

# Sadržaj tokoferola u motru (*Crithmum maritimum* L.)

---

Ćorić, Ivona

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, Faculty of Chemistry and Technology / Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:167:209874>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-22**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of chemistry and technology - University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**KEMIJSKO – TEHNOLOŠKI FAKULTET**

**SADRŽAJ TOKOFEROLA U MOTRU (*CRITHMUM MARITIMUM L.*)**

**ZAVRŠNI RAD**

**IVONA ČORIĆ**

**MATIČNI BROJ: 122**

**Split, rujan, 2023.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**KEMIJSKO – TEHNOLOŠKI FAKULTET**  
**PREDDIPLOMSKI STUDIJ**  
**PREHRAMBENA TEHNOLOGIJA**

**SADRŽAJ TOKOFEROLA U MOTRU (*CRITHMUM MARITIMUM*  
L.)**

**ZAVRŠNI RAD**

**IVONA ĆORIĆ**

**Matični broj: 122**

**Split, rujan, 2023.**

**UNIVERSITY OF SPLIT**  
**FACULTY OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY**  
**UNDERGRADUATE STUDY**  
**FOOD TECHNOLOGY**

**TOCOPHEROL CONTENT IN SEA FENNEL (*CRITHMUM*  
*MARITIMUM* L.)**

**BACHELOR THESIS**

**IVONA ĆORIĆ**

**Parent number: 122**

**Split, September 2023.**

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

ZAVRŠNI RAD

Sveučilište u Splitu  
Kemijsko-tehnološki fakultet  
Preddiplomski studij

**Znanstveno područje:** Biotehničke znanosti  
**Znanstveno polje:** Prehrambena tehnologija  
**Mentor:** izv. prof. dr. sc. Ivana Generalić Mekinić

### SADRŽAJ TOKOFEROLA U MOTRU (*Crithmum maritimum* L.) Ivona Ćorić, 122

#### Sažetak:

Motar (*Crithmum maritimum* L.) je jedna od najpoznatijih halofitnih vrsta jadranske obale koji zbog svog bogatog kemijskog profila i mogućnosti prilagodbe ima bitnu ulogu u prehrambenoj i kemijskoj industriji te medicini. Značajni spojevi motra su hlapljivi spojevi eteričnog ulja, masne kiseline, fenoli, minerali, vitamini, karotenoidi i drugi. Cilj ovog istraživanja je bio identificirati i kvantificirati tokoferole ( $\alpha$ -,  $\beta$ - i  $\gamma$ -) prisutne u uzorcima motra pri čemu su korištene metode direktne acetonske ekstrakcije i saponifikacije te tekućinska kromatografija (HPLC). Istraživanje se provodilo na 13 različitih uzoraka (10 uzoraka lista i 3 uzorka cvijeta) sa 10 lokaliteta duž jadranske obale. Nakon analize rezultata, utvrđeno je da je najviša koncentracija ukupnih tokoferola zabilježena u listovima ubranim na Pelješcu te u cvjetovima ubranim na Pagu. U svim uzorcima je dominirao  $\alpha$ -tokoferol s koncentracijama koje su se kretale od 3,87  $\mu\text{g/mL}$  u uzorku iz Šibenika do 21,57  $\mu\text{g/mL}$  u uzorku s Pelješca. Uzorak motra sa Pelješca je imao najviši udio i  $\beta$ -tokoferola, dok je najviša koncentracija  $\gamma$ -tokoferola pronađena u uzorku ubranom u Šibeniku.

**Ključne riječi:** halofiti; motar; ekstrakcija; tokoferoli; HPLC

**Rad sadrži:** 30 stranica, 17 slika, 1 tablicu, 46 literaturnih referenci

**Jezik izvornika:** hrvatski

#### Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu završnog rada:

1. izv. prof. dr. sc. Zvonimir Marijanović	predsjednik
2. doc. dr. sc. Marina Tranfić Bakić	član
3. izv. prof. dr. sc. Ivana Generalić Mekinić	mentor

#### Datum obrane:

Rad je u tiskanom i elektroničkom (PDF) obliku pohranjen u Knjižnici Kemijsko-tehnološkog fakulteta u Splitu, Ruđera Boškovića 35, u javnoj internetskoj bazi Sveučilišne knjižnice u Splitu te u javnoj internetskoj bazi završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

### BACHELOR THESIS

University of Split  
Faculty of Chemistry and Technology  
Undergraduate studies

**Scientific area:** Biotechnical sciences  
**Scientific field:** Food technology  
**Supervisor:** Ph. D. Ivana Generalić Mekinić, Assoc. Prof.

### TOCOPHEROL CONTENT IN SEA FENNEL (*CRITHMUM MARITIMUM* L.)

Ivona Ćorić, 122

#### **Abstract:**

Sea fennel (*Crithmum maritimum* L.) is one of the best known halophytic species of the Adriatic coast, which plays an important role in the food, chemical industry and medicine due to its rich chemical profile and adaptability. The most important constituents of sea fennel include volatile components of essential oils, fatty acids, phenolics, minerals, vitamins, carotenoids, and others. The aim of this study was to identify and quantify tocopherols ( $\alpha$ -,  $\beta$ - and  $\gamma$ -) present in sea fennel samples using direct acetone extraction and saponification methods followed by high performance liquid chromatography (HPLC). The study was conducted on 13 different samples (10 leaf samples and 3 flower samples) from 10 locations along the Adriatic coast. After analyzing the results, it was found that the highest concentration of total tocopherols was obtained from the leaves harvested on Pelješac and the flowers harvested on Pag.  $\alpha$ -tocopherol was the dominating chemical species in all samples with concentrations ranging from 3.87  $\mu\text{g/mL}$  in the sample from Šibenik to 21.57  $\mu\text{g/mL}$  in the sample from Pelješac. The sea fennel sample from Pelješac had the highest content of  $\beta$ -tocopherol, while the highest content of  $\gamma$ -tocopherol was found in the sample collected in Šibenik.

**Keywords:** halophytes; sea fennel; extraction; tocopherols; HPLC method

**Thesis contains:** 30 pages, 17 figures, 1 table, 46 references

**Original in:** Croatian

#### **Defence committee for evaluation and defense of bachelor thesis:**

- |   |              |
|---|--------------|
| 1. Ph. D. Zvonimir Marijanović, Assoc. Prof.    | chair person |
| 2. Ph. D. Sc Marina Tranfić Bakić               | member       |
| 3. Ph. D. Ivana Generalić Mekinić, Assoc. Prof. | supervisor   |

#### **Defence date:**

Printed and electronic (PDF) form of thesis is deposited in Library of Faculty of Chemistry and Technology in Split, Ruđera Boškovića 35, in the public library database of the University of Split Library and in the digital academic archives and repositories of the National and University Library.

*Završni rad je izrađen u Zavodu za prehrambenu tehnologiju Kemijsko-tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Splitu, pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Ivane Generalić Mekinić u razdoblju od veljače do rujna 2023. godine.*

*Ovaj rad je u potpunosti financiran sredstvima projekta SEAFENNEL4ME(PRIMA 2021, Section 2) (<https://seafennel4med.com/>).*



## **ZAHVALA**

*Od srca se zahvaljujem svojoj mentorici izv. prof. dr. sc. Ivani Generalić Mekinić na vodstvu, uloženom trudu, susretljivosti i predanosti prilikom izrade i pisanja ovog rada.*

*Također, zahvaljujem izv. prof. Ivici Ljubenkov na pomoći pri izvedbi eksperimentalnog dijela rada.*

*Posebno se zahvaljujem svojoj obitelji i prijateljima koji su me podržavali tijekom studiranja.*

## **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

Zadatak ovog završnog rada bio je identificirati i kvantificirati tokoferole prisutne u cvijetu i listu motra sa 10 različitih lokaliteta.

## SAŽETAK

Motar (*Crithmum maritimum* L.) je jedna od najpoznatijih halofitnih vrsta jadranske obale koji zbog svog bogatog kemijskog profila i mogućnosti prilagodbe ima bitnu ulogu u prehrambenoj i kemijskoj industriji te medicini. Značajni spojevi motra su hlapljivi spojevi eteričnog ulja, masne kiseline, fenoli, minerali, vitamini, karotenoidi i drugi. Cilj ovog istraživanja je bio identificirati i kvantificirati tokoferole ( $\alpha$ -,  $\beta$ - i  $\gamma$ -) prisutne u uzorcima motra pri čemu su korištene metode direktne acetonske ekstrakcije i saponifikacije te tekućinska kromatografija (HPLC). Istraživanje se provodilo na 13 različitih uzoraka (10 uzoraka lista i 3 uzorka cvijeta) sa 10 lokaliteta duž jadranske obale. Nakon analize rezultata, utvrđeno je da je najviša koncentracija ukupnih tokoferola zabilježena u listovima ubranim na Pelješcu te u cvjetovima ubranim na Pagu. U svim uzorcima je dominirao  $\alpha$ - tokoferol s koncentracijama koje su se kretale od 3,87  $\mu\text{g/mL}$  u uzorku iz Šibenika do 21,57  $\mu\text{g/mL}$  u uzorku s Pelješca. Uzorak motra sa Pelješca je imao najviši udio i  $\beta$ -tokoferola, dok je najviša koncentracija  $\gamma$ -tokoferola pronađena u uzorku ubranom u Šibeniku.

**Ključne riječi:** halofiti; motar; ekstrakcija; tokoferoli; HPLC metoda

## ABSTRACT

Sea fennel (*Crithmum maritimum* L.) is one of the best known halophytic species of the Adriatic coast, which plays an important role in the food, chemical industry and medicine due to its rich chemical profile and adaptability. The most important constituents of sea fennel include volatile components of essential oils, fatty acids, phenolics, minerals, vitamins, carotenoids, and others. The aim of this study was to identify and quantify tocopherols ( $\alpha$ -,  $\beta$ - and  $\gamma$ -) present in sea fennel samples using direct acetone extraction and saponification methods followed by high performance liquid chromatography (HPLC). The study was conducted on 13 different samples (10 leaf samples and 3 flower samples) from 10 locations along the Adriatic coast. After analyzing the results, it was found that the highest concentration of total tocopherols was obtained from the leaves harvested on Pelješac and the flowers harvested on Pag.  $\alpha$ -tocopherol was the dominating chemical species in all samples with concentrations ranging from 3.87  $\mu\text{g/mL}$  in the sample from Šibenik to 21.57  $\mu\text{g/mL}$  in the sample from Pelješac. The sea fennel sample from Pelješac had the highest content of  $\beta$ -tocopherol, while the highest content of  $\gamma$ -tocopherol was found in the sample collected in Šibenik.

**Keywords:** halophytes; sea fennel; extraction; tocopherols; HPLC method

## Sadržaj

UVOD .....	1
1. OPĆI DIO.....	2
1.1. Halofiti .....	2
1.2. Motar .....	3
1.2.1. Morfologija, rast i razmnožavanje .....	4
1.2.2. Uporaba i novi proizvodi od motra.....	4
1.2.3. Kemijski sastav motra.....	6
1.2.3.1. Eterično ulje .....	6
1.2.3.2. Masne kiseline .....	7
1.2.3.3. Karotenoidi.....	8
1.2.3.4. Vitamini .....	8
1.2.3.5. Fenolni spojevi .....	9
1.2.3.6. Minerali .....	9
1.3. Tokoferoli.....	10
2. EKSPERIMENTALNI DIO.....	11
2.1. Biljni materijal.....	11
2.2. Postupak ekstrakcije.....	12
2.3. Identifikacija i kvantifikacija tokoferola.....	13
3. REZULTATI I RASPRAVA .....	14
3.1. Ukupni tokoferoli.....	14
3.2. Rezultati određivanja $\alpha$ -tokoferola .....	16
3.3. Rezultati određivanja $\beta$ -tokoferola .....	18
3.4. Rezultati određivanja $\gamma$ -tokoferola.....	20
3.5. Rezultati određivanja $\delta$ -tokoferola .....	23
4. ZAKLJUČAK.....	24
5. LITERATURA .....	25

## UVOD

Halofiti su slanjače kojima za rast i opstanak pogoduje visoki salinitet. U posljednje vrijeme značajan je porast zanimanja za istraživanja halofitnih biljnih vrsta pri čemu se posebna važnost posvećuje motru. Motar ili obalni petrovac (*Crithmum maritimum* L.) je jestiva biljka koja pripada porodici štitarki (Apiaceae), a koju karakterizira bogat i raznolik kemijski profil. Upravo zbog svoje nutritivne vrijednosti motar se smatra vrstom sa značajnim potencijalom iskorištenja za dobivanje novih proizvoda različitim obradama kao što su fermentacija, pasterizacija, sušenje i sl. Bogat je izvor eteričnih ulja, masnih kiselina, karotenoida, minerala, ugljikohidrata, fenolnih spojeva i vitamina što ga čini i važnim prehrambenim resursom. Pored vitamina C, čija je uloga u zaštiti od bolesti dobro poznata, istraživanja motra se usmjeravaju i prema proučavanju prisutnosti vitamina E. Vitamin E čine tokoferoli i tokotrienoli koji uključuju  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - i  $\delta$ - spojeve. Glavni značaj vitamina E je njegovo antioksidativno djelovanje, pa unos namirnica koje su njime bogate doprinosi boljem funkcioniranju metabolizma, dok se deficit javlja rijetko, te obično kod ljudi koji imaju probavne tegobe.

Cilj ovog istraživanja je bio identificirati i kvantificirati tokoferole prisutne u cvijetu i listu motra.

# 1. OPĆI DIO

## 1.1. Halofiti

Halofiti su biljke koje prirodno rastu u sredinama visokog saliniteta. Neka od podneblja kojima su ove biljke prilagođene su pješčane dine, slane pustinje i močvare, morske litice i mangrove.<sup>1</sup> Obzirom da su ove biljke izložene teškim okolišnim stresovima, kao što su osmotski i prehrambeni stres, značajnu ulogu u njihovom rastu i opstanku imaju sekundarni metaboliti koji imaju zaštitnu funkciju.<sup>2,3</sup>

Halofiti su klasificirani temeljem uvjeta u kojima rastu kao obligatni i fakultativni halofiti, te temeljem staništa kao halofiti otporni na sol i halofiti koji za svoj rast trebaju sol. Obligatni halofiti rastu isključivo na vrlo slanim područjima, dok su fakultativni halofiti adaptirani rastu na područjima gdje vladaju normalni uvjeti kada se klasificiraju kao glikofiti, dok pri nakupljanju soli postaju halofiti.<sup>4,5,6</sup>

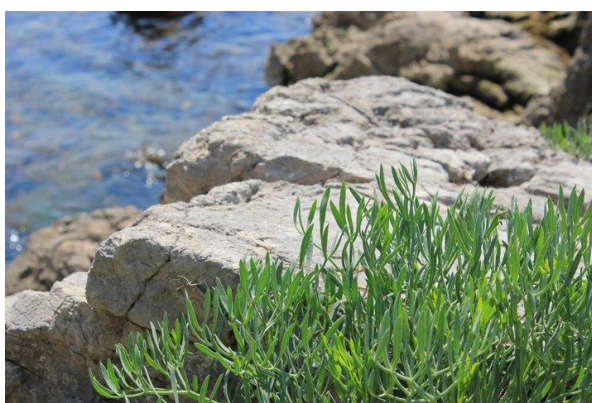
Halofiti čine 1-2% svjetske flore, odnosno poznato je više od 1500 halofitnih biljnih vrsta od kojih su na jadranskoj obali najpoznatiji motar (*Crithmum maritimum*), morska blitva (*Beta vulgaris*), omaklina (*Halimione portulacoides*), primorski oman (*Inula crithmoides*), caklenjača (*Salicornia europea*), oštri sit (*Juncus acutus*) i rešetkasta mrižica (*Limonium cancellatum*).<sup>1,6,7</sup>

## 1.2. Motar

Motar ili obalni petrovac (*Crithmum maritimum* L., detaljnja sistematizacija dana je u Tablici 1) je samonikla biljka koja raste u pukotinama stijena uz more, na stjenovitim obalama i pješčanim plažama (Slika 1). Ova slanjača je rasprostranjena duž mediteranske, pacifičke i atlantske obale. Osim što ima toleranciju na visoku slanost i opstaje pri ekstremnim uvjetima, motar ima bogat kemijski profil te je poznat kao izvor vitamina C, minerala, lipida i eteričnih ulja.<sup>5,7</sup>

Tablica 1. Sistematizacija motra<sup>8</sup>

<b>Carstvo</b>	Plantae
<b>Podcarstvo</b>	Tracheobionta
<b>Divizija</b>	Magnoliophyta
<b>Razred</b>	Magnoliopsida
<b>Podrazred</b>	Rosidae
<b>Red</b>	Apiales
<b>Porodica</b>	Apiaceae
<b>Rod</b>	<i>Crithmum</i>
<b>Vrsta</b>	<i>Crithmum maritimum</i> L.



Slika 1. Motar<sup>9</sup>



### 1.2.1. Morfologija, rast i razmnožavanje

Motar je razgranata, višegodišnja biljka koja može narasti od 30 do 60 cm. Korijen biljke je debeo, jak i kvrgav, a mesnati listovi dugi su 2 do 5 cm, široki 0,6 cm, sivo-zelene do plavo-zelene boje. Od kraja srpnja do sredine kolovoza razvija se stabljika, sa 2 do 3 manja listića, te završava s pupom s 10 do 20 zraka. Cvjetovi cvatu od lipnja do rujna, a plodovi sazrijevaju u studenom i prosincu. Cvjetovi su žuti ili zeleno-bijeli, a plodovi maslinasto-zeleni do ljubičasti, dugi 5 – 6 mm, široki 1,5 – 2,5 mm, plutastog oblika.<sup>8,10,11</sup>

Iako slana područja pogoduju rastu motra, istraživanjima se dokazalo da salinitet veći od 50 mM NaCl inhibira njegovo klijanje.<sup>12,13</sup> Negativan utjecaj na klijanje motra imaju magnezijeve i natrijeve soli ( $MgCl_2$ ,  $MgSO_4$ , NaCl,  $Na_2SO_4$ ) koje pri niskim osmotskim potencijalima pokazuju toksične učinke što rezultira gubitkom hranjivih tvari iz sjemena. Također, utvrđeno je da klijanju motra pogoduju kišnice. Nakon ispiranja soli kišama, počinje upijanje vode te je omogućeno klijanje sjemena. Tolerancija motra na sol pripisuje se njegovoj uspješnosti održavanja opskrbe kalijem i vodom. Veliku važnost u tome imaju i morfološke prilagodbe biljke kao što su sočnost lišća, debeli sloj kutikule, obilje palisadnog parenhima i drugi čimbenici.<sup>8</sup>

Najveća klijavost motra je u destiliranoj vodi, ali je dokazano i da nitrati i drugi dušikovi spojevi također potiču klijanje. Razmnožavanje biljke može se provoditi reznicama mekog drveta tako što se uzima dio biljnog tkiva te sadi kako bi se razvila nova biljna vrsta. U posljednje vrijeme su provedena istraživanja za provedbu *in vitro* uzgoja koja se odnosi na kontrolirane laboratorijske uvjete kojima se postiže povećanje broja plodova.<sup>8</sup>

### 1.2.2. Uporaba i novi proizvodi od motra

Motar zbog svojih mogućnosti prilagodbe i kemijskog sastava ima bitnu ulogu u prehrambenoj industriji i medicini. Koristi se u tradicionalnoj kuhinji, a mnogi ga koriste i kao začim obzirom da sadrži visoke koncentracije soli. Motar je u povijesti bio glavni dodatak prehrani pomoraca u svrhu zaštite od skorbuta. Lišće motra se može

jesti sirovo, kuhano ili ukiseljeno. U medicini motar se smatra diuretikom, purgativom i vermicidom.<sup>8,10</sup>

Svježi motar se od davnih vremena koristi u mnogim mediteranskim zemljama kao što su Grčka, Italija i Francuska kao sastavni dio salata. Kod toplinskih obrada dolazi do značajnog smanjenja njegove nutritivne vrijednosti, primjerice degradacije vitamina C. Stoga su provedena brojna istraživanja usmjerena prema utjecaju fermentacije, blage pasterizacije i sušenja na nutritivni sastav motra kako bi se sačuvala njegova hranjiva vrijednost i stvorili novi, inovativni i funkcionalni proizvodi od motra.<sup>14</sup>

Ideja jednog od mnogih istraživanja bila je proizvesti fermentirani motar (Slika 2a), a analiza proizvoda je potvrdila visok sadržaj polinezasićenih masnih kiselina i vlakana, dominantne arome *p*-cimena i  $\alpha$ -pinena, slani okus i hrskavu konzistenciju. Fermentacija je snizila sadržaj fenola, antioksidacijsku aktivnost i koncentraciju vitamina C, djelomično zbog prisutnosti kisika u fermentacijskom spremniku.<sup>14,15</sup>

Motar je prepoznat kao obećavajući sastojak za inovativnu nemliječnu probiotičku hranu. Znanstvenici su ispitali preživljavanje i stabilnost probiotičkih sojeva tijekom produljenog skladištenja uz dodatak konzerviranog motra. Klice motra su blanširane, pasterizirane i zatim inokulirane probiotičkim sojevima. Rezultati su pokazali da su probiotički sojevi održali visok broj bakterija tijekom skladištenja, što ukazuje na sposobnost prilagodbe probiotika okruženju motra te dovodi do zaključka da motar ima potencijal za razvoj novih nemlijećnih probiotičkih proizvoda.<sup>14,16</sup>

Motar je korišten i kao sastojak za razvoj novih i dugotrajnih zelenih umaka (Slika 2b). U eksperimentima su testirane dvije različite toplinske obrade, 85°C tijekom 2 minute i 95°C tijekom 5 minuta, kako bi se osigurala mikrobiološka stabilnost umaka. Rezultati su pokazali da su oba umaka zadržala stabilnost tijekom jednog mjeseca skladištenja u uvjetima povišene temperature. Mikrobiološki testovi su pokazali da blage toplinske obrade, 1 ili 2 minute na 75°C, mogu eliminirati vegetativne stanice patogena *S. aureus*. Također, tijekom skladištenja pri 37°C, primijećena je inhibicija rasta patogena *B. cereus* u pa je zaključeno da se motar može koristiti kao ključni sastojak za stabilizaciju i produljenje trajnosti zelenih umaka.<sup>14,16</sup>

Provedeno je istraživanje sušenja motra na zraku i liofilizacijom, kako bi se dobio začinski prah (Slika 2c). Liofilizirani prah zadržava sličnu boju kao svježi listovi, dok je prah sušen na zraku imao tamniju boju. Povećanje temperature sušenja s 40°C na

60°C rezultira tamnijom bojom praha, dok su korištenjem mikrovalnog sušenja ili sušenja zamrzavanjem, promjene boje smanjene. Također, razlike u mirisu i okusu primijećene su kod začina pripremljenim različitim toplinskim obradama. Liofilizirani prah je imao miris bilja i svježine koje su prešle u okus celera s malo soli. Nasuprot tome, prah sušen vrućim zrakom je imao manje izražen biljni okus sa sitnom količinom soli.<sup>14,17,18,19</sup>



Slika 2. Prikaz novih proizvoda motra<sup>14</sup>

### 1.2.3. Kemijski sastav motra

Motar je bogat izvor brojnih hidrofilnih i lipofilnih bioaktivnih tvari s primjenom u prehrambene, medicinske, terapijske i kozmetičke svrhe. Hidrofilni spojevi motra uključuju fenole i vitamin C, a od lipofilnih se ističu karotenoidi, spojevi eteričnih ulja i masne kiseline. Osim navedenih spojeva, motar obiluje mineralima i ugljikohidratima.<sup>8,14</sup>

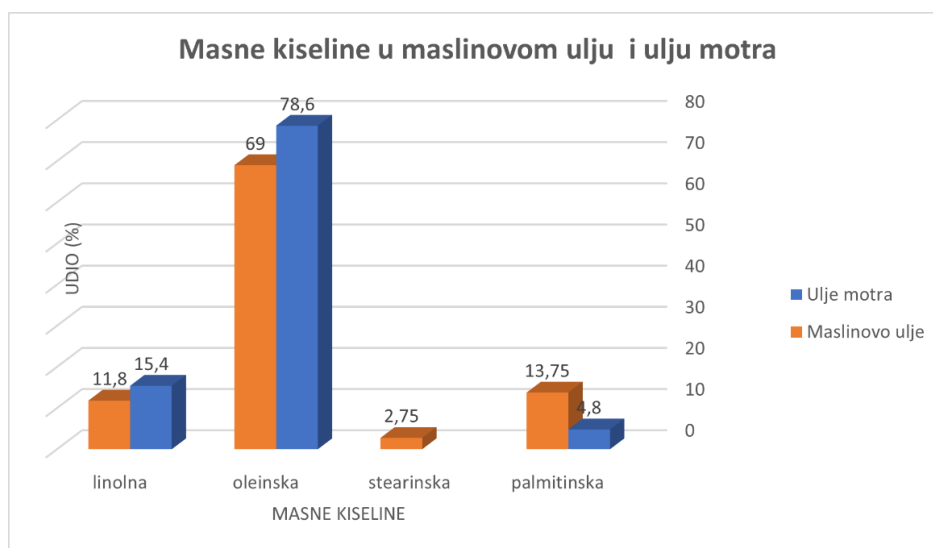
#### 1.2.3.1. Eterično ulje

Za specifičan miris motra zaslužno je eterično ulje kojeg ima oko 0,8%. Glavni sastojci ulja su dilapiol, sabinen,  $\alpha$ -pinen,  $\gamma$ -terpinen, apiol, *p*-cimol, *cis*- $\beta$ -ocimen, timol i terpinen-4-ol, a ulja ekstrahirana iz listova biljke pokazala su prisutnost i visokih koncentracija masnih kiselina,  $\omega$ -3 i  $\omega$ -6.<sup>20</sup>

Analizom cvjetova, stabljike i listova motra, Generalić i suradnici<sup>21</sup> u istraživanju kemijskog profila motra dokazali su prisutnost eteričnih ulja, a usporedbom rezultata s rezultatima motra iz Portugala,<sup>22</sup> dolaze do zaključka kako je najveći sadržaj eteričnih ulja u cvjetovima, zatim lišću te stabljici. U svojim istraživanjima otkrivaju najzastupljenije spojeve, a to su na prvom mjestu sabinen s udjelom od 42,55 do 51,47%, limonen od 36,28 do 43,58% i  $\gamma$ -terpinen od 2,79 do 5,28%.

### 1.2.3.2. Masne kiseline

Atia i suradnici<sup>8</sup> u svom istraživanju navode prisutnost masnih kiselina u listu motra. Istaknute masne kiseline,  $\omega$ -3 i  $\omega$ -6, imaju važnu ulogu u ljudskom metabolizmu i zaštiti organizma od srčanih oboljenja.<sup>17</sup> Na osnovu Guil-Guerrerovih i Rodriguevih istraživanja,<sup>20</sup> Atia<sup>8</sup> navodi da na osnovi suhe mase udio masnih kiselina iznosi 2,85%, navodeći oleinsku (78,6%), palmitinsku (4,8%) i linolnu (15,4%) kiselinu kao najzastupljenije. Usporedbom zastupljenosti i profila masnih kiselina u ulju motra i maslinovom ulju, Slika 3, vidljiva je sličnost u njihovom sastavu.<sup>23</sup>



Slika 3. Grafički prikaz usporedbe sadržaja masnih kiselina u maslinovom ulju i ulju motra

### 1.2.3.3. Karotenoidi

Aktivni oblici vitamina A mogu se naći u hrani životinjskog podrijetla u obliku retinoida, dok su u hrani biljnog podrijetla prisutni kao karotenoidi.<sup>24</sup> Za boju listova motra zaslužni su karotenoidi i klorofili.<sup>14</sup> Ipak, tijekom toplinske obrade, karotenoidi se razgrađuju, izomeriziraju i oksidiraju, ali do degradacijskih reakcija klorofila dolazi i sušenjem na zraku pri čemu obično dolazi do smanjenja intenziteta zelene boje listova.<sup>25,26</sup>

Dominantni karotenoidi prisutni u listovima i stabljici motra su lutein i neoksantin, dok se violaksantin nalazi u nižoj koncentraciji. Prema istraživanjima, koncentracija navedenih karotenoida dvostruko je veća u listovima nego li u stabljici motra.<sup>27</sup> U istraživanju Nabeta i sur.<sup>28</sup> u nadzemnim dijelovima motra dokazan je sadržaj ukupnih karotenoida od  $62,6 \pm 3,8$  mg  $\beta$ -karotena/kg.

### 1.2.3.4. Vitamini

Poznato je da su halofitne vrste bogate lipofilnim vitaminima, vitaminima A i E, te hidrofilnim, vitaminom C i vitaminima B kompleksa. Ovi mikronutrijeni, neophodni su za normalnu funkciju i aktivnosti organizma doprinose nutritivnoj vrijednosti halofitnih vrsta.

Dugotrajni nedostatak vitamina C uzrokuje bolest skorbut koja je nekada predstavljala ozbiljan zdravstveni problem. Mnoga istraživanja potvrđuju da je sadržaj vitamina C u motru visok, pri čemu je utvrđeno da 100 g lišća motra sadrži prosječno 76,6 mg askorbinske kiseline i dehidroaskorbinske kiselina, a prema dostupnim podacima, minimalna količina vitamina C koja štiti organizam od skorbuta iznosi 75 mg.<sup>29</sup> Važno je napomenuti da je odstupanje u količini vitamina C u motru prilično malo, što ukazuje na relativno stabilan kemijski sastav biljke.<sup>30</sup> Istraživanja Nartea i sur.<sup>26</sup> pokazuju da je motar izrazito bogat vitaminom C, u rasponu koncentracija od 39 do 76,6 mg/100 g svježe biljke. Nadalje, dokazana je prisutnost vitamina B, odnosno vitamina B6 – piridoksina, te je zaključeno da motar ima viši sadržaj piridoksina nego li šparoge koje su poznate po visokom udjelu ovog spoja.

### 1.2.3.5. Fenolni spojevi

Fenoli su široko rasprostranjeni u biljnom carstvu i najobilniji su sekundarni metaboliti biljaka. Zbog svojih snažnih antioksidativnih svojstava i izraženih učinaka u prevenciji različitih bolesti povezanih s oksidativnim stresom smatraju se ključnima za sprječavanje oboljenja.<sup>30,31</sup> Provođenjem raznih istraživanja na motru opaženo je da je on biljka izrazito bogata fenolnim spojevima. Do danas su provedena brojna istraživanja identifikacije fenolnih spojeva u motru.<sup>28</sup> Najčešće identificirani spojevi su galna, 3,4-dihidrobenzojeva, vanilinska, cimetna, *p*-kumarinska, kaveinska, klorogenska, neoklorogenska i kriptoklorogenska kiselina, te kvercetin, katehin, epikatehin i rutin.<sup>15,27,28,32-37</sup>

### 1.2.3.6. Minerali

Prema podacima različitih istraživanja najzastupljeniji mineralni elementi u motru su Ca, Mg, K i P. Od njih se posebno ističu Ca i Mg zbog svog posebnog značaja za ljudski organizam u razvoju kostiju i razvitku tijela.<sup>14,38</sup> Srednja vrijednost sadržaja Ca se kreće u rasponu 2,2 do 3,7 g/100 g dok je sadržaj Mg i K je nešto niži, u rasponu od 0,4-0,6 g/100 g i 1,8-0,6 g/100 g. Osim navedenih elemenata ističe se i prisutnost mikroelemenata, kako slijedi: Fe, Mg, Zn, Cu i Cr, čiji sadržaj varira ovisno o vrsti staništa i uvjetima rasta.<sup>37,38</sup>

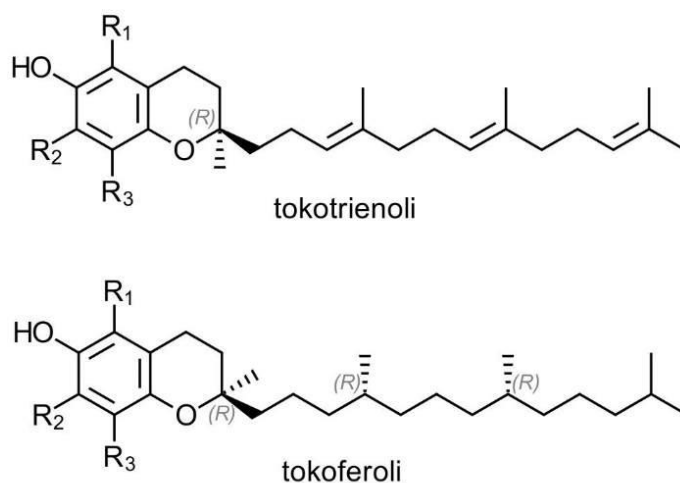
Nartea i sur.<sup>26</sup> su utvrdili da je količina Na u listu motra 14,7 g/kg. Obzirom da halofitne vrste karakteriziraju staništa visokog saliniteta, u stanicama halofita dolazi do nakupljanja Na. Ipak, prekomjeren unos navedenog elementa ima štetno djelovanje na ljudski organizam te povećava rizik od pojave bolesti.

Svaka pojedina halofitna vrsta podnosi određenu koncentraciju soli koja neće utjecati na njen vegetativni i reproduktivni rast.<sup>39</sup> Dok neke vrste pokazuju toleranciju na koncentracije soli od približno 80 mM NaCl, pojedina istraživanja potvrdila su da neke vrste mogu preživjeti čak i pri koncentracijama soli većim od 200 mM NaCl ili čak višim. Ova otkrića sugeriraju da svaki halofit razvija individualnu toleranciju ovisno o unosu Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> i Cl<sup>-</sup>.<sup>7,40</sup>

Dokazano da je motar razvio otpornost na sol kao posljedicu ograničavanja ulaska iona preko korijena te sprječavanja transporta Cl<sup>-</sup> do nadzemnih dijelova.<sup>38</sup>

### 1.3. Tokoferoli

Vitamin E je vitamin topiv u mastima čije najvažnije uloge su biokatalitičko i antioksidativno djelovanje.<sup>41</sup> Vitamin E se sastoji od dvije skupine (Slika 4) koje sadrže osam različitih spojeva:  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - i  $\delta$ -tokoferoli te  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - i  $\delta$ -tokotrienoli. Iako je prisutno osam različitih spojeva, samo se  $\alpha$ -tokoferol smatra korisnim za potrebe ljudi obzirom da se apsorpcija svih oblika vitamina E događa se u tankom crijevu, nakon čega jetra metabolizira samo  $\alpha$ -tokoferol. Preostale oblike vitamina E jetra izlučuje i uklanja iz organizma.<sup>42</sup>



Slika 4. Struktura tokotrienola i tokoferola<sup>43</sup>

Nedostatak vitamina E kod ljudi se javlja jako rijetko, uglavnom kod ljudi koji imaju probleme s apsorpcijom ili metabolizmom masti u prehrani. Najveći pozitivni učinak ovog vitamina je njegovo antioksidativno djelovanje, učinak na smanjenje ateroskleroze i rizika od srčanih bolesti.<sup>44</sup> Vitamin E igra ključnu ulogu u prevenciji, ali i liječenju različitih oboljenja i poremećaja kao što su rak, kardiovaskularne bolesti, upale, bolesti imunološkog sustava i starenje, ne samo kao antioksidans, već i kao modulator prijenosa signala i regulator genske ekspresije.<sup>45</sup>

## 2. EKSPERIMENTALNI DIO

### 2.1. Biljni materijal

U eksperimentalnom dijelu ovoga rada vršili smo istraživanja trinaest različitih uzoraka motra (10 listova i 3 cvijeta). Uzorci su prikupljeni krajem kolovoza 2022. godine duž Jadranske obale na 10 lokacija prikazanih i na Slici 5, i to:

1. Krk – list biljke (uzorak 1)
2. Senj – list biljke (uzorak 2)
3. Pag – list i cvijet biljke (uzorak 3 i 4)
4. Šibenik – list biljke (uzorak 5)
5. Split – list biljke (uzorak 6)
6. Šibenik – list biljke (uzorak 7)
7. Korčula – list i cvijet biljke (uzorak 8 i 9)
8. Neretva – list biljke (uzorak 10)
9. Pelješac – list biljke (uzorak 11)
10. Cavtat – list i cvijet biljke (uzorak 12 i 13)

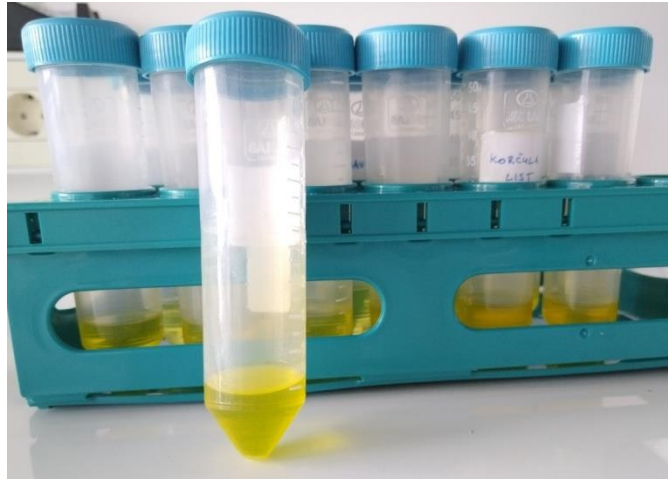




Slika 5. Lokaliteti branja uzoraka motra

## 2.2. Postupak ekstrakcije

Ekstrakcija tokoferola iz uzoraka motra provedena je prema postupku objavljenom u istraživanju Knecht i sur.<sup>46</sup> gdje su tokoferoli određeni direktnom acetonskom ekstrakcijom i saponifikacijom. Na analitičkoj vagi se odvaži 0,4 g uzorka te mu se doda askorbinska kiselina (1 g), natrijev sulfat (0,1 g), etanol (20 mL) te 60%-na otopina NaOH (4 mL). Zatim se suspenzija saponificira u vodenoj kupelji na 85°C tijekom 30 minuta uz povremeno miješanje, nakon čega se ohladi i doda joj se 12 mL vode. Potom se smjesa ekstrahira tri puta sa *n*-heksanom (10 mL) i centrifugira nakon svakog dodavanja heksana tijekom 2 minute pri 3600 okretaja/minuti radi boljeg odvajanja faza. Izdvojene organske faze se sjedine, isperu 4 puta vodom (10 mL), upare od otapala u rotavaporu pri 35°C, a dobiveni sirovi ostatak potom se otopi u *n*-heksanu (Slika 6).



Slika 6. Dobiveni lipofilni ekstrakti uzoraka motra

### 2.3. Identifikacija i kvantifikacija tokoferola

Sadržaj tokoferola u uzorcima je određen primjenom visokodjelotvorne tekućinske kromatografije (engl. High-Performance Liquid Chromatography, HPLC) korištenjem HPLC sustava (Perkin Elmer Series 200, Waltham, Massachusetts, USA) koji je opremljen fluorescentnim detektorom (FLD, Perkin Elmer Series 200) i kolonom Ultra-silica (250×4,6 mm, 5 μm, Restek Corporation, USA). Injektiran volumen uzorka je bio 20 μL. Urađena je linearna elucija otapalom A (heksan) i otapalom B (izopropanol) u omjeru 94:4 pri brzini protoka od 0,8 mL/min. Temperatura kolone je bila konstantna i iznosila je 25°C. Određivanje se vršilo pri valnim duljinama pobude i emisije od 290 nm do 330 nm, a α-, β-, γ- tokoferoli su identificirani na temelju vremena zadržavanja standarda. Kalibracijska krivulja je korištena za određivanje koncentracije (μg/mL) α-tokoferola, dok su koncentracije β- i γ-tokoferola računane prema podacima i kalibracijskoj krivulji dobivenoj za α-tokoferol.

### 3. REZULTATI I RASPRAVA

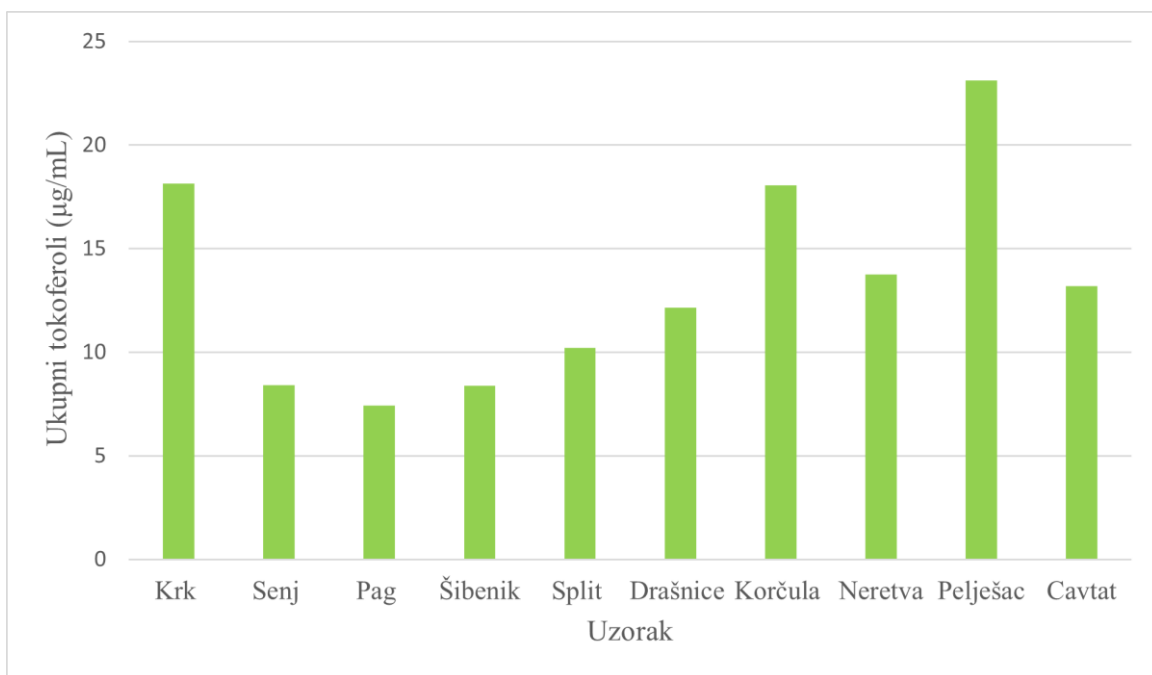
Cilj ovog završnog rada bio je dokazati prisutnost i odrediti sadržaj  $\alpha$ -,  $\beta$ - i  $\gamma$ - tokoferola u motru (*Crithmum maritimum* L.) primjenom HPLC sustava. Istraživanje se obuhvaćalo trinaest uzoraka prikupljenih sa deset različitih lokacija. Analizirani su uzorci cvijeta (3 uzorka) i lista (10 uzoraka) biljke.

#### 3.1. Ukupni tokoferoli

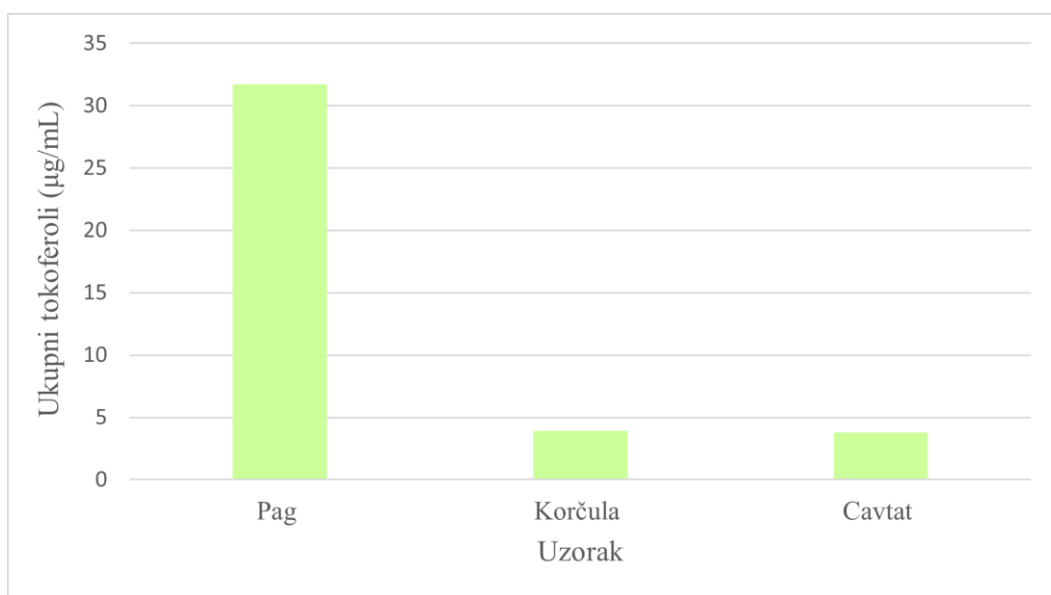
Na Slici 7 prikazani su rezultati sadržaja ukupnih tokoferola u uzorcima lista (7a) i cvijeta (7b) sakupljenih na različitim lokacijama duž jadranske obale.

Iz rezultata analize uzoraka lista dobivenih istraživanjem, jasno je da je najviša koncentracija ukupnih tokoferola zabilježena u uzorku lista ubranom na Pelješcu - 23,12  $\mu\text{g/mL}$ , a više koncentracije su primijećene i u uzorcima ubranim na otocima Krku i Korčuli. S druge strane, najniži sadržaj ukupnih tokoferola pronađen je u uzorcima s Paga (7,44  $\mu\text{g/mL}$ ), te iz Šibenika (8,39  $\mu\text{g/mL}$ ) i Senja (8,4  $\mu\text{g/mL}$ ) (Slika 7a).

Kada se radi o sadržaju ukupnih tokoferola u cvjetovima, primjećujemo značajne razlike. Najviša koncentracija ukupnih tokoferola zabilježena je u uzorku cvijeta s Paga. Nasuprot tome, koncentracije tokoferola u uzorcima cvjetova s Korčule i iz Cavtata su približno jednake, ali su čak deset puta manje u usporedbi s uzorkom ubranim na Pagu (Slika 7b). Razlike koncentracija ukupnih tokoferola sa sjevernih i južnih lokaliteta u listu ne pokazuju neke značajne varijacije ili poveznicu dok je kod uzoraka cvijeta vidljivo da su oba uzorka s južnijih lokaliteta imala značajno niže koncentracije tokoferola od uzorka s sjevera.



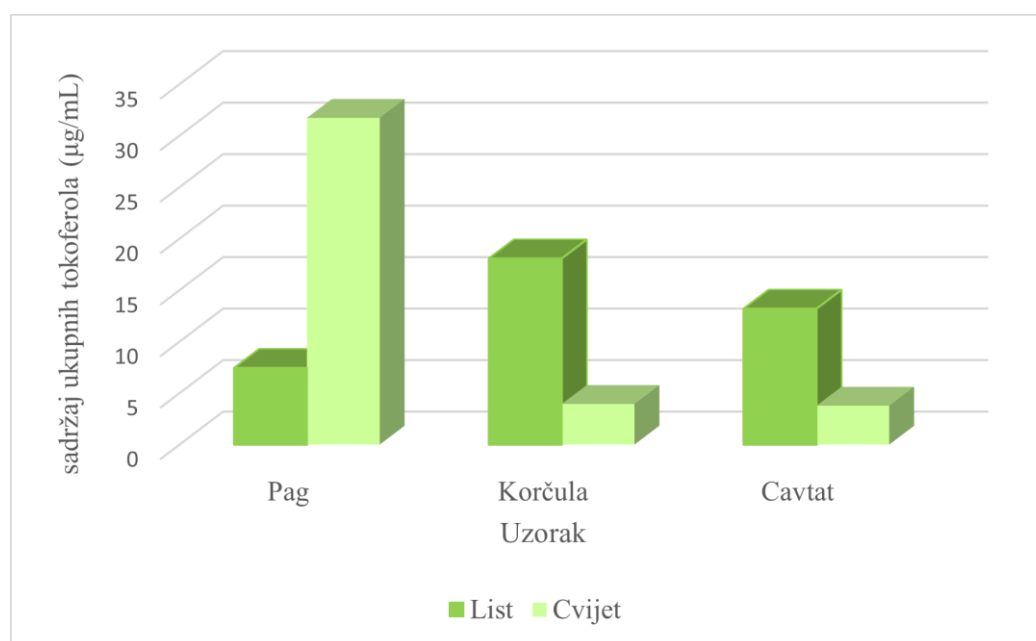
a) Ukupni tokoferoli u listu



b) Ukupni tokoferoli u cvijetu

Slika 7. Grafički prikaz sadržaja ukupnih tokoferola u uzorcima lista (a) i cvijeta (b) motra sa različitih lokaliteta

Koncentracije ukupnih tokoferola u uzorcima lista i cvijeta prikupljenih na istim lokalitetima, pokazale su značajne varijacije u sadržaju tokoferola. U slučaju uzoraka prikupljenih na Korčuli i u Cavtatu dvostruko viši sadržaj tokoferola je pronađen u listu u odnosu na cvijet, dok uzorci motra prikupljeni na Pagu pokazuju obrnuto. Koncentracija ukupnih tokoferola u cvijetu prikupljenom na Pagu iznosila je 31,72  $\mu\text{g/mL}$ , predstavljajući istodobno najvišu dobivenu koncentraciju među svim analiziranim uzorcima. Za razliku od cvijeta, u listu s istog lokaliteta pronađen je tri puta niži sadržaj tokoferola (Slika 8).

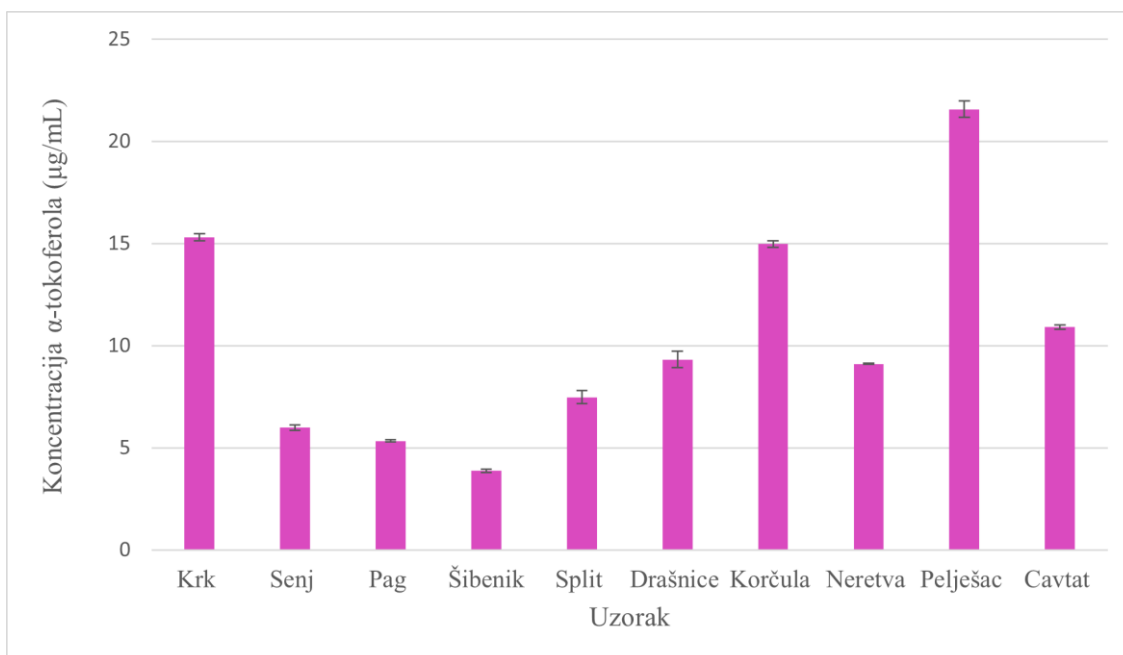


Slika 8. Grafički prikaz usporedbe sadržaja ukupnih tokoferola u listu i cvijetu motra s istih lokaliteta

### 3.2. Rezultati određivanja $\alpha$ -tokoferola

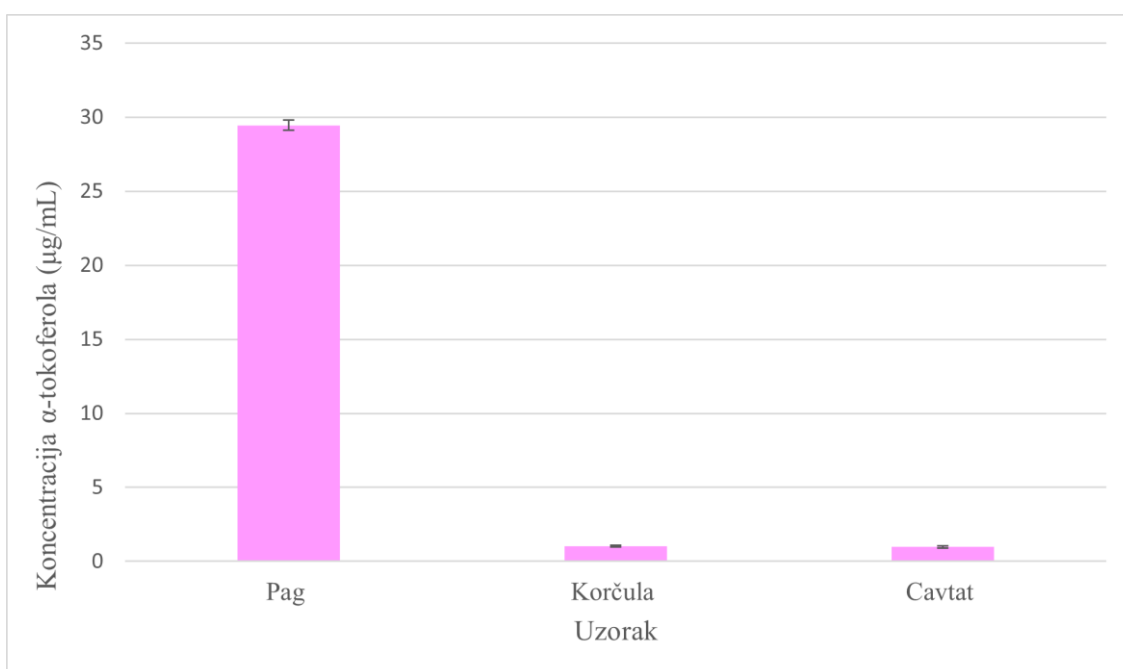
$\alpha$ -tokoferol je ujedno i najrašireniji oblik vitamina E koji se javlja u zelenim dijelovima biljaka, dok je drugi uobičajeni oblik  $\gamma$ -tokoferol, koji često dominira u uljima sjemenki.<sup>24,25,45</sup>

Na Slici 9. prikazani su rezultati određivanja  $\alpha$ -tokoferola u uzorcima lista motra izraženi u  $\mu\text{g/mL}$ . U listovima motra prisutnost  $\alpha$ -tokoferola se kretala od 3,87 do 21,57  $\mu\text{g/mL}$  od čega je najveća zabilježena vrijednost u listu prikupljenom na Pelješcu, a najniža u listu motra prikupljenom u Šibeniku.



Slika 9. Grafički prikaz koncentracije  $\alpha$ -tokoferola u listu motra sa različitih lokaliteta

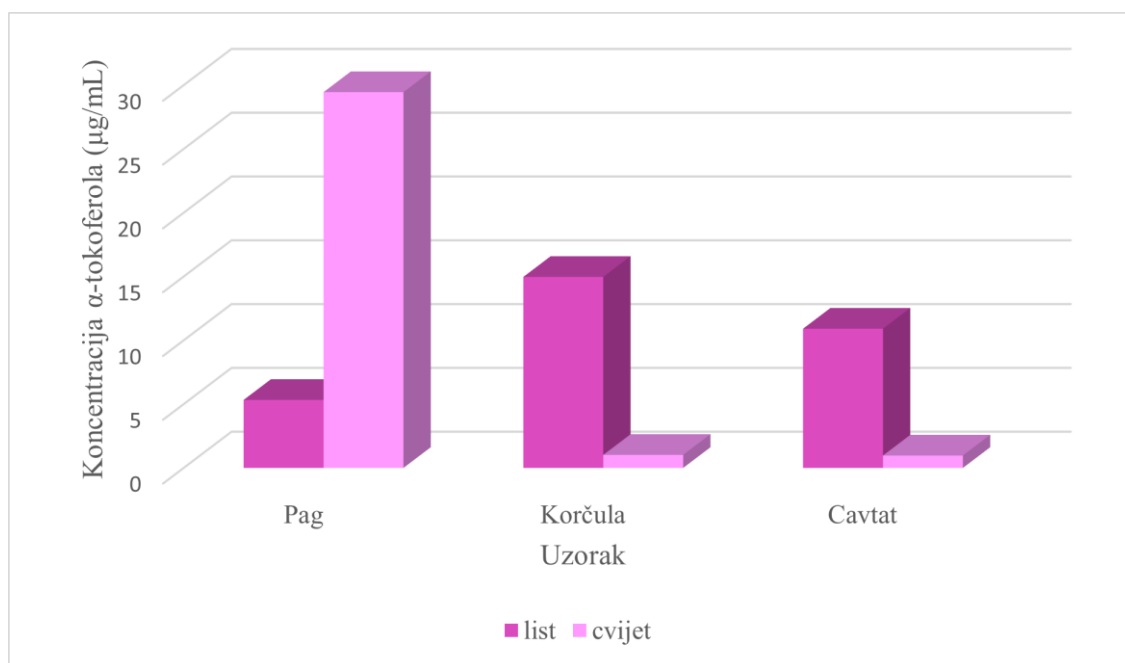
Podatci dobiveni određivanjem  $\alpha$ -tokoferola cvijeta motra s tri različite lokacije pokazali su neznatnu razliku u njihovom sadržaju u cvijetu ubranom u Cavtatu (0,97  $\mu\text{g/mL}$ ) i cvijetu ubranom na Korčuli (1,02  $\mu\text{g/mL}$ ), dok je daleko najviši sadržaj  $\alpha$ -tokoferola pronađen u uzorku cvijeta motra prikupljenom na Pagu i iznosio je 29,45  $\mu\text{g/mL}$  (Slika 10).



Slika 10. Grafički prikaz sadržaja  $\alpha$ -tokoferola u cvijetu motra sa različitih lokaliteta

Na temelju dobivenih rezultata može se izvesti zaključak da je sadržaj  $\alpha$ -tokoferola u listovima niži, a cvijetu viši kod uzoraka sakupljenih na sjevernim područjima. Suprotno od toga na južnim lokacijama u uzorcima cvjetova su pronađene jako niske koncentracije ukupnih tokoferola, dok su u listovima iste bile relativno visoke.

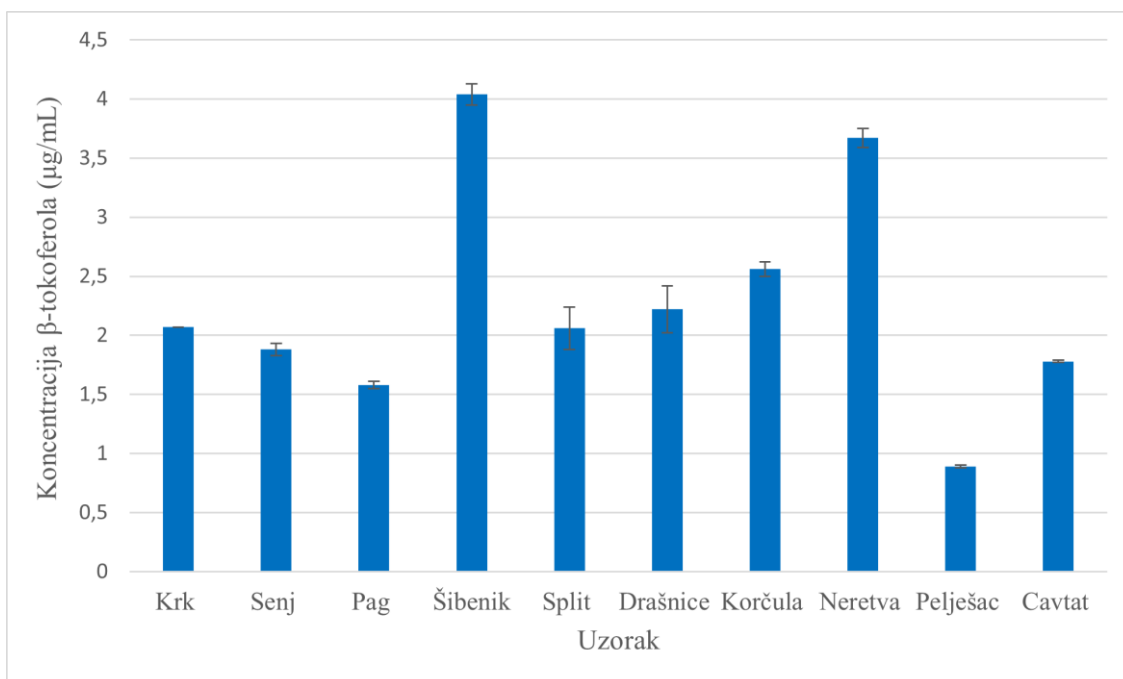
Uvidom u grafički prikaz usporedbe koncentracije  $\alpha$ -tokoferola lista i cvijeta (Slika 11) može se zaključiti da je u uzorcima s otoka Paga bila značajno viša njihova koncentracija u cvijetu nego u listu, dok je u uzorcima ubranim na Korčuli i u Cavtatu bilo suprotno, odnosno zabilježena je deset puta niža koncentracija  $\alpha$ -tokoferola u cvjetovima nego li u listovima s istih lokaliteta branja.



Slika 11. Grafički prikaz usporedbe koncentracije  $\alpha$ -tokoferola lista i cvijeta s istih lokaliteta

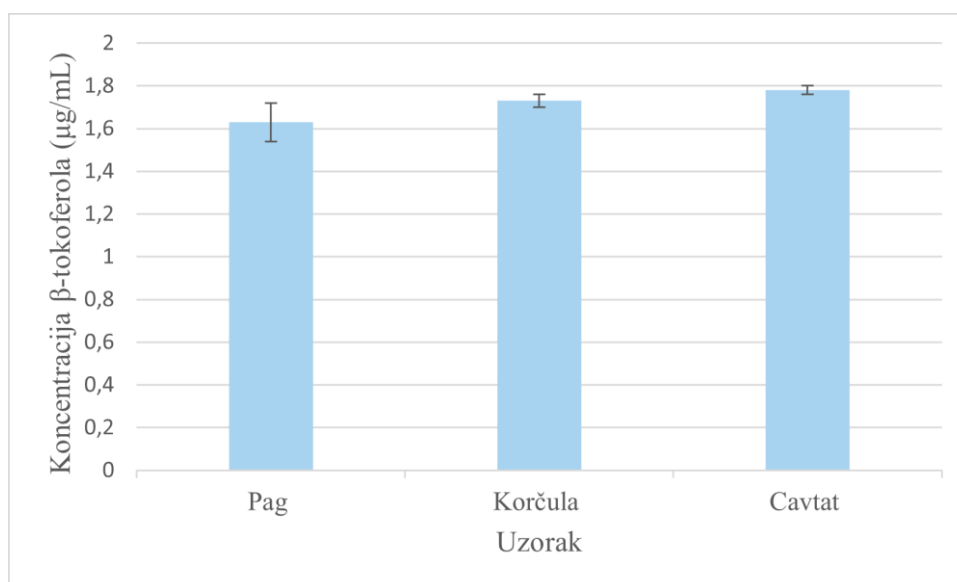
### 3.3. Rezultati određivanja $\beta$ -tokoferola

Na Slici 12 prikazani su rezultati identifikacije  $\beta$ -tokoferola. Najvišu koncentraciju  $\beta$ -tokoferola imao je list prikupljen na lokaciji Šibenik (4,04  $\mu\text{g/mL}$ ), a najnižu list ubran na Pelješcu (0,89  $\mu\text{g/mL}$ ). Odmah iza uzorka ubranog u Šibeniku najveći sadržaj  $\beta$ -tokoferola imao je list motra sa područja Neretve dok su niske te približno slične koncentracije  $\beta$ -tokoferola sadržavali uzorci iz Senja, Paga i Cavtata.



Slika 12. Grafički prikaz sadržaja  $\beta$ -tokoferola u listu motra sa različitih lokaliteta

Dok su kod  $\alpha$ -tokoferola bile prisutne velike razlike u koncentracijama iz cvijeta motra s tri različita lokaliteta kod  $\beta$ -tokoferola nisu bile vidljive značajne razlike u koncentracijama (Slika 13). Sadržaj  $\beta$ -tokoferola iz uzorka cvijeta motra prikupljenog u Cavtatu iznosio je 1,78  $\mu\text{g/mL}$ , s Korčule 1,73  $\mu\text{g/mL}$  te s Paga 1,63  $\mu\text{g/mL}$ .

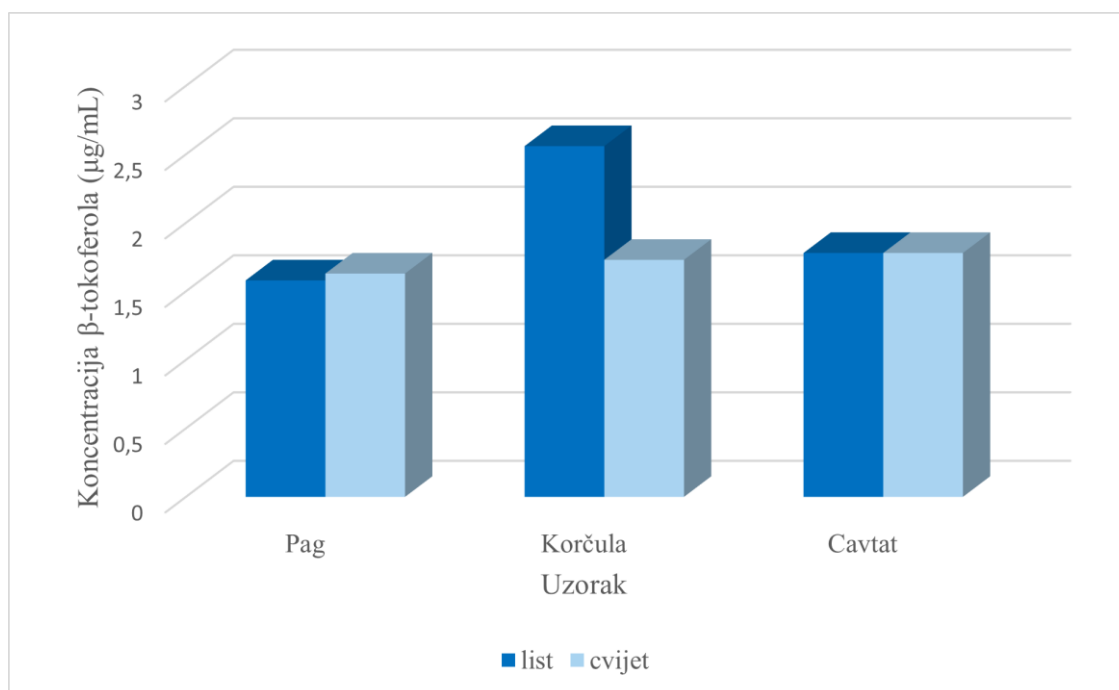


Slika 13. Grafički prikaz sadržaja  $\beta$ -tokoferola cvijeta motra sa različitih lokaliteta



Kod koncentracija  $\beta$ -tokoferola nisu primjetne značajne razlike između sjevernih i južnih područja kada je riječ o listu, međutim ukoliko promatramo rezultate dobivene za cvjetove može se uočiti porast kada se kreće od sjevernih prema južnim područjima.

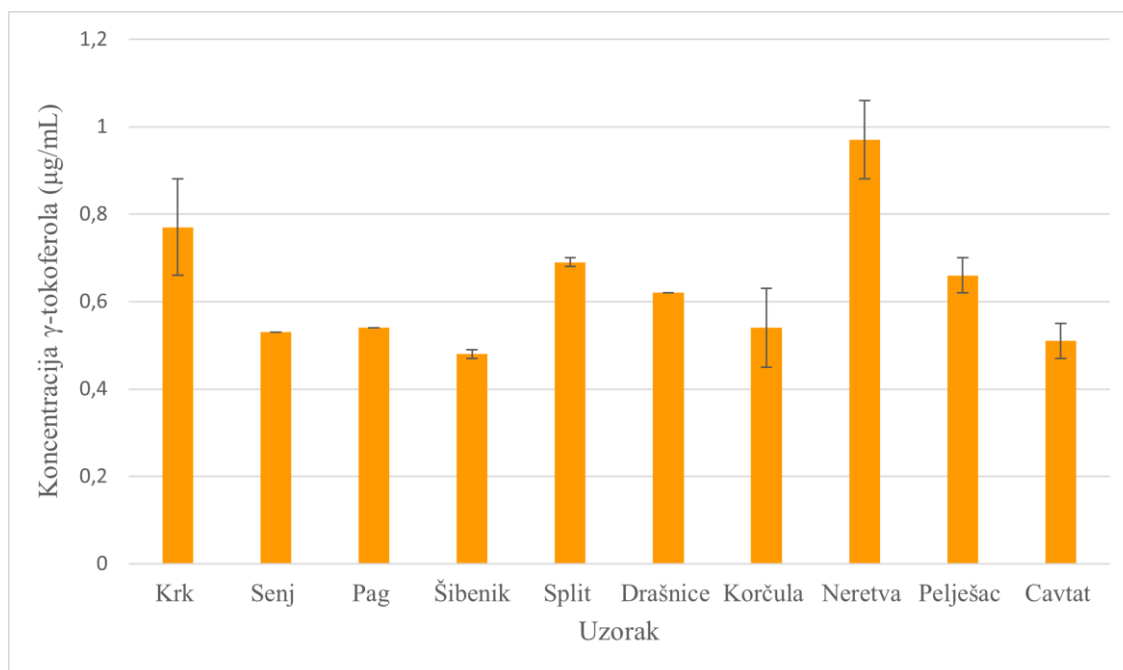
Na Slici 14 uspoređene su koncentracije  $\beta$ -tokoferola u listovima i cvjetovima s istih lokaliteta. Uzorci ubrani u Cavtatu sadržavali su jednaku koncentraciju  $\beta$ -tokoferola u listu i cvijetu, koja je iznosila 1,78  $\mu\text{g/mL}$ . S druge strane, uzorci ubrani na Pagu pokazali su neznatnu razliku u koncentraciji: koncentracija u cvijetu iznosila je 1,63  $\mu\text{g/mL}$ , dok je u listu bila nešto niža i iznosila je 1,58  $\mu\text{g/mL}$ . Za razliku od uzoraka s ostala dva područja, uzorci s Korčule pokazali su značajnije razlike, pri čemu je koncentracija  $\beta$ -tokoferola u cvijetu bila niža u usporedbi s listom. Konkretno, koncentracija u cvijetu iznosila je 1,73  $\mu\text{g/mL}$ , dok je koncentracija u listu iznosila 2,56  $\mu\text{g/mL}$ .



Slika 14. Grafički prikaz usporedbe koncentracije  $\beta$ -tokoferola lista i cvijeta s istih lokaliteta

### 3.4. Rezultati određivanja $\gamma$ -tokoferola

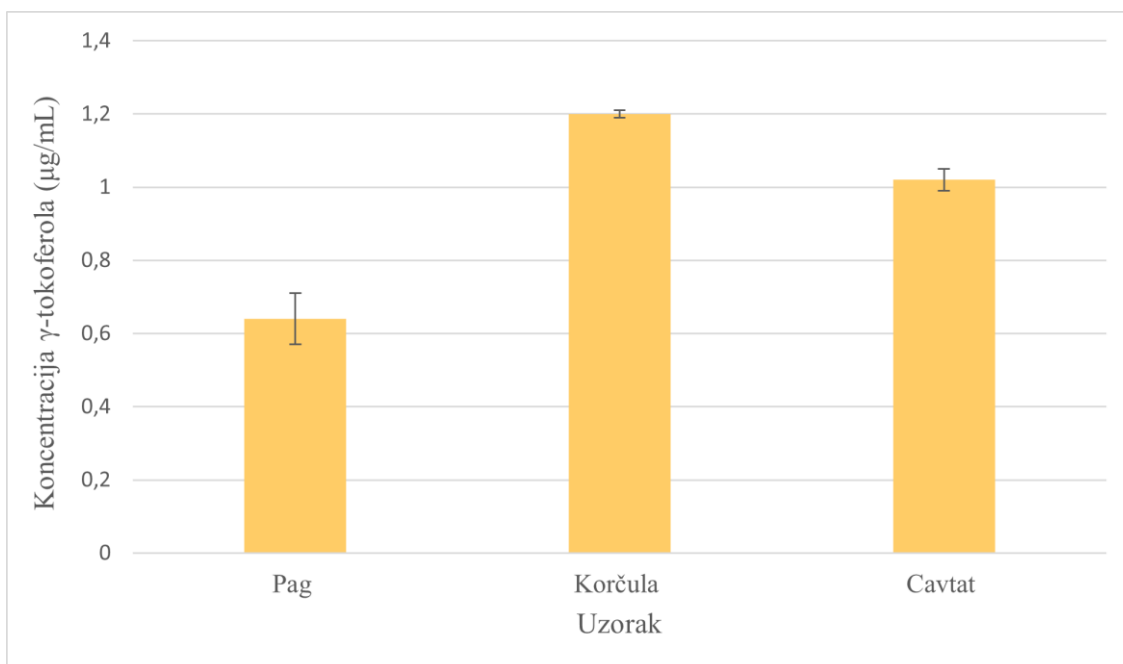
U uzorcima je određen i sadržaj  $\gamma$ -tokoferola. Sa Slike 15 vidljivo je da je razlika u koncentracijama  $\gamma$ -tokoferola sadržanih u listu motra ubranog sa različitih lokaliteta bila neznatna. Na Slici se također uočava da je najvišu koncentraciju  $\gamma$ -tokoferola imao uzorak lista motra prikupljenog na području Neretve (0,97  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ), a najnižu uzorak lista prikupljenog na području Šibenika (0,48  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ).



Slika 15. Grafički prikaz sadržaja  $\gamma$ -tokoferola lista motra sa različitih lokaliteta

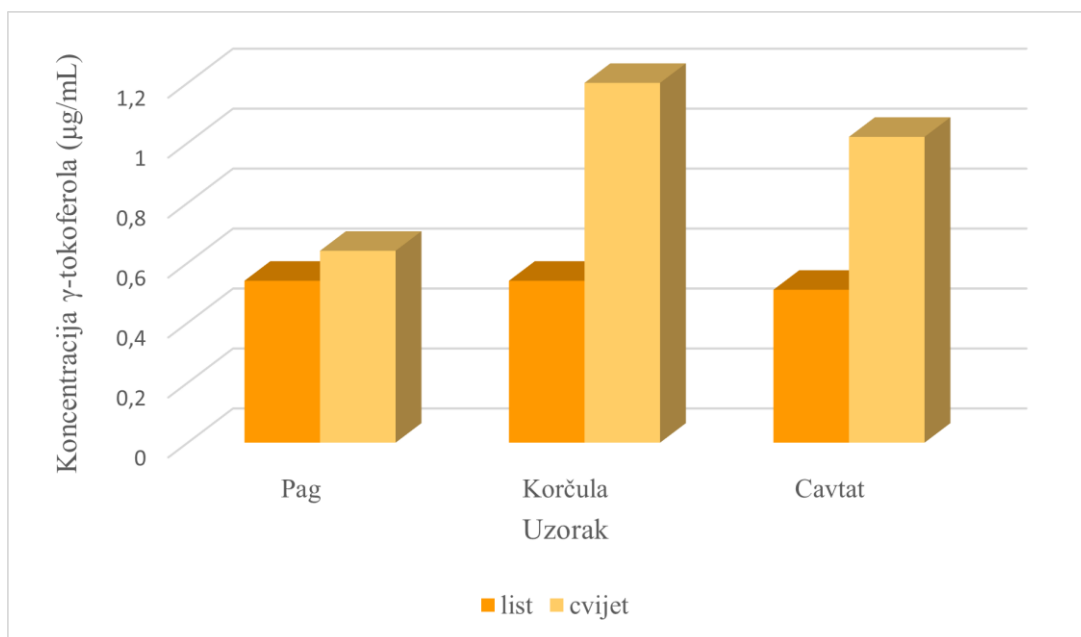
Kod uzoraka cvjetova najviša koncentracija iznosila je 1,2  $\mu\text{g}/\text{mL}$  (Korčula), skoro dvostruko niža pronađena je u uzorku cvijeta ubranom na Pagu (0,64  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ), dok je sadržaj  $\gamma$ -tokoferola u uzorku cvijeta motra prikupljenog u Cavtatu iznosio 1,02  $\mu\text{g}/\text{mL}$  (Slika 16).

Dok je koncentracija  $\gamma$ -tokoferola u lišću relativno malo varirala između različitih lokacija, u slučaju cvjetova, primjetna je značajna razlika među uzorcima s juga i uzorcima s sjevera pri čemu su uzorci cvjetova s juga imali znatno više koncentracije  $\gamma$ -tokoferola.



Slika 16. Grafički prikaz sadržaja  $\gamma$ -tokoferola cvijeta motra sa različitih lokaliteta

Uspoređujući koncentraciju  $\gamma$ -tokoferola u listovima i cvjetovima s različitih lokacija, mogu se primijetiti značajne razlike. U Cavtatu i na Korčuli, koncentracija  $\gamma$ -tokoferola u cvjetovima je bila značajno viša u usporedbi s koncentracijom u listovima. Iako su i na otoku Pagu više koncentracije zabilježene u cvijetu nego li u listu, ta razlika nije toliko izražena. Konkretno, na Pagu koncentracija  $\gamma$ -tokoferola u cvjetovima je iznosila 0,64  $\mu\text{g/mL}$ , a u listovima 0,54  $\mu\text{g/mL}$ .



Slika 17. Grafički prikaz usporedbe koncentracije  $\gamma$ -tokoferola lista i cvijeta s istih lokaliteta

### 3.5. Rezultati određivanja $\delta$ -tokoferola

$\delta$ -tokoferoli su određivani istom metodom kao i prethodne tri skupine spojeva, međutim nije dokazano njihovo prisustvo u uzorcima.

#### 4. ZAKLJUČAK

Na temelju rezultata prikazanih u radu, jasno se može zaključiti da je uspješno postignut glavni cilj istraživanja, a to je identifikacija i kvantifikacija tokoferola prisutnih u analiziranim uzorcima motra s različitih lokaliteta pri čemu je potvrđena prisutnost tri različita tokoferola, i to  $\alpha$ -tokoferola koji je koncentracijom dominirao u uzorcima, te  $\beta$ -tokoferola i  $\gamma$ -tokoferola. Također je potvrđena razlika u sadržaju istraživanih spojeva između uzoraka cvijeta i lista, kao i važnost i utjecaj lokacije branja na isto. Ovi rezultati također imaju dublje implikacije za razumijevanje sastava motra i njegove važnosti u kontekstu prehrane, obzirom da prisustvo ovih spojeva u motru nije prethodno dokazano. Stoga, dobiveni rezultati istraživanja potencijalno otvaraju nove perspektive za buduću primjenu motra, daljnja istraživanja i razvoj novih proizvoda.

## 5. LITERATURA

1. *M. María Calvo, A. Tzamourani, O. Martínez-Alvarez*, Halophytes as a potential source of melanosis-inhibiting compounds. Mechanism of inhibition of a characterized polyphenol extract of purslane (*Portulaca oleracea*), *Food Chem.* **355** (2021.) 129649, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129649>
2. *J.M. Castillo, J.M. Mancilla-Leytón, R. Martins-Noguerol, X. Moreira, A.J. Moreno-Pérez, S. Muñoz-Vallés, J.J. Pedroche, M. Enrique Figueroa, A. García-González, J.J. Salas, M.C. Millán-Linares, Marta Francisco, J. Cambrollé*, Interactive effects between salinity and nutrient deficiency on biomass production and bio-active compounds accumulation in the halophyte *Crithmum maritimum*, *Scientia Horticul.* **301** (2022) 111136, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111136>
3. *R. Martins-Noguerol, L. Matías, I.M. Pérez-Ramos, X. Moreira, M. Francisco, J. Pedroche, C. DeAndrés-Gil, E. Gutiérrez, Joaquín J. Salas, Antonio J. Moreno-Pérez, A.J. Davy, S. Muñoz-Vallésf, M. Enrique Figueroa, J. Cambrollé*, Soil physicochemical properties associated with the yield and phytochemical composition of the edible halophyte *Crithmum maritimum*, *Science of The Total Environment* **869** (2023.) 161806
4. *M. Bilal Hafeeza, A. Razab, N. Zahrac, K. Shaukatd, M. Zubair Akrame, S. Iqbalf and S. M. Ahmed Basra*, Gene regulation in halophytes in conferring salt tolerance, *Handbook of Bioremediation* 341-370 (2021.), doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819382-2.00022-3>
5. *Mimica Nina*, Utjecaj staništa na kemijski sastav i biološka svojstva motra, Završni rad, 2021., str. 1.-7.
6. *Glavić Aleksandra*, Prilagodbe biljaka na slana staništa, Završni rad, 2009., str. 16.-18.
7. *T. J. Flowers and T. D. Colmer*, Salinity tolerance in halophytes, *New Phytol.* **177** (2008) 945-963, doi: [10.1111/j.1469-8137.2008.02531.x](https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02531.x).
8. *A. Atia, Z. Barhoumi, R. Mokded, C. Abdelly and A. Smaoui*, Environmental eco-physiology and economical potential of the halophyte *Crithmum maritimum* L. (Apiaceae), *J. Med. Plants Res.* **5** (2011) 3564-3571, doi: <https://doi.org/10.5897/JMPR.9000569>

9. URL:<https://tasteofcroatia.org/wp-content/uploads/2017/12/motar1.jpg>  
(18.4.2023.)
10. Ž. Maleš, M. Plazibat, R. Petlevski, Istraživanje aminokiselina petrovca (*Crithmum maritimum* L.) tankoslojnom kromatografijom, Farm. gl. **57** (2001) 175-180
11. Ž. Maleš, I. Žuntar, B. Nigović, M. Plazibat, V. Bilušić-Vundać, Quantitative analysis of the polyphenols of the aerial parts of rock samphire - *Crithmum maritimum* L., Acta Pharm. **53** (2003.) 139-144
12. A. Atia, A. Debez, Z. Barhoumi, A. Smaoui, C. Abdelly, ABA, GA3, and nitrate may control seed germination of *Crithmum maritimum* (Apiaceae) under saline conditions, C. R. Biologies **332** (2009) 704–710, doi:  
<https://doi.org/10.1016/j.crvi.2009.03.009>
13. Atia A., A. Debez, M. Rabhi, H. Athar, C. Abdelly, Alleviation of salt induced seed dormancy in the perennial halophyte *Crithmum maritimum* L.(Apiaceae), Pakistan Journal of Botany **38** (2006) 1367-1372, doi:
14. M. Kraouia, A. Nartea, A. Maoloni, A. Osimani, C. Garofalo, B. Fanesi, L. Ismaiel, L. Aquilanti and D. Pacetti, Sea Fennel (*Crithmum maritimum* L.) as an Emerging Crop for the Manufacturing of Innovative Foods and Nutraceuticals, Mol. (2023) **28**(12), 4741, doi:<https://doi.org/10.3390/molecules28124741>
15. Mehmet M. Özcan, N. Uslu, G. Figueredo, F. Al Juhaimi, K. Ghafour, Elfadil E Babiker, Omer N Alsawmahi, M. Mete Özcan, Isam A and M. Ahmed, The effect of fermentation process on bioactive properties, essential oil composition and phenolic constituents of raw fresh and fermented sea fennel (*Crithmum maritimum* L.) leaves, Indian J. Tradit. Knowl. **18** (2019) 800-804
16. A. Maoloni, F. Cardinali, V. Milanović, A. Osimani, M. Cristina Verdenelli, M. Magdalena Coman and L. Aquilanti, Exploratory Study for Probiotic Enrichment of a Sea Fennel (*Crithmum maritimum* L.) Preserve in Brine, Foods (2022) **11**(15), 2219, doi:<https://doi.org/10.3390/foods11152219>
17. M. Renna and M. Gonnell, The use of the sea fennel as a new spice-colorant in culinary preparations, Int. J. Gastron. Food Sci. **1** (2012) 111–115, doi:  
<https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2013.06.004>
18. M. Renna, M. Gonnella, S. Caretto, G. Mita, F. Serio, Sea fennel (*Crithmum maritimum* L.): from underutilized crop to new dried product for food use,

- Genetic Resources and Crop Evolution **64**, 205–216 (2017), doi: <https://doi.org/10.1007/s10722-016-0472-2>
19. P. Giungato, M. Renna, R. Rana, S. Licen, P. Barbieri, Characterization of dried and freeze-dried sea fennel (*Crithmum maritimum* L.) samples with headspace gas-chromatography/mass spectrometry and evaluation of an electronic nose discrimination potential, Food Research International **115** (2019) 65-72, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.067>
  20. J. L. Guil-Guerrero, I. Rodríguez-García, Lipids classes, fatty acids and carotenes of the leaves of six edible wild plants, Eur Food Res Technol **209** (1999) 313-316
  21. I. Generalić Mekinić, I. Blažević, I. Mudnić, F. Burčul, M. Grga, D. Skroza, I. Jerčić, I. Ljubenkov, M. Boban, M. Miloš i V. Katalinić, Sea fennel (*Crithmum maritimum* L.): phytochemical profile, antioxidative, cholinesterase inhibitory and vasodilatory activity, J. Food Sci Tech. **53** (2016) 3104–3112, doi:<https://doi.org/10.1007/s13197-016-2283-z>
  22. L. Pateira, T. Nogueira, A. Antunes, F. Venâncio, R. Tavares, J. Capelo, Two chemotypes of *Crithmum maritimum* L. from Portugal, Flavour and Fragrance Journal **14** (1999) 333-343
  23. Soldo Ana, Sastav masnih kiselina djevičanskih maslinovih ulja proizvedenih uz ubrzani toplinski tretman, 2022.
  24. A. Gentili, F. Caretti, Evaluation of a method based on liquid chromatography–diode array detector–tandem mass spectrometry for a rapid and comprehensive characterization of the fat-soluble vitamin and carotenoid profile of selected plant foods, 2010. Journal of Chromatography A **1218** (2011) 684-697, doi: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2010.12.001>
  25. A. Nartea, B. Fanesi, P. Massimiliano Falcone, D. Pacetti, N. Giuseppe Frega and P. Lucci, Impact of Mild Oven Cooking Treatments on Carotenoids and Tocopherols of Cheddar and Depurple Cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis*), Antioxidants **10** (2021) 196, doi:<https://doi.org/10.3390/antiox10020196>
  26. A. Nartea, B. Fanesi, D. Pacetti, L. Lenti, D. Fiorini, P. Lucci, N. G. Frega, P. M. Falcone, Cauliflower by-products as functional ingredient in bakery foods: Fortification of pizza with glucosinolates, carotenoids and phytosterols, Food Science **6** (2023) 100437, doi: <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100437>



27. E. Sarroua, A. S. Siomos, S. Riccadonac, D.-Christina Aktogloub, P. Tsouvaltzis, A. Angelid, P. Franceschic, P. Chatzopoulou, U. Vrhovsek, S. Martens, Improvement of sea fennel (*Crithmum maritimum* L.) nutritional value through iodine biofortification in a hydroponic floating system, *Food Chemistry* **296** (2019) 150-159, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.190>
28. N. Nabet, H. Boudries, N. Chougui, S. Loupassaki, S. Souagui, F. Burló, F. Hernández, Á. A. Carbonell-Barrachina, K. Madani and R. Larbat, Biological activities and secondary compound composition from *Crithmum maritimum* aerial parts, *Int. J. Food Prop.* **20** (2016) 1843–1855, doi: <https://doi.org/10.3390/antiox12020252>
29. Wolfgang Franke, Vitamin C in Sea Fennel (*Crithmum maritimum*), an Edible Wild Plant, 1982., *Economic Botany* **36** (1982) 163-165
30. A. Maoloni, V. Milanović, A. Osimani, F. Cardinali, C. Garofalo, L. Belleggia, R. Foligni, C. Mannozi, M. Mozzona, M. Cirlini, M. Spaggiari, A. Realec, F. Boscainoc, T. Di Renzoc, M. Naceur Haouet, B. Staccini, S. Di Bellad, L. Aquilanti, Exploitation of sea fennel (*Crithmum maritimum* L.) for manufacturing of novel high-value fermented preserves, *Food and Bioproducts Processing* **127** (2021) 174-197, doi: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2021.03.001>
31. J. Dai, R. J Mumper, Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties, *Mol.* **15** (2010) 7313-7352, doi:<https://doi.org/10.3390/molecules15107313>
32. I. Generalić Mekinić, V. Šimat, I. Ljubenković, F. Burčul, M. Grga, M. Mihajlovski, R. Lončar, V. Katalinić, D. Skroza, Influence of the vegetation period on sea fennel, *Crithmum maritimum* L. (Apiaceae), phenolic composition, antioxidant and anticholinesterase activities, *Ind. Crops Prod.* **124** (2018) 947-953, doi:<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.08.080>
33. Souid, A., D. Croce, C.M., Frassinetti S., Gabriele, M., Pozzo L., Ciardi M., Abdelly C., Hamed K.B., Magné C., Longo V., Nutraceutical Potential of Leaf Hydro-Ethanollic Extract of the Edible Halophyte *Crithmum maritimum* L. *Molecules* **26** (2021) 5380, doi:<https://doi.org/10.3390/molecules26175380>
34. Siracusa L., Kulisic-Bilusic T., Politeo O., Krause I, Dejanović B., Ruberto G., Phenolic composition and antioxidant activity of aqueous infusions from *Capparis spinosa* L. and *Crithmum maritimum* L. before and after submission to

- a two-step in vitro digestion model, *Food Chem.* (2011) **59**, 12453-9, doi:10.1021/jf203096q
35. *G. Pereira, Catarina & Barreira, Luísa & Neng, Nuno & Nogueira, José & Marques, Cátia & Santos, Tamára & Varela, João & Custódio, Luísa*, Searching for new sources of innovative products for the food industry within halophyte aromatic plants: In vitro antioxidant activity and phenolic and mineral contents of infusions and decoctions of *Crithmum maritimum* L., *Food and Chemical Toxicology* **107** (2017) 581-589, doi:10.1016/j.fct.2017.04.018
36. *Kadoglidou K., Irakli M., Boutsika A., Mellidou I., Maninis N., Sarrou E., Georgiadou V., Tourvas N., Krigas N., Moysiadis T. et al.* Metabolomic Fingerprinting and Molecular Characterization of the Rock Samphire Germplasm Collection from the Balkan Botanic Garden of Kroussia, Northern Greece, *Plants* **11** (2022) 573, doi:https://doi.org/10.3390/plants11040573
37. *R. Martins-Noguerol, I. M. P´erez-Ramos, L. Matías, X. Moreira, M. Francisco, A. García-Gonzalez, A.M. Troncoso-Ponce, B. Thomasset, E. Martínez-Force, A. J. Moreno-P´erez, J. Cambroll´*, *Crithmum maritimum* seeds, a potential source for high-quality oil and phenolic compounds in soils with no agronomical relevance, *Journal of Food Composition and Analysis* **108** (2022) 104413, doi: https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104413
38. *R. Martins-Noguerol, L. Matías, I. M. Pérez-Ramos, X. Moreira, S. Muñoz-Vallés, J.M. Mancilla-Leytón, M. Francisco, A. García-González, C. DeAndrés-Gil, E. Martínez-Force, M. del Carmen Millán-Linares, J. Pedroche, M.E. Figueroa, A. Javier Moreno-Pérez, J. Cambrollé*, Differences in nutrient composition of sea fennel (*Crithmum maritimum*) grown in different habitats and optimally controlled growing conditions, *Journal of Food Composition and Analysis* **106** (2022) 104266, doi: https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104266
39. *S. Navarro-Torre, Pedro Garcia-Caparrós, A. Nogales, M.M. Abreu, E. Santos, A. Lúcia Cortinhas, A. Delaunay Caperta*, Sustainable agricultural management of saline soils in arid and semi-arid Mediterranean regions through halophytes, microbial and soil-based technologies, *Environmental and Experimental Botany* **212** (2023) 105397, doi: https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2023.105397

40. *J. Santos, M. Al-Azzawi, J. Aronson and T. J. Flowers*, Database of Salt-Tolerant Plants, *Plant and Cell Physiology* **57** (2016) 10, doi:<https://doi.org/10.1093/pcp/pcv155>
41. *Rack Ana*, Određivanje vitamina E, 2018.
42. *Tyler R. Kennic, M. Coleman*, Vitamin E - Deficiency, 2023., StatPearls (Internet), Bookshelf ID: NBK519051
43. URL:<https://www.plantagea.hr/wp-content/uploads/2019/04/tokoferoli-i-tokotrienoli.jpg> (11.8.2023.)
44. *Jean-Marc Zingg*, Vitamin E: An overview of major research directions, *Molecular Aspects of Medicine* **28** (2007) 400-422, doi: <https://doi.org/10.1016/j.mam.2007.05.004>
45. *R. Szymanska, B. Nowicka, A. Trela and J. Kruk*, Vitamin E: structure and forms, *Molecular Nutrition: Vitamins* (2020), str. 67-90
46. *Knecht K., Sandfuchs K., Kulling S.E., Bunzel D.*, Tocopherol and tocotrienol analysis in raw and cooked vegetables: a validated method with emphasis on sample preparation, *Food Chemistry* **169** (2015) 20-27, doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.099>