i prirodnog antimikrobnog sastava, eterična ulja se u prehrambenoj industriji prvenstveno koriste za očuvanje hrane. Primjerice, sastojci eteričnih ulja dobivenih iz nekih biljaka, poput monoterpena, seskviterpena i kisikovih derivata pokazuju jako inhibitorno djelovanje prema patogenim bakterijama, uz činjenicu da poboljšavaju okus hrane i imaju antioksidacijsko djelovanje. Već dugi niz godina, u prehrambenoj industriji se koriste sintetički konzervansi za koje je otkriveno da mogu dovesti do alergija, intoksikacije, raka i drugih degenerativnih bolesti (Sauceda, 2011).

Iz tog razloga, bilo je potrebno potražiti druge alternative za sintetičke konzervanse. Posljednjih godina, prehrambena industrija sve više koristi ekstrakte i eterična ulja aromatskih biljaka zbog njihove sposobnosti da utječu na rast patogenih mikroorganizama u hrani (Mathavi i sur., 2013; Campos i sur., 2016).

Važan nedostatak primjene ovih prirodnih konzervansa u namirnicama je njihova slaba topljivost u vodi i jak miris.

Rezistenciju na pojedina eterična ulja vrsta *Salvia* pokazale su i *B. subtilis* te *E. faecalis*. *B. subtilis* je bakterija koja se najčešće nalazi u tlu, a u farmaceutskoj i prehrambenoj industriji se uglavnom koristi zbog svoje sposobnosti proizvodnje različitih enzima te kao probiotik. Američka Agencija za hranu i lijekove (FDA) je proglasila *B. subtilis* organizmom generalno prepoznatim kao neškodljivim (GRAS) (Hong i sur., 2008).

Broj komercijalno dostupnih konzervansa koji sadrže eterična ulja se povećava. *In vitro* istraživanja pokazala su kako je potrebna veća koncentracija eteričnih ulja u hrani nego u antibakterijskim testovima za postizanje istog učinka. Udio masti, proteina, soli i vode u hrani utječe na otpornost mikroorganizama. Fenolni spojevi koji sadrže hidroksilnu skupinu pokazali su dobro antimikrobno djelovanje. Navedeni spojevi su komponente lavande i kadulje.

Snižanjem pH vrijednosti povećava se hidrofobnost eteričnih ulja što im omogućuje lakše otapanje u lipidima i prolaz kroz lipidnu membranu bakterije. Veći udio masti ili proteina u hrani ili niži sadržaj vode mogu smanjiti djelovanja eteričnih ulja kao konzervansa. Sadržaj ugljikohidrata u hrani nije toliko značajan za djelovanje eteričnih ulja. Oblik hrane također utječe na djelovanje eteričnih ulja. Primjerice, bolji će učinak ostvariti u juhi nego u gelu zbog strukture gela koja predstavlja ograničenje u difuziji eteričnog ulja. Ambalaža hrane, vakuum ili prisutnost zraka, temperatura, ali i sama vrsta mikroorganizma utječu na njegovu osjetljivost odnosno antimikrobno djelovanje eteričnog ulja (Burt, 2004).

### 3. ZAKLJUČAK

*Salvia officinalis* i *Lavandula angustifolia* biljne su vrste koje se u ljudskoj upotrebi koriste već tisućama godina zbog njihovih brojnih blagotvornih učinaka na ljudsko zdravlje. Neki od tih učinaka su antimikrobno, protuupalno, antiseptičko, antifungalno i drugo. Njihova eterična ulja i ekstrakti pronašli su široku primjenu.

Obje biljke bogate su fenolnim spojevima. Fenolna kiselina najzastupljenija u kadulji je ružmarinska kiselina koja je derivat kavene kiseline, a od flavonoida najzastupljeniji su luteolin, apigenin i njihovi derivati. Glavni fenolni spojevi u ekstraktu lavande su ferulinska kiselina i kaempferol malonil glukozid. Ružmarinska kiselina je prisutna u lavandi, ali u manjim koncentracijama.

Antioksidansi štite naše tijelo od oštećenja koja uzrokuju slobodni radikali i imaju veliku ulogu u očuvanju ljudskog zdravlja te usporavaju kvarenje proizvoda koji su podložni kvarenju oksidacijom. Istraživanja su pokazala da kadulja ima veliki antioksidacijski kapacitet koji se uglavnom može pripisati ružmarinskoj kiselini te apigeninu i luteolinu. Također, ispitivanja su potvrdila visok antioksidacijski kapacitet eteričnog ulja i ekstrakta lavande.

Eterična ulja i ekstrakti sve se više istražuju zbog svojeg antimikrobnog djelovanja u svrhu očuvanja hrane kako bi se zamijenili sintetski konzervansi. Ekstrakti i ulja kadulje i lavande imaju vrlo izraženo antibakterijsko djelovanje prema patogenim bakterijama koje se nalaze u hrani, s tim da jače djeluju na gram-pozitivne bakterije nego na gram-negativne bakterije. Vodeni ekstrakt kadulje ima jako antivirusno djelovanje, dok metanolni ekstrakt lavande ima umjereno antivirusno djelovanje. Ekstrakti i ulja obje biljke imaju dobro antifungalno djelovanje, ovisno o njihovoj dozi i vrsti gljivice.

Antioksidacijsko i antimikrobno djelovanje ovih biljaka se većinom pripisuje fenolnim spojevima. Intenzitet ovih djelovanja ovisit će najviše o udjelu fenola i nekih drugih bioaktivnih komponenata koje potpomažu ova djelovanja, te o koncentraciji koja se koristi prilikom ispitivanja. Udio eteričnog ulja i bioaktivnih komponenata u eteričnim uljima i ekstraktima uvelike ovisi o nekoliko vanjskih čimbenika; od kojih bi kao najbitnije navela temperaturu, padaline prije berbe te lokalitet rasta.

Eterična ulja i ekstrakti kadulje i lavande, ali i drugog bilja, sve se više koriste u prehrambenoj industriji. Njihova primjena odnosi se na aromatiziranje zbog svoje izražene karakteristične arome te na njihov antioksidacijski i antimikrobni učinak kojim namirnicu u koju su dodani čuvaju od kvarenja.

#### 4. LITERATURA

- Adam, K., Sivropoulou, A., Kokkini, S., Lanaras, T., Arsenakis, M. (1998) Antifungal activities of *Origanum vulgare* subsp. *hirtum*, *Mentha spicata*, *Lavandula angustifolia*, and *Salvia fruticosa* essential oils against human pathogenic fungi. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **46**: 1739-1745.
- Anonymous 1, (2020) Kadulja, <<https://biljoteka.ba/kadulja-zalfija-salvia-officinalis/>>. Pristupljeno 16. travnja 2020.
- Anonymous 2, (2020) Cvijet kadulje, <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Salvia-officinalis-flower.jpg>>. Pristupljeno 16. travnja 2020.
- Anonymous 3, (2020) Lavanda, <<https://www.ebay.com/itm/LAVENDER-ENGLISH-Lavandula-Angustifolia-10-000-Bulk-Seeds-/232042396302>>. Pristupljeno 17. travnja 2020.
- Anonymous 4, (2020) Cvijet lavande, <<https://www.cowellsgc.co.uk/lavandula-angustifolia-felice-purple-17cm>>. Pristupljeno 17. travnja 2020.
- Badiee, P., Nasirzadeh, A. R., Motaffaf, M. (2012) Comparison of *Salvia officinalis* L. essential oil and antifungal agents against candida species. *Journal of Pharmaceutical Technology and Drug Research*. doi: 10.7243/2050-120X-1-7
- Bisio, A., Romussi, G., Ciarallo, G., De Tommasi, N. (1997) Flavonoids and triterpenoids from *Salvia blepharophylla*. *Pharmazie* **52**: 330–331.
- Boyle, W. (1955) Spices and essential oils as preservatives, The American Perfumer and Essential Oil Review. *Journal of agricultural chemistry and environment* **66**: 25–28.
- Campos, T., Barreto, S., Queiros, R., Ricardo-Rodrigues, S., Felix, M.R., Laranjo, M. (2016) Use of essential oils in food preservation, Conservacao de morangos com utilizacao de oleos essenciais. *Agrotec* **18** 90–96.
- Cuvelier, M. E., Richard, H., Berset, C. (1992) Comparison of the antioxidative activity of some acid-phenols: structure–activity relationship. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* **56**: 324–325.
- D'auria, F. D., Tecca, M., Strippoli, V., Salvatore, G., Battinelli, L., Mazzanti, G. (2005) Antifungal activity of *Lavandula angustifolia* essential oil against *Candida albicans* yeast and mycelial form. *Medical mycology* **43**: 391-396.
- Dai, J., Mumper, R. J. (2010) Plant Phenolics: Extraction, analysis and Their Antioxidant and Anticancer Properties. *Molecules* **15**: 7313-7352.

- Drew B. T., Sytsma K. J. (2012) Phylogenetics, biogeography and staminal evolution in the tribe Mentheae (Lamiaceae). *American journal of botany* **9**: 933-953.
- Fitzgerald, D. J., Stratford, M., Narbad, A. (2003) Analysis of the inhibition of food spoilage yeasts by vanillin. *International journal of food microbiology* **86**: 113-122.
- Gelenčir J., Gelenčir J. (1991) Atlas ljekovitog bilja. Prosvjeta, Zagreb.
- Generalić I., Skroza D., Šurjak J., Možina S. S., Ljubenkov I., Katalinić A., Katalinić, V. (2012) Seasonal variations of phenolic compounds and biological properties in sage (*Salvia officinalis* L.). *Chemistry and biodiversity* **9**:441-457.
- Grdinić, V., Kremer, D. (2009) Ljekovito bilje i ljekovite droge: farmakoterapijski, botanički i farmaceutski podaci. Hrvatska ljekarnička komora, Zagreb.
- Han, X., Shen, T., Luo, H. (2007) Review: Dietary Polyphenols and Their Biological significance. *International journal of molecular sciences* **8**: 950-988.
- Harborne J. B., Williams C. A. (2000) Advances in flavonoid research since. *Phytochemistry* **55**: 481-504.
- Harborne, J. B., Baxter, H. (1999) The Handbook of Natural Flavonoids. (John Wiley, ured.), Chichester.
- Harborne, J. B. (1994) The Flavonoids. Advances in Research Since, Chapman & Hall, London, UK.
- Harborne, J. B. (1980) Plant Phenolics. U: Encyclopedia of Plant Physiology, New Series, vol 8, (Bell, E.A., Charlwood, B.V., ured.), Springer-Verlag, Berlin
- Hong, H. A., Huang, J. M., Khaneja, R., Hiep, L. V., Urdaci, M. C., Cutting, S. M. (2008) The safety of *Bacillus subtilis* and *Bacillus indicus* as food probiotics. *Journal of applied microbiology* **105**: 510-520.
- Houdret, J. (2002) Ljekovito bilje: uzgoj i uporaba. Dušević&Kršovnik d.o.o., Rijeka.
- Johansson, L., Thulin, P., Low, D. E., Norrby-Teglund, A. (2010) Getting under the Skin: The Immunopathogenesis of *Streptococcus pyogenes* Deep Tissue Infections. *Clinical Infectious Diseases* **51**: 58-65.
- Jones, F.A. (1996) Herbs – useful plants. Their role in history and today. *European Journal of Gastroenterology and Hepatology* **8**: 1227–1231.
- Kamatou, G. P. P., Viljoen, A. M., Gono-Bwalya, A. B., Van Zyl, R. L., Van Vuuren, S. F., Lourens, A. C. U., Baser, K. H. C., Demirci, B., Lindsey, K. L., van Staden, J., Steenkamp, P. (2005) The *in vitro* pharmacological activities and a chemical investigation of three South African *Salvia* species. *Journal of ethnopharmacology* **102**: 382-390.

- Kamatou, G. P., Viljoen, A. M., Steenkamp, P. (2010) Antioxidant, antiinflammatory activities and HPLC analysis of South African Salvia species. *Food Chemistry* **119**: 684-688.
- Kazazić, P.S. (2004) Antioksidacijska i antiradikalska aktivnost flavonoida. *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju* **55**: 279-290.
- Kelen M., Tepe B. (2008) Chemical composition, antioxidant and antimicrobial properties of the essential oils of three Salvia species from Turkish flora. *Bioresource Technology* **99**: 4096–4104.
- Khalil, R., Li, Z. G. (2011) Antimicrobial activity of essential oil of Salvia officinalis L. collected in Syria. *African journal of biotechnology* **10**: 8397-8402.
- Kim, S. I., Park, C., Ohh, M. H., Cho, H. C., Ahn, Y. J. (2003) Contact and fumigant activities of aromatic plant extracts and essential oils against Lasioderma serricorne (Coleoptera: Anobiidae). *Journal of stored products research* **39**: 11-19.
- Kinsella, J. E., Frankel, E., German, B., Kanner, J. (1993) Possible mechanisms for the protective role of antioxidants in wine and plant foods. *Food Technology* **47**: 85–89.
- Kivrak, I., Duru, M. E., Öztürk, M., Mercan, N., Harmandar, M., Topçu, G. (2009) Antioxidant, anticholinesterase and antimicrobial constituents from the essential oil and ethanol extract of Salvia potentillifolia. *Food Chemistry* **116**: 470-479.
- Knobloch, K., Pauli, A., Iberl, B., Weigand, H., Weis, N. (1989) Antibacterial and antifungal properties of essential oil components. *J Essent Oil Res* **1**: 119-128.
- Kuštrak, D. (2005) Farmakognozija - fitofarmacija, Zagreb, 289-294.
- Lis-Balchin, M., Deans, S. G. (1997) Bioactivity of selected plantessential oils against Listeria monocytogenes. *Journal of applied Bacteriology* **82**: 759–762.
- Lu Y., Foo L.Y. (2000) Flavonoid and phenolic glycosides from Salvia officinalis. *Phytochemistry* **55**: 263-267.
- Lu Y., Foo L. Y. (2001) Antioxidant activities of polyphenol from sage (Salvia officinalis). *Food Chemistry* **75**: 197-202.
- Macheix, J. J, Fleuriet, A., Billot, J. (1990) Fruit Phenolics, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Marino, M., Bersani, C., Comi, G. (2001) Impedance measurements to study the antimicrobial activity of essential oils from Lamiaceae and Compositae. *International journal of food microbiology* **67**: 187-195.
- Mathavi, V., Sujatha, G., Ramya, S. B., Devi, B. K. (2013) New trends in food processing. *International journal of advanced engineering research and technology* **5**: 176-187.

- Mihovilović I. (2017) Proizvodnja i prerada ljekovitog i aromatičnog bilja. Grad Senj, Razvojna agencija Senj d.o.o., HZZ područni ured Gospić. [http://www.ras.hr/Media/Ljekovito\\_bilje.pdf](http://www.ras.hr/Media/Ljekovito_bilje.pdf) Pristupljeno 16.04.2020. Pristupljeno 17. travnja 2020.
- Mouhajir, F., Hudson, J. B., Rejdali, M., Towers, G. H. N. (2001) Multiple antiviral activities of endemic medicinal plants used by Berber peoples of Morocco. *Pharmaceutical biology* **39**: 364-374.
- Nabavi, S. M., Marchese, A., Izadi, M., Curti, V., Daglia, M., Nabavi, S. F. (2015) Plants belonging to the genus *Thymus* as antibacterial agents: From farm to pharmacy. *Food Chemistry* **173**: 339–347.
- Oplachenova G., Obreshkova D. (2003) Comparative studies on the activity of basilan essential oil from *Ocimum basilicum* L. against multidrug resistant clinical isolates of the genera *Staphylococcus*, *Enterococcus*, and *Pseudomonas* by using different test methods. *Journal of microbiological methods* **54**: 105-110.
- Oussalah, M., Caillet, S., Saucier, L., Lacroix, M. (2007) Inhibitory effects of selected plant essential oils on the growth of four pathogenic bacteria: *E. coli* O157: H7, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes*. *Food control* **18**: 414-420.
- Özcan, M., Erkmen, O. (2001) Antimicrobial activity of the essential oils of Turkish plant spices. *European Food Research and Technology* **212**: 658-660.
- Pereira, D. M., Valentão, P., Pereira, J. A., Andrade, P. B. (2009) Phenolics: From Chemistry to biology. *Molecules* **14**: 2202-2211.
- Petersen M., Simmonds M. S. J. (2003) Rosmarinic acid. *Phytochemistry* **62**: 121– 125.
- Pizzale, L., Bortolomeazzi, R., Vichi, S., Uberegger, E., Conte, L. S. (2002) Antioxidant activity of sage (*Salvia officinalis* and *S. fruticosa*) and oregano (*Origanum onites* and *O. indercedens*) extracts related to their phenolic compound content. *Journal of the science of food and agriculture* **82**: 1645–1651.
- Pryor, W. A. (1991) The antioxidant nutrients and disease prevention - what do we know and what do we need to find out? *American journal of clinical nutrition* **53**, 391–393.
- Ramassamy, C. (2006) Emerging role of polyphenolic compounds in the treatment of neurodegenerative diseases: a review of their intracellular targets. *European journal of pharmacology* **45**: 51–64.

- Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., Bolwell, P. G., Bramley, P. M., Pridham, J. B. (1995) The relative antioxidant activities of plant-derived polyphenolic flavonoids. *Free Radical Research* **22**: 375-83.
- Robards, K., Prenzler, P. D., Tucker, G., Swatsitang, P., Glover, W. (1999) Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chemistry* **66**: 401-436.
- Robards, K. (2003) Strategies for the determination of bioactive phenols in plants, fruit and vegetables. *Journal of chromatography A* **1000**: 657-691.
- Saucedo, E. N. R. (2011) Natural antimicrobial agent use in the preservation of fruits and vegetables. *Ra Ximhai* **7**: 153-170.
- Schnitzler, P., Koch, C., Reichling, J. (2007) Susceptibility of drug-resistant clinical herpes simplex virus type 1 strains to essential oils of ginger, thyme, hyssop, and sandalwood. *Antimicrobial agents and chemotherapy* **51**: 1859-1862.
- Sikkema, J., Bont, J. A. M. (1994) Interactions of cyclic hydrocarbons with biological membranes. *Journal of Biological Chemistry* **269**: 8022-8028.
- Skandamis, P., Koutsoumanis, K., Fasseas, K., Nychas, G. J. E. (2006) Inhibition of oregano essential oil and EDTA on Escherichia coli O157:H7. *Italian Journal of Food Science* **13**: 65-75.
- Spiridon, I., Colceru, S., Anghel, N., Teaca, C. A., Bodirlau, R., & Armatu, A. (2011) Antioxidant capacity and total phenolic contents of oregano (*Origanum vulgare*), lavender (*Lavandula angustifolia*) and lemon balm (*Melissa officinalis*) from Romania. *Natural Product Research* **25**: 1657-1661.
- Stanojević, D., Čomić, L., Stefanović, O., Solujić-Sukdolac, S. (2010) In vitro synergistic antibacterial activity of *Salvia officinalis* L. and some preservatives. *Archives of biological sciences* **62**: 167-174.
- Stepanović B., Radanović D., Turšić I., Nemčević N., Ivanec J. (2009) Uzgoj ljekovitog i aromatičnog bilja. Jan-Spider, Pitomača
- Strack, D. (1997) Phenolic metabolism. U: Plant Biochemistry, (Dey, P.M., Harborne, J.B., ured.), Academic Press, London, UK, str. 387-416.
- Tamas M., Fagarasan E., Ionescu C. (1986) Phytochemical study of *Salviae folium*. *Farmacia* (Bucharest) **34**: 181-186.
- Toplak Galle, K. (2005) Domaće ljekovito bilje, Mozaik knjiga, Zagreb.
- Yadikar N., Eshbakova K., Bobakulov K. M., Akber Aisa H. (2017) Phenolic Compounds from *Lavandula angustifolia*. *Chemistry of Natural Compounds* **53**: 1-3.
- Yadikar N., Bobakulov K. M., Li G., Akber Aisa H. (2018) Seven new phenolic compounds from *Lavandula angustifolia*. *Phytochemistry letters* **23**:149-154.

- Yilar, M., Kadioglu, I., Telci, I. (2018) Chemical composition and antifungal activity of *Salvia Officinalis* (L.), *S. Cryptantha* (Montbret et aucher ex Benth.), *S. Tomentosa* (MILL.) plant essential oils and extracts. *Fresenius environmental bulletin* **27**: 1695-1706.
- Živić, M. (2004) Akutni bakterijski rinosinusitis. *Acta Medica mediterranea* **43**: 65-70.



## **Izjava o izvornosti**

*Izjavljujem da je ovaj završni rad izvorni rezultat mogega rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.*

---

Lucija Kovačec