УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Јелена П. Стојковић

МОРФОЛОШКА ВАРИЈАБИЛНОСТ, ХЕМИЈСКИ САСТАВ ИСПАРЉИВИХ КОМПОНЕНТИ И БИОЛОШКЕ АКТИВНОСТИ ОДАБРАНИХ ВРСТА РОДА *ACHILLEA* L. (ASTERACEAE)

ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА

Ниш, 2024.

UNIVERSITY OF NIŠ
FACULTY OF SCIENCES AND MATHEMATICS

Jelena P. Stojković

MORHOLOGICAL VARIABILITY, CHEMICAL COMPOSITION OF VOLATILES AND BIOLOGICAL ACTIVITIES OF SELECTED SPECIES OF THE GENUS *ACHILLEA* L. (ASTERACEAE)

DOCTORAL DISSERTATION

Niš, 2024.

МЕНТОРИ:

др Зорица С. Митић, ванредни професор

Универзитет у Нишу

Природно-математички факултет

Департман за биологију и екологију

др Снежана Ч. Јевтовић, ванредни професор

Универзитет у Нишу

Природно-математички факултет

Департман за хемију

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

др Зорица З. Стојановић-Радић, редовни професор

Универзитет у Нишу

Природно-математички факултет

Департман за биологију и екологију

др Бојан К. Златковић, редовни професор

Универзитет у Нишу

Природно-математички факултет

Департман за биологију и екологију

др Јелица Ј. Новаковић, научни сарадник

Универзитет у Београду

Биолошки факултет

Прилог 4/1

ПРИРОДНО - МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ
НИШ

KEY WORDS DOCUMENTATION

Редни број, **РБР**:	
Идентификациони број, **ИБР**:	
Тип документације, **ТД**:	Монографска
Тип записа, **ТЗ**:	текстуални / графички
Врста рада, **ВР**:	докторска дисертација
Аутор, **АУ**:	Јелена П. Стојковић
Ментори, **МН**:	Зорица С. Митић и Снежана Ч. Јевтовић
Наслов рада, **НР**:	Морфолошка варијабилност, хемијски састав испарљивих компоненти и биолошке активности одабраних врста рода *Achillea* L. (Asteraceae)
Језик публикације, **ЈП**:	Српски
Језик извода, **ЈИ**:	Српски/енглески
Земља публиковања, **ЗП**:	Србија
Уже географско подручје, **УГП**:	Србија
Година, **ГО**:	2024.
Издавач, **ИЗ**:	ауторски репринт
Место и адреса, **МА**:	Ниш, Вишеградска 33.
Физички опис рада, **ФО**:	8 поглавља, 224 страна, 182 цитата, 71 слика, 39 табела
Научна област, **НО**:	Биологија
Научна дисциплина, **НД**:	Експериментална и примењена ботаника
Предметна одредница/Кључне речи, **ПО**:	*Achillea*, морфометрија, *HS* испарљиве компоненте, етарска уља, мултиваријационе статистичке анализе, варијабилност, диференцијација, антимикробна активност, акутна токсичност, *Artemia salina*
УДК	581:582.572.46
Чува се, **ЧУ**:	Библиотека
Важна напомена, **ВН**:	

Извод, **ИЗ**: У овој докторској дисертацији анализирана је морфолошка и фитохемијска варијабилност и диференцијација 13 врста рода *Achillea*, укључујући 11 врста из секције *Achillea sensu lato* (*A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. coarctata*, *A. collina*, *A. crithmifolia*, *A. distans*, *A. grandifolia*, *A. millefolium*, *A. nobilis*, *A. pseudopectinata* и *A.* x *vandasii*) и две из секције *Anthemoideae* (*A. ageratifolia* и *A. lingulata*) из Србије. Мултиваријационе статистичке анализе указале су на јасну диференцијацију између врста из две истраживане секције на нивоу морфолошких карактеристика. Међутим, варијабилност хедспејс (*HS*) испарљивих компоненти и компоненти етарских уља нису успеле да подрже диференцијацију врста у складу са инфрагенеричком класификацијом рода *Achillea*. Поред тога, анализиране су и биолошке активности етарских уља (антимикробни потенцијал и акутна токсичност) одабраних врста рода *Achillea*. Испитивана етарска уља показала су широк антимикробни спектар, при чему нису уочене разлике у осетљивости патогених сојева на основу бојења по Граму. Приликом тестирања акутне токсичности, већина етарских уља испољила је јаку токсичност на јединке *Artemia salina* (LC_{50} <100 μg/ml), што сугерише да могу поседовати и одређени ниво пестицидних и/или антиканцерогених својстава. Код оба типа биолошких тестова, етарско уље *A. lingulata* показало је најјачу, док је етарско уље *A. crithmifolia* имало најслабију активност. Висока биолошка активност етарског уља *A. lingulata* може се објаснити његовим донекле неуобичајеним хемијским саставом у поређењу са осталим испитиваним врстама. Добијени резултати указују на велику и сложену морфолошку и фитохемијску варијабилност рода *Achillea*. Такође, ова студија потврђује значај етарских уља као извора нових биоактивних једињења и њиховог биолошког потенцијала.

Датум прихватања теме, **ДП**:	18.12.2023. године
Датум одбране, **ДО**:	
Чланови комисије, **КО**:	Председник: др Зорица З. Стојановић-Радић, редовни професор
	Члан: др Бојан К. Златковић, редовни професор
	Члан: др Јелица Ј. Новаковић, научни сарадник
	Члан, ментор: др Зорица С. Митић, ванредни професор
	Члан, ментор: др Снежана Ч. Јевтовић, ванредни професор

Прилог 4/2

ПРИРОДНО - МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ
НИШ

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number, **ANO**:	
Identification number, **INO**:	
Document type, **DT**:	monograph
Type of record, **TR**:	textual / graphic
Contents code, **CC**:	doctoral dissertation
Author, **AU**:	Jelena P. Stojković
Mentors, **MN**:	Zorica S. Mitić and Snežana Č. Jevtović
Title, **TI**:	Morphological variability, chemical composition of volatiles and biological activities of selected species of the genus *Achillea* L. (Asteraceae)
Language of text, **LT**:	Serbian
Language of abstract, **LA**:	English
Country of publication, **CP**:	Serbia
Locality of publication, **LP**:	Serbia
Publication year, **PY**:	2024.
Publisher, **PB**:	author's reprint
Publication place, **PP**:	Niš, Višegradska 33.
Physical description, **PD**:	8 chapters, 224 pages, 182 references, 71 figures, 39 tables
Scientific field, **SF**:	Biology
Scientific discipline, **SD**:	Experimental and applied botany
Subject/Key words, **S/KW**:	*Achillea*, morphometry, *HS* volatiles, essential oils, multivariate statistical analyses, variability, differentiation, antimicrobial activity, acute toxicity, *Artemia salina*.
UC	581:582.572.46
Holding data, **HD**:	**library**
Note, **N**:	

Abstract, **AB**: In this doctoral dissertation, the morphological and phytochemical variability and differentiation of 13 *Achillea* species, including 11 species from the section *Achillea sensu lato* (*A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. coarctata*, *A. collina*, *A. crithmifolia*, *A. distans*, *A. grandifolia*, *A. millefolium*, *A. nobilis*, *A. pseudopectinata* and *A.* x *vandasii*) and two from the section *Anthemoideae* (*A. ageratifolia* and *A. lingulata*) from Serbia were analyzed. Multivariate statistical analyses indicated a generally clear differentiation between species from two studied sections at the level of morphological characteristics. However, variability of headspace (*HS*) volatiles and essential oil (EO) compounds did not support differentiation of species in accordance with infrageneric classification of *Achillea*. Additionally, the biological activities (antimicrobial potential and acute toxicity) of EOs of selected *Achillea* species were analyzed. The tested EOs showed a broad antimicrobial spectrum, in which no differences in pathogen sensitivity were observed based on Gram staining. Besides, most EOs have shown high toxicity in the *Artemia salina* lethality bioassay (LC50<100 μg/ml), indicating that they may also possess some level of pesticidal and/or anticancer properties. In both types of biological tests, EO of *A. lingulata* showed the highest activity, while EO of *A. crithmifolia* had the lowest activity. The highest activity of EO of *A. lingulata* can be explained by its unusual chemical composition compared to the other studied species. The obtained results reflected the huge and complex morphological and phytochemical variability of the genus *Achillea*. Furthermore, this study confirms the importance of essential oils as sources of new bioactive compounds and their biological potential.

Accepted by the Scientific Board on, **ASB**:		December 18, 2023.
Defended on, **DE**:		
Defended Board, **DB**:	President:	PhD Zorica Z. Stojanović-Radić, Full Professor
	Member:	PhD Bojan K. Zlatković, Full Professor
	Member:	PhD Jelica J. Novaković, Research Associate
	Member, Mentor:	PhD Zorica S. Mitić, Associate Professor
	Member, Mentor:	PhD Snežana Č. Jevtović, Associate Professor

Подаци о докторској дисертацији

Ментор:	др Зорица Митић, ванредни професор, Универзитет у Нишу, Природно-математички факултет, Департман за биологију и екологију др Снежана Јевтовић, ванредни професор, Универзитет у Нишу, Природно-математички факултет, Департман за хемију
Наслов:	Морфолошка варијабилност, хемијски састав испарљивих компоненти и биолошке активности одабраних врста рода *Achillea* L. (Asteraceae)
Резиме:	У овој докторској дисертацији анализирана је морфолошка и фитохемијска варијабилност и диференцијација 13 врста рода *Achillea*, укључујући 11 врста из секције *Achillea sensu lato* (*A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. coarctata*, *A. collina*, *A. crithmifolia*, *A. distans*, *A. grandifolia*, *A. millefolium*, *A. nobilis*, *A. pseudopectinata* и *A.* x *vandasii*) и две из секције *Anthemoideae* (*A. ageratifolia* и *A. lingulata*) из Србије. Мултиваријационе статистичке анализе указале су на јасну диференцијацију између врста из две истраживане секције на нивоу морфолошких карактеристика. Међутим, варијабилност хедспејс (*HS*) испарљивих компоненти и компоненти етарских уља нису успеле да подрже диференцијацију врста у складу са инфрагенеричком класификацијом рода *Achillea*. Поред тога, анализиране су и биолошке активности етарских уља (антимикробни потенцијал и акутна токсичност) одабраних врста рода *Achillea*. Испитивана етарска уља показала су широк антимикробни спектар, при чему нису уочене разлике у осетљивости патогених сојева на основу бојења по Граму. Приликом тестирања акутне токсичности, већина етарских уља испољила је јаку токсичност на јединке *Artemia salina* (LC_{50} <100 μg/ml), што сугерише да могу поседовати и одређени ниво пестицидних и/или антиканцерогених својстава. Код оба типа биолошких тестова, етарско уље *A. lingulata* показало је најјачу, док је етарско уље *A. crithmifolia* имало најслабију активност. Висока биолошка активност етарског уља *A. lingulata* може се објаснити његовим донекле неуобичајеним хемијским саставом у поређењу са осталим испитиваним врстама. Добијени резултати указују на велику и сложену морфолошку и фитохемијску варијабилност рода *Achillea*. Такође, ова студија потврђује значај етарских уља као извора нових биоактивних једињења и њиховог биолошког потенцијала.
Научна област:	Биологија
Научна дисциплина:	Експериментална и примењена ботаника

Кључне речи:	*Achillea*, морфометрија, *HS* испарљиве компоненте, етарска уља, мултиваријационе статистичке анализе, варијабилност, диференцијација, антимикробна активност, акутна токсичност, *Artemia salina*
УДК:	581:582.572.46
CERIF класификација:	B 004 Ботаника, B 191 Биохемија биљака, B 290 Систематска ботаника, таксономија, морфологија, фитогеографија, хемотаксономија, физиологија неваскуларних биљака
Тип лиценце Креативне заједнице:	**CC BY-NC-ND**

Data on Doctoral Dissertation

Doctoral Supervisor:	PhD Zorica Mitić, Associate professor, University of Niš, Faculty of Sciences and Mathematics, Department of Biology and Ecology PhD Snežana Jevtović, Associate professor, University of Niš, Faculty of Sciences and Mathematics, Department of Chemistry
Title:	Morphological variability, chemical composition of volatiles and biological activities of selected species of the genus *Achillea* L. (Asteraceae)
Abstract:	In this doctoral dissertation, the morphological and phytochemical variability and differentiation of 13 *Achillea* species, including 11 species from the section *Achillea sensu lato* (*A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. coarctata*, *A. collina*, *A. crithmifolia*, *A. distans*, *A. grandifolia*, *A. millefolium*, *A. nobilis*, *A. pseudopectinata* and *A.* x *vandasii*) and two from the section *Anthemoideae* (*A. ageratifolia* and *A. lingulata*) from Serbia were analyzed. Multivariate statistical analyses indicated a generally clear differentiation between species from two studied sections at the level of morphological characteristics. However, variability of headspace (*HS*) volatiles and essential oil (EO) compounds did not support differentiation of species in accordance with infrageneric classification of *Achillea*. Additionally, the biological activities (antimicrobial potential and acute toxicity) of EOs of selected *Achillea* species were analyzed. The tested EOs showed a broad antimicrobial spectrum, in which no differences in pathogen sensitivity were observed based on Gram staining. Besides, most EOs have shown high toxicity in the *Artemia salina* lethality bioassay (LC50<100 μg/ml), indicating that they may also possess some level of pesticidal and/or anticancer properties. In both types of biological tests, EO of *A. lingulata* showed the highest activity, while EO of *A. crithmifolia* had the lowest activity. The highest activity of EO of *A. lingulata* can be explained by its unusual chemical composition compared to the other studied species. The obtained results reflected the huge and complex morphological and phytochemical variability of the genus *Achillea*. Furthermore, this study confirms the importance of essential oils as sources of new bioactive compounds and their biological potential.
Scientific Field:	Biology
Scientific Discipline:	
Key Words:	*Achillea*, morphometry, *HS* volatiles, essential oils, multivariate statistical analyses, variability, differentiation, antimicrobial activity, acute toxicity, *Artemia salina*
UDC:	581:582.572.46

CERIF Classification:	B 004 Botany, B 191 Plant biochemistry, B 290 Systematic botany, taxonomy, morphology, phytogeography, chemotaxonomy. Physiology of nonvascular plants
Creative Commons License Type:	**CC BY-NC-ND**

На самом крају овог интересантног истраживачког путовања желим да изразим велику захавалност свима који су допринели успешној реализацији ове докторске дисертације.

Захвалност на првом месту дугујем својим менторима проф. др Зорици Митић са Департмана за биологију и екологију Природно-математичког факултета у Нишу и проф. др Снежани Јевтовић са Департмана за хемију Природно-математичког факултета у Нишу, на преданости, несебичној подршци, стручним саветима и свесрдној помоћи током целокупне израде ове докторске дисертације.

Најсрдачније се захваљујем проф. др Зорици Стојановић-Радић са Департмана за биологију и екологију Природно-математичког факултета у Нишу, на драгоценој помоћи при испитивању антимикробне активности етарских уља и проф. др Бојану Златковићу са Департмана за биологију и екологију Природно-математичког факултета у Нишу, на помоћи у сакупљању биљног материјала и стручним саветима који су значајно допринели квалитету овог рада. Захваљујем се и научном сараднику др Јелици Новаковић са Биолошког факултета у Београду, на учешћу у комисији за оцену докторске дисертације.

Захвалност дугујем и проф. др Гордани Стојановић са Департмана за хемију Природно-математичког факултета у Нишу, чија су стручна помоћ и савети били од великог значаја у изради ове докторске дисертације.

Захваљујем се и научним сарадницима др Јовани Ицковски и др Ивани Златановић са Департмана за хемију Природно-матемаичког факултета у Нишу, на помоћи при испитивању акутне токсичности етарских уља.

Бескрајну захвалност дугујем својој породици и пријатељима, који су ме бодрили и на све начине помагали да истрајем у остварењу свога циља. Велико хвала мом супругу и сину, јер су највећи ослонац и мој ветар у леђа.

На посебан начин желим да изразим захвалност својим родитељима, зато ову дисертацију посвећујем њима, као знак захвалности и поштовања за све што су учинили за мене.

ОЗНАКЕ И СКРАЋЕНИЦЕ

Номенклатура

CoA	*Coenzyme A* (коензим А)
o, *p*	*orto*- и *para*- (префикси)
E	*Entgegen* (стереодескриптор)
Z	*Zuzammen* (стереодескриптор)

Хроматографија и масена спектрометрија

AMDIS	*Automated Mass Spectral Deconvolution and Identification System* (аутоматизовани систем за идентификацију и деконволуцију масених спектара)
GC-MS	*Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (гасна хроматографија-масена спектрометрија)
GC-FID	*Gas Chromatography/Flame Ionization Detector* (гасна хроматографија са пламено-јонизационим детектором)
HS	*Headspace* (хедспејс)
RI	*Retention Index* (ретенциони индекс)
Rt	*Retention Time* (ретенционо време)

Статистика

Avg	*Average* (средња вредност)
Max	*Maximum* (максимална вредност)
Min	*Minimum* (минимална вредност)
SD	*Standard Deviation* (стандардна девијација)
CV	*Coefficient of Variation* (коефицијент варијације)
PCA	*Principal Component Analysis* (анализа главних компоненти)
CDA	*Canonical Discriminant Analysis* (канонијска дискриминантна анализа)
CAs	*Canonical Axes* (канонијске осе)
CA	*Cluster Analysis* (кластер анализа)

Реагенски и растварачи

DMSO	диметилсулфоксид
TTC	трифенилтетразолијум-хлорид
SDS	натријум додецил сулфат

Биолошке активности

ATCC	*American Type Culture Collection* (Америчка колекција култура сојева)
МИК	Минимална инхибиторна концентрација
МБК	Минимална бактерицидна концентрација
CFU	*Colony-Forming Unit* (број формираних колонија)
LC_{50}	*Half Maximal Lethal Concentration* (половина максималне леталне концентрације)
HepG2	ћелијска линија хуманог карцинома јетре
Caco-2	ћелијска линија хуманог карцинома дебелог црева
MCF-7	ћелијска линија хуманог карцинома дојке
A549	ћелијска линија хуманог аденокарцинома плућа
Daoy	ћелијска линија хуманог карцинома мозга
H1299	ћелијска линија хуманог карцинома плућа
HepG2	ћелијска линија хуманог карцинома јетре

Опште скраћенице

POWO	*Plants of the World Online*
WFO	*World Flora Online*
HMN	*Herbarium Moesiacum Niš*

САДРЖАЈ

1. УВОД 1
2. ОПШТИ ДЕО 3
2.1. Род *Achillea* L. 3
2.1.1. Секција *Achillea sensu lato* 6
2.1.1.1. *Achillea chrysocoma* Friv. 6
2.1.1.2. *Achillea clypeolata* Sm. 7
2.1.1.3. *Achillea coarctata* Poir. 8
2.1.1.4. *Achillea collina* (Becker ex Rchb.f.) Heimerl 9
2.1.1.5. *Achillea crithmifolia* Waldst. & Kit. 11
2.1.1.6. *Achillea distans* Waldst. & Kit. ex Willd. 12
2.1.1.7. *Achillea grandifolia* Friv. 13
2.1.1.8. *Achillea millefolium* L. 14
2.1.1.9. *Achillea nobilis* L. 15
2.1.1.10. *Achillea pseudopectinata* Janka 17
2.1.1.11. *Achillea* x *vandasii* Velen 18
2.1.2. Секција *Anthemoideae* (DC.) Heimerl 19
2.1.2.1. *Achillea ageratifolia* (Sm.) Benth. & Hook.f. 19
2.1.2.2. *Achillea lingulata* Waldst. & Kit. 21
2.2. Терпени 22
2.2.1. Опште карактеристике 22
2.2.2. Биосинтеза 23
2.2.3. Методе изоловања 26
2.2.4. Варијабилност и таксономски значај 28
2.2.5. Етарска уља 30
2.2.5.1. Антимикробна активност 31
2.2.5.2. *Artemia salina* L. као модел организам у токсиколошким истраживањима 33
2.2.5.3. Употреба и биолошке активности етарских уља *Achillea* spp. 34
3. ЦИЉЕВИ РАДА 38
4. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ 39
4.1. Биљни материјал 39
4.2. Морфометријска анализа 43
4.3. Фитохемијска анализа 46
4.3.1. Изоловање хедспејс (*HS*) испарљивих компоненти 46

4.3.2. Изоловање етарских уља 47
4.3.3. Анализа испарљивих компоненти (GC-MS/FID) 49
4.4. Антимикробна активност етарских уља 50
4.4.1. Коришћени микроорганизми 50
4.4.2. Тестирање антимикробне активности 50
4.5. Испитивање акутне токсичности етарских уља на врсти *Artemia salina* 52
4.6. Статистичка анализа 53
5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА 55
5.1. Морфолошке карактеристике 55
5.1.1. Варијабилност морфолошких карактеристика испитиваних врста рода *Achillea* 55
5.1.2. Мултиваријационе статистичке анализе (CDA и CA) морфолошких карактеристика испитиваних врста рода *Achillea* 65
5.2. Лако испарљиве (*HS*) компоненте 69
5.2.1. Варијабилност хемијског састава лако испарљивих (*HS*) компоненти цвета испитиваних врста рода *Achillea* 69
5.2.2. Варијабилност хемијског састава лако испарљивих (*HS*) компоненти стабла испитиваних врста рода *Achillea* 88
5.2.3. Варијабилност хемијског састава лако испарљивих (*HS*) компоненти листа стабла испитиваних врста рода *Achillea* 104
5.2.4. Варијабилност хемијског састава лако испарљивих (*HS*) компоненти приземног листа испитиваних врста рода *Achillea* 122
5.2.5. Мултиваријационе статистичке анализе (CDA и CA) лако испарљивих (*HS*) компоненти цвета испитиваних врста рода *Achillea* 139
5.2.6. Мултиваријационе статистичке анализе (CDA и CA) лако испарљивих (*HS*) компоненти стабла испитиваних врста рода *Achillea* 142
5.2.7. Мултиваријационе статистичке анализе (CDA и CA) лако испарљивих (*HS*) компоненти листа стабла испитиваних врста рода *Achillea* 145
5.2.8. Мултиваријационе статистичке анализе (CDA и CA) лако испарљивих (*HS*) компоненти приземног листа испитиваних врста рода *Achillea* 145
5.3. Етарска уља 148
5.3.1. Варијабилност хемијског састава етарског уља надземног дела испитиваних врста рода *Achillea* 148
5.3.2. Мултиваријационе статистичке анализе (PCA и CA) компоненти етарског уља испитиваних врста рода *Achillea* 173
5.3.2. Биолошке активности етарских уља испитиваних врста рода *Achillea* 178
5.3.2.1. Антимикробна активност 178
5.3.2.2. Тест акутне токсичности на врсти *Artemia salina* 186

6. ОПШТА ДИСКУСИЈА 190
6.1. Диференцијација истраживаних врста рода *Achillea* на основу морфолошких и фитохемијских маркера 190
6.2. Биолошке активности етарских уља истраживаних врста рода *Achillea* 192
7. ЗАКЉУЧЦИ 199
8. ЛИТЕРАТУРА 203
БИОГРАФИЈА СА БИБЛИОГРАФИЈОМ 221

1. УВОД

Род *Achillea* L. (хајдучке траве) припада трибусу Anthemideae Cass., субтрибусу Matricariinae Willk. in Willk. & Lange (=Achilleinae) и један је од највећих родова фамилије Asteraceae (Compositae) (Saukel et al., 2003; Ehrendorfer & Guo, 2006). Овај род први пут је описао шведски природњак и научник *Linnaeus* у свом делу „*Genera Plantarum*" (1753).

Дефинисање таксона и решавање филогенетских односа у оквиру рода *Achillea* показало се као веома тежак задатак, што га чини таксономски сложеном групом. Таксономски проблеми рода су резултат хибридизације и вишеструке полиплоидизације унутар рода, присуства полиморфизма и преклапајућих морфолошких карактеристика, као и високе еколошке пластичности врста (Nedelcheva, 1998; Ehrendorfer & Guo, 2005). Основни диплоидни кариотип (2x, 2n=18) прилично је уједначен у целом роду, али полиплоидни таксони настали у многим еволутивним линијама, често су тетраплоидни (4x), понекад хексапллоидни (6x) па чак и октаплоидни (8x) (Ehrendorfer & Guo, 2006). Присуство спонтаних хибрида и полиплоидних таксона условили су велику цитолошку, морфолошку и фитохемијску варијабилност, не само на нивоу врста, него и на инфраспецијском нивоу. Услед тога, таксономска евалуација, идентификација врста и класификација већ деценијама представљају компликован истраживачки задатак (Inotai et al., 2016).

Род *Achillea* је са аспекта инфрагенеричке класификације и дефинисања сложених филогенетских односа углавном истраживан на основу морфолошких, фитохемијских и молекуларних маркера. Током раних 1990-их година, посебна пажња је посвећена морфометријским и цитогенетским анализама неких таксона (Saukel & Länger, 1992; Vetter et al., 1996), док је последњих година публикован и значајан број молекуларних истраживања у оквиру овог рода (Guo et al., 2004, 2005, 2006). Детерминација одређених таксона помоћу морфолошких особина често је отежана, јер је већина карактера изузетно варијабилна. Такође, неколико представника рода *Achillea* показало је велику морфолошку варијабилност као последицу утицаја еколошких услова (Németh et al., 2005). Међутим, одређене морфолошке карактеристике, укључујући карактеристике листова, цветова и поленових зрна могу бити корисне у морфолошкој карактеризацији и

класификацији таксона (Saukel & Länger, 1992; Valant-Vetschera & Kastner, 2000; Rauchensteiner et al., 2002; Nedelcheva, 2008; Azani et al., 2009; Akyalçin et al., 2011).

Фитохемијски параметри представљају важан део таксономске евалуације различитих врста рода *Achillea* (Inotai et al., 2016). Досадашња истраживања су показала да су углавном као главни хемотаксономски маркери коришћени терпени - компоненте етарских уља (пре свега хамазулен и сесквитерпенски лактони) и флавоноиди (Németh & Bernáth, 2008). Неке студије су показале да значајне разлике у хемијском саставу уља постоје не само на специјском него чак и на популационом нивоу (Németh et al., 1993; Németh, 2005). Значајна варијабилност компоненти етарског уља различитих врста указује да постоји велики хемијски диверзитет у оквиру рода *Achillea* (Héthelyi et al., 1988; Mockuté & Judžentienė, 2003; Radulović et al., 2007). Поређење и анализа добијених података о хемијском саставу често су отежани, зато што у већини случајева етарска уља имају различити спектар једињења и/или детектованих главних једињења од стране различитих аутора.

Сматра се да је род *Achillea* добио име по Ахилу, митском грчком јунаку Тројанског рата који је познавајући лековитост хајдучких трава користио неке од њих у лечењу рана својих војника (Batakliev, 1985). Са становишта традиционалне медицине, надземни део неколико представника рода *Achillea*, а пре свега *A. millefolium* L., вековима се користи као горко-ароматична дрога, стомахик, карминатив, холагог, антифлогистик, спазмолитик и хемостатик (Sarić, 1982). Због своје лековитости, род *Achillea* је често био предмет бројних фитохемијских и фармаколошких истраживања, која су открила да су бројне компоненте овог рода биолошки активне, а неке студије потврђују и његову традиционалну употребу (Tuberoso et al., 2009). Прве фитохемијске и фармаколошке студије углавном су усмерене на таксоне A. millefolium агрегата (A. millefollium agg.). Већина експеримената је спроведена *in vitro*, а само неколико њих *in vivo* на животињама, док су клиничка испитивања на људима веома ретка. Разноврсност и сложеност биолошки активних једињења различитих врста хајдучких трава објашњава широк спектар њихових активности (Németh & Bernáth**,** 2008).

2. ОПШТИ ДЕО

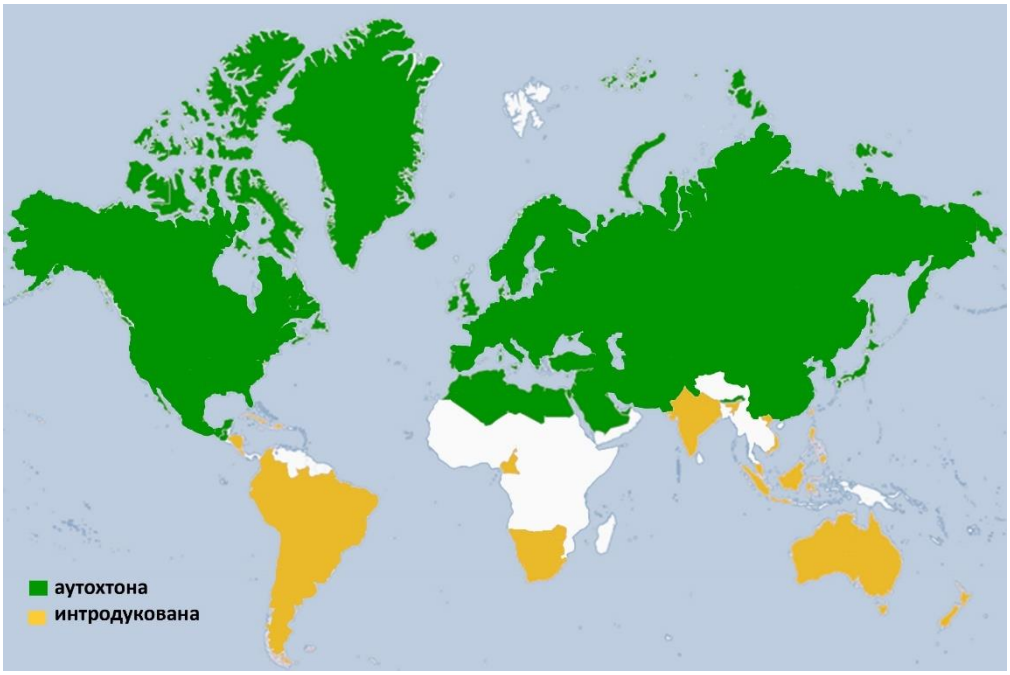
2.1. Род *Achillea* L.

Врсте које припадају роду *Achillea су* вишегодишње, ретко једногодишње или двогодишње зељасте биљке. Листови наизменични, најчешће ± перасто дељени, ређе једноставни, назубљени, каткад привидно избушено истачкани. Основна цваст је, као и код бројних других представника фамилије Asteraceae, главица (*capitulum*). Главице најчешће у гроњастим цвастима, ређе појединачне и терминалне, мале до средње величине. Инволукрум ± јајаст, дугуљасто јајаст или полулоптаст; листићи инволукрума поређани као црепови на крову, по ободу кожасти. Цветна ложа са уским пљама, шупља или испуњена. Средишни цветови двополни, 5-зупчасти, радиални, беличасти или жути. Ободни цветови језичасти, најчешће прилично широки и кратки, беличасти, бели, ружичастоцрвени или жути. Папус недостаје. Ахеније у свим цветовима исте, јако спљоштене, горе одрезане, никада јасно троугласте или ребрасте (Gajić, 1975).

Филогенетски и систематски положај рода *Achillea* у оквиру трибуса Anthemideae још увек није у потпуности јасан (Saukel et al., 2003). На основу морфолошких карактеристика, *Bremer* и *Humphries* (1993) и *Bremer* (1994) сместили су род *Achillea* у оквиру субтрибуса Achilleinae, заједно са осам медитеранских родова (*Anacyclus* L., *Chamaemelum* Mill., *Cladanthus* Cass., *Leucocyclus* Boiss., *Mecomischus* Coss. ex Benth. & Hook. f., *Otanthus* Hoffmanns. & Link, *Rhetinolepis* Coss. и *Santolina* L.), а као најближи издвојили су се родови *Otanthus*, *Leucocyclus* и *Anacyclus*. Током последње две деценије, појавио се значајан број молекуларних студија у којима су коришћени подаци из хлоропластног (Watson et al., 2000; Oberprieler & Vogt, 2000) и нуклеарног (Oberprieler & Vogt, 2000; Francisco-Ortega et al., 2001) генома како би се разјаснили филогенетски односи унутар субтрибуса Achilleinae. Молекуларни подаци указали су на блиску везу између родова *Achillea*, *Anacyclus*, *Leucocyclus* и *Otanthus*, који су издвојени у групу „Achilleinae I“, док су остали родови субтрибуса Achilleinae сврстани у групу „Achilleinae II“ (Oberprieler, 2002). Поред тога, интересатно је да су молекуларне студије указале и на неочекивану блискост рода *Achillea* са родовима *Tanacetum* L., *Anthemis* L., *Matricaria* L. и *Tripleurospermum* Sch. Bip., који су сврстани у друге субтрибусе од стране *Bremer* и *Humphries* (1993) и *Bremer* (1994). С тим у вези, монофилетско порекло рода *Achillea* је више пута доведено у питање. Међутим, *Guo* и сар. (2004, 2005) су на основу

података из хлоропластног и једарног генома, указали на монофилију рода *Achillea*, али са укључивањем родова *Otanthus* и *Leucocyclus* у оквиру рода *Achillea* на нивоу секција.

Врсте рода *Achillea* су углавном распрострањене у разним деловима Југоисточне Европе и Југозападне Азије, ширећи се преко Медитерана и Азије до Северне Америке (Ehrendorfer & Guo, 2006) (**слика 2-1**). Представници овог рода се одликују изразитом способношћу прилагођавања, чак и у екстремним условима животне средине, јављајући се од пустињских до скоро водених станишта, од морских обала до високих планина (Guo et al., 2004). Неки чланови рода јављају се као пионирске врсте које расту у јако нестабилним и стаништима сиромашним хранљивим материјама, а неки од њих, нарочито из A. millefolium agg. распрострањени су широм света и налазе се у градовима као коровске врсте (Radulović et al., 2007). Иако је највећи број врста распрострањен на ширим географским подручјима, значајан број врста има статус ендемита. Број регионалних (и транс-регионалних) ендемичних врста, чија је распрострањеност ограничена само на територију Балкана или на уже области је 18, што чини 36,7% од укупног броја врста *Achillea* интегрисаних у балканској флори. Велики диверзитет и присуство ендемичних таксона указује на значај балканског простора као центра за диференцијацију и специјацију рода *Achillea*. Ова чињеница означава Балканско полуострво као регион од глобалног значаја, са бројним и оригиналним врстама овог рода које представљају специфичне биолошке ресурсе (Radulović et al., 2007).



Слика 2-1. Дистрибуција рода *Achillea* (прилагођено према Plants of the World Online (POWO)-http://www.plantsoftheworldonline.org).

Класификација рода *Achillea* је више пута мењана у прошлости, а интензивно се истражује и данас (Kidlovits & Nemeth, 2012). *Candolle* (1838) је први предложио класификацију рода на основу одређених морфолошких карактеристика у посебне групе, али је и издвојио род *Ptarmica* Mill. као посебан род поделивши га на две нерангиране групе "Euptarmicae" и "Anthemoideae". Иако су *Klokov* и *Krytzka* (1984) и *Sytnik* и *Androshchuk* (1984) прихватили издвајање рода *Ptarmica*, највећи број аутора је пратио шири Линеов концепт (Linnaeus, 1753), препознајући *Ptarmica* само као секцију унутар рода *Achillea*. У оваком, ширем смислу род *Achillea* је прихваћен у највећем броју мултидисциплинарних истраживања фамилије Asteraceae (Heywood & Harborne, 1977; Bremer, 1994; Caligari & Hind, 1996; Hind & Beentje, 1996) као и у бројним регионалним флористичким истраживањима (Afanasyev & Bochantsev, 1961; Wagenitz, 1968/1979; Huber-Morath, 1975). Поред тога, *Boissier* (1849) је издвојио посебан род *Arthrolepis* Boiss., али га је касније 1875. године (Boissier, 1875) третирао само као секцију рода *Achillea*.

Ослањајући се на *Candolle*-ову класификацију, *Boissier* (1875) је поделио род *Achillea* на три секције: *Millefolium* (Adans) W. Koch, *Arthrolepis* Boiss. и *Ptarmica* (Mill.) W.D.J.Koch. На основу детаљног проучавања морфолошких карактеристика, *Heimerl* (1884) је предложио даљу поделу рода на четири секције: *Millefolium* (Adans) W. Koch, *Santolinoideae* DC. Heimerl, *Arthrolepis* Boiss и *Ptarmica* (Mill.) W.D.J.Koch. Такође, *Heimerl* (1884) је предложио даљу поделу секције *Ptarmica* на три подсекције: *Anthemoideae* DC., *Euptarmicae* DC. и *Montanae* Heimerl. Даља подела рода на секције и подсекције се разликује између појединих аутора. Генерално, на основу прегледа литературних података можемо констатовати да је у оквиру рода описано три до шест секција (Koch, 1837; Boissier, 1875; Heimerl, 1884; Hoffmann; Afanasyev & Bochasev, 1961; Hubert-Morath, 1975): *Babounya* (DC.) O. Hoffm., *Arthrolepis* Boiss., *Santolinoideae* DC. Heimerl, које су карактеристичне за полупустињска станишта; *Ptarmica sensu stricto* чији се представници јављају у низијама; *Anthemoideae* (DC.) Heimerl са представницима који су карактеристични за високе планине Средње и Јужне Европе; *Filipendulineae* DC. и *Achillea* (=*Millefolium* (Adans) W. Koch), чији представници насељавају разнолика станишта од сушних до влажних (Guo et al, 2004). Иако је на основу досадашњих морфо-анатомских, еколошких и фитогеографских анализа предложено више класификационих шема овог рода (Afanasyev & Bochasev, 1961; Hubert-Morath, 1975), најновија мултидисциплинарна истраживања углавном издвајају пет секција: *Achillea sensu lato*,

Anthemoideae (DC.) Heimerl, *Babounya* (DC.) O. Hoffm., *Ptarmica* (Mill.) W.D.J.Koch и *Otanthus* (Hoffmanns. & Link) Ehrend. & Y.P.Guo (Saukel et al., 2003; Guo et al., 2004; Ehrendorfer & Guo, 2005).

У зависности од система класификације род обухвата између 110 и 140 врста (Saukel et al., 2003; Ehrendorfer & Guo, 2006). Значајне разлике у броју врста последица су учестале хибридизације и полиплодије, као и велике варијабилности морфолошких карктеристика у оквиру овог рода (Ehrendorfer & Guo, 2006). Према савременим флористичким базама података (POWO, 2024; WFO, 2024) род укључује 154 врсте. Gajić (1975) је у „*Flori Srbije*" описао 19 врста, док је према Euro+Med (2006) на територији Србије присутно 27 врста овог рода.

2.1.1. Секција *Achillea sensu lato*

Представнике секције *Achillea sensu lato* карактеришу многобројне, мале главице. Инволукрум јајаст или дугуљасто јајаст. Цветна ложа обично цилиндрично конусна. Ободних цветова 3-7, обично 5, најчешће краћи од инволукрума, бели, жути, ружичасти или љубичасти. Листови дугуљасто ланцетасти, перасто дељени или перасто режњевити, режњићи са шиљком, ретко недељени, само по ободу назубљени (Gajić, 1975)

2.1.1.1. *Achillea chrysocoma* Friv.

Вишегодишња биљка. Стабљика усправна, једноставна, бело до сиво, вунасто длакава (**слика 2-2**). Листови са густим, прилеглим трепљастим длакама, линеарно ланцетасти, перасто дељени, режњеви густо приближени, скоро косо поређани као црепови на крову, издељени на многобројне линеарно чекињасте режњиће. Главице 5-6 mm у пречнику, у скоро густим грожђастим цвастима. Листићи инволукрума бело вунасто длакави, по ободу смеђасти. Ободни цветови скоро округласти, златножути. Цвета VI-VIII.

Станиште. Травна места планинског појаса.

Опште распрострањење. Албанија, Бугарска, Грчка, Македонија, Србија.

Распрострањење у СР Србији. Југостична Србија: Бесна Кобила; јужна Србија: Врање (Црни Врх); Косово: Шар-планина (Ливадица, Кобилица, Љуботен), Коритник (Nikolić, 1986).

Слика 2-2. *Achillea chrysocoma* (Србија, Бесна Кобила; фото: Ј.П.Стојковић, 2020).

2.1.1.2. *Achillea clypeolata* Sm.

Вишегодишња биљка, 15-40 cm висока, са одрвењеним и јаким ризомом (**слика 2-3**). Стабљика усправна, једноставна или врло ретко граната, покривена вунастим кратким длакама. Листови покривени вунастим, прилегло кратким длакама, ланцетасти, перасто дељени, режњеви приближени, елиптични или ланцетасти; приземни листови 8-20 cm дугачки, 2-3 (4,5) cm широки; листови у доњем делу стабљике са кратким дршкама и са дубоко и размакнуто тестерасто усеченим режњевима; у горњем делу стабљике листови при основи опкољавају стабљику, седећи, са скоро целим режњевима, који се низ лисну ос кратко спуштају. Главице 4 mm у пречнику, у густим грожђастим цвастима. Листићи инволукрума дугуљасто јајасти или ланцетасти, покривени пустенасто длакама. Ободни цветови са округластим језичком, много краћи од инволукрума (око 5 пута). Цвета VI-VII.

Станиште. Стеновита и травна места (ass. *Galieto-Festucetum vallesiaceae, Artemisio-Salvietum officinalis*, на кречњаку, ass. *Humileto-Stipetum grafinae*, *Potentilleto-Caricetum humilis*), шуме грабића (ass. *Carpinetum orientalis*, на кречњаку), борове шуме (ass. *Humileto-Pinetum nigrae*, на кречњаку).

Опште распрострањење. Балканско полуострво (недостаје у западном делу наше земље). Субмезијски флорни елеменат.

Распрострањење у СР Србији. Распрострањена.

Слика 2-3. *Achillea clypeolata* (Србија, Влковија; фото: Ј.П.Стојковић, 2021).

2.1.1.3. *Achillea coarctata* Poir.

Вишегодишња биљка, 20-90 cm висока. Стабљика усправна, једноставна, у горњем делу ретко граната, покривена финим, меким и грубим длакама (**слика 2-4**). Листови линеарно ланцетасти, покривени прилегло свиласто грубим длакама, перасто дељени, режњева много, ови перасто издељени у кратке, линеарне режњиће. Главице 2-3 mm у пречнику, у густим грожђастим цвастима, ове у почетку често лоптасте. Инволукрум са длакама, 4 mm дугачак; листићи инволукрума дугуљасто ланцетасти,

кожасти. Ободни цветови жути, са скоро округластим језичком, овај 1 mm дугачак, спреда са три режња, 3-4 пута краћи од инволукрума. Ахенија гола, дугачка око 1 mm. Цвета VI-VII.

Станиште. Стеновита, травна и жбуната места.

Опште распрострањење. Балканско полуострво, Румунија, Русија и Украјина, Мала Азија. Понтијски флорни елеменат.

Распрострањење у СР Србији. Централна Србија: околина Прокупља; јужна Србија: Пљачковица; Косово: Жљеб (Gajić, 1975).

Слика 2-4. *Achillea coarctata* (Србија, Пчиња, Будовија; фото: Б.К. Златковић, 2019).

2.1.1.4. *Achillea collina* (Becker ex Rchb.f.) Heimerl

Једна је од широко распрострањених врста A. millefolium agg. Иако је овај таксон у старијим литературним изворима често третитан као инфраспецијски облик типске врсте *A. millefolium* (*A. millefolium* subsp. *collina* (Becker ex Rchb.) Weiss), *A. millefolium* var. *collina* Becker ex Rchb.f.), у модерној флористичкој литератури има статус независне и прихваћене врсте (*A. collina* (Becker ex Rchb.f.) Heimerl; WFO, 2023). *A. collina* је вишегодишња биљка 30-70 cm висока, са пузећим ризомом (**слика 2-5**). Листови уско ланцетасти, укочени, скоро голи или покривени ретко сивкасто пепељасто длакама; у доњем делу стабљике листови 1-2 cm широки, двоструко перасто дељени, режњеви густо приближени, режњићи приближени, често усечени; у средњем и горњем делу стабљике

листови 3-10 mm широки, двоструко перасто дељени, режњеви приближени, често навише окренути, режњићи јајасти, густо сабијени, са кратким рскавичавим шиљком. Језичасти цветови бели.

Станиште. Поред пута, обронци поред путева, каменита и сушна места, травна места (ass. *Teucrieto-Chrysopogonetum*, *Brometum erecti*, на кречњаку, на корниту, *Galieto-Festucetum vallesiaceae*, *Stipetum tirsae*, *Humileto-Stipetum grafinae*, *Asperuleto-Agrostidetum vulgarae*), ксерофитне шуме (ass. *Carpinetum orientalis* subas. *colurnetosum*).

Опште распрострањење. Албанија, Аустрија, Белорусија, Бугарска, централни европски део Русије, Чехословачка, источни европски део Русије, Француска, Немачка, Грчка, Мађарска, Италија, Пољска, Румунија, Сицилија, јужни европски део Русије, Швајцарска, европски део Турске, Украјина, Србија (POWO, 2024).

Распрострањење у СР Србији. Распрострањена.

Слика 2-5. *Achillea collina* (Србија, Пчиња, Будовија; фото: Б.К. Златковић, 2019).

2.1.1.5. *Achillea crithmifolia* Waldst. & Kit.

Вишегодишња биљка, 25-50 cm висока, са одрвењеним ризомом, без столона (**слика 2-6**). Стабљика усправна, једноставна или граната, са много листова, покривена проређеним вунастим длакама. Листови ± вунасто длакави или скоро голи, нису истачкани, дугуљасти; приземни листови двоструко перасто дељени, режњеви линеарно-ланцетасти, приближени; листови стабљике перасто дељени, режњеви размакнути, перасто дељени, ретко сасвим зупчасто шиљати. Лисна оса уско окриљена, крилца цела. Главице 3-4 mm у пречнику, у густим равним грожђастим цвастима. Листићи инволукрума елиптични, скоро голи, по ободу отворено смеђасти. Ободни цветови одозго бледожућкасти, са доње стране бели, упола краћи до једва једнаки инволукруму. Цвета VI-VII.

Станиште. Сушна каменита и травна места (ass. *Humileto-Stipetum grafianae*, на кречњаку), ксерофитне шуме (ass. *Carpinetum orientalis* subas. *colurnetosum*, на кречњаку).

Опште распрострањење. Балканско полуострво, Мађарска, Румунија. Панонско-балкански флорни елемент.

Распрострањење у СР Србији. Источна Србија: Ртањ, Озрен, Сува планина, Стара планина (Gajić, 1975). Централна Србија: Краљево; југоисточна Србија: Ниш (Горица, Сићево, Виник, Курвин град), Пирот (околина), Власотинце; јужна Србија: Врање (Бања, Дуга лука, Пљачковица) (Nikolić, 1986).

Слика 2-6. *Achillea crithmifolia* (Србија, Пчиња, Будовија; фото: Б.К. Златковић, 2019).

2.1.1.6. *Achillea distans* Waldst. & Kit. ex Willd.

Вишегодишња биљка, 20-120 cm висока, са хоризонталним, гранатим и кратко пузећим ризомом (**слика 2-7**). Стабљика у доњем делу покривена разређено, а у горњем делу густо вунастим длакама, усправна, у горњем делу грожђасто граната. Листови са горње стране истачкани са жлездама, ± вунасто длакави или голи. Окриљена лисна ос 3-5 mm широка, назубљена. Приземни листови обрнуто јајасто ланцетасти, према основи постепено сужени. Језичасти цветови око 2 mm дугачки, само мало шири, нејасно трозупчасти. Средишни цветови прљавобели. Ободни цветови исте дужине као и инволукрум, обично их има 5, бели, ружичастоцрвени или пурпурни. Главице 4-5 mm у пречнику, у густим, најчешће сложеним грожђастим цвастима. Инволукрум 3 mm дугачак, јајаст. Листови инволукрумадлакави, јајасто дугуљасти, светлозелени, по ободу смеђи и кожасти, правилно поређани као црепови на крову. Ахенија 1,5 mm дугачка. Цвета VII-IX.

Станиште. Сунчана жбуната места, ивице шума, светле шуме планинског и високопланинског подручја и планински пашњаци.

Опште распрострањење. Албанија, Аустрија, Бугарска, Чехословачка, Француска, Грчка, Мађарска, Италија, Пољска, Португалија, Румунија, Швајцарска, Украјина, Србија (POWO, 2024).

Распрострањење у СР Србији. Централна Србија - Копаоник; источна Србија - Стара планина; југоисточна Србија - Сува планина (Ракош, Равно бучје), Острозуб; Косово - Лумбардска долина, Копривник, Шар-планина (Орман, Павлов камен, Доводеница, Коњушка), Проклетије (Хајла, Крстац) (Nikolić, 1986).

Слика 2-7. *Achillea distans* (Србија, Стара планина, Бабин Зуб; фото: Ј.П. Стојковић, 2020).

2.1.1.7. *Achillea grandifolia* Friv.

Вишегодишња биљка. Стабљика једноставна, 40-100 cm висока, прекривена листовима до врха (**слика 2-8**). Листови велики, са прилеглим длакама, јајасто дугуљасти, перасто дељени, режњеви са обе стране са 4-8 режњева, ови 3-8 mm широки, клинасто ланцетасти и режњевито зупчасти, спуштају се низ крилца лисне осе. Главица много, 3-5 mm широке, у густим грожђастим цвастима. Листићи инволукрума делимично покривени длакама, бледи, са отворено смеђим ободом. Језичасти цветови бели. Цвета V-VIII.

Станиште. Планинске шуме.

Опште распрострањење. Албанија, Бугарска, Грчка, Македонија, Србија; Мала Азија. Субмезијски флорни елеменат.

Распрострањење у СР Србији. Источна Србија: Стара планина, Вршка чука; југоисточна Србија: Сува планина (Ракош), Пирот (околина), Рупље; јужна Србија: Видојевица, Бесна кобила; Косово: Жљеб, Проклетије (Дечанске Бистрице) (Nikolić, 1986).

Слика 2-8. *Achillea grandifolia* (Србија, Темска; фото: Ј.П. Стојковић, 2020).

2.1.1.8. *Achillea millefolium* L.

Вишегодишња биљка (10) 20-80 cm висока, са пузећим ризомом (**слика 2-9**). Стабљика усправна, са доста листова, најчешће једноставна, ± покривена вунастимдлакама. Листови дугуљасто ланцетасти, често мекани, покривени ретко длакама; у горњем делу стабљике листови 2-4 cm широки, троструко перасто дељени; у средњем и горњем делу стабљике листови дугуљасто ланцетасти, перасто дељени, режњеви линеарно ланцетасти 0,5-1 mm широки, на врху са шиљком; у доњем делу стабљике листови ретко, а у горњем густо свиласто вунасто длакави. Језичасти цветови

бели или ружичасти. Главице 3-5 mm у пречнику, у густим, равним, гранатим грозастим цвастима. Инволукрум јајаст; листићи инволукрума жутозелени, најчешће са тамним ободом. Средишни цветови прљавобели. Језичастих цветова по правилу 5, бели или ружичасти упола краћи од инволукрума, спреда најчешће кратко трозупчасти. Ахенија 1,5-2 mm дугачка. Цвета VI-VIII.

Станиште. Поред пута, пруге, обронци поред путева, каменита места, ливаде (сушне до умерено влажне), ксерофитне шуме.

Опште распрострањење. Европа, Сибир, западни Хималаји, Кавказ, северни Иран. Унесена у Северну Америку, Нови Зеланд и у јужну Аустралију. Евроазијски флорни елеменат.

Распрострањење у СР Србији. Распрострањена.

Слика 2-9. *Achillea millefolium* (Србија, Сићевачка клисура; фото: Ј.П. Стојковић, 2018).

2.1.1.9. *Achillea nobilis* L.

Вишегодишња, врло ароматична биљка, 20-60 cm висока, са кратким ризомом (**слика 2-10**). Стабљика најчешће једноставна, усправна, покривена кратким мањама и разређеним вунастим длакама. Листови ± мањави, 2-4 cm широки. Приземни листови са

дршкама, дугуљасти, троструко перасто дељени, са удаљеним режњевима првог реда. Лисна оса уско окриљена и при врху мало назубљена или са перасто назубљеним режњевима. Листови стабљике перасто дељени, са 3-6 пари режњева, ови удаљени и једноставни, ређе двоструко перасто дељени. Главице 3 mm широке, у густим грожђастим цвастима. Инволукрум 5 mm дугачак, са длакама. Листићи инволукрума зеленкасти, са уским светлосмеђим ободом. Ободни цветови 3-4 пута краћи од инволукрума, шири него дужи (1-2 мм широки), бели или жућкасти, савијени на доле. Ахенија 1 mm дугачка. Цвета VII-VIII.

Станиште. Каменита и сунчана места, ксерофитне шуме.

Опште распрострањење. Средња и јужна Европа, европски део Русије, Украјина, јужни Сибир, Туркменија, северни Иран, Мала Азија. Субпонтијски флорни елеменат.

Распрострањење у СР Србији. Источна Србија: Сува планина; Косово: околина Пећи, Ловћанска долина (Gajić, 1975). Војводина: Срем; југоисточна Србија: Ниш (Горица), Сићево (Вис), Пирот (околина), Власотинце; југозападна Србија: Нови Пазар (Рибарићи); Косово: Призрен (Дувска клисура), Шар-планина (Локвице) (Nikolić, 1986).

Слика 2-10. *Achillea nobilis* (Србија, Сићевачка клисура; фото: Ј.П. Стојковић, 2018).

2.1.1.10. *Achillea pseudopectinata* Janka

Вишегодишња биљка, 5-20 cm висока, са танким и разгранатимризомом из кога се развија више стабљика (**слика 2-11**). Стабљика бело пепељасто вунастодлакава. Листови уско линеарни, бело, пепељасто меко вунастодлакави, чешљасто перасто дељени, режњеви кратки, линеарни, по ободу цели са хијалинским шиљком, двоструко дужи од ширине крилца лисне осе. Главице 3 mm у пречнику, у густим, лоптастим грожђастим цвастима, ове са много главица. Ободних цветова 5, жути, са скоро троугластим језичком, овај 4 пута краћи од инволукрума. Цвета VI-VII.

Станиште. Сушна и травна и песковита места.

Опште распрострањење. Бугарска, Добруџа, Македонија, Србија. Субмезијски флорни елеменат.

Распрострањење у СР Србији. Централна Србија: околина Прокупља, Облачинска чука, Облачина.

Слика 2-11. *Achillea pseudopectinata* (Северна Македонија, Кајмакчалан; фото: Б.К. Златковић, 2020).

2.1.1.11. *Achillea* x *vandasii* Velen

Achillea x *vandasii* Velen (**слика 2-12**) је балкански ендемит чији таксономски статус још увек није довољно разјашњен. Овај таксон је првобитно описан у Бугарској као независна врста (Velenovský, 1890), али је касније третиран као инфраспецијски таксон *A. coarctata* (Stojanov, 1924) или *A. clypeolata* (Stojanov, 1948). *Achillea* x *vandasii* морфолошки је сличнији *A. clypeolata*, од које се разликује по нижем расту, лимун жутим језичастим цветовима (у односу на златно-жуте), мање беличастом индументуму и са много дубљим режњевима листа. Са друге стране, за разлику од *A. coarctata*, која има сјајно свилени, овај таксон има мат сивкасту боју индументума (Velenovský, 1890). *Richardson* (1976) је сумњао на могуће хибридно порекло овог таксона, док га је *Thornton-Wood* (1993) сматрао независном врстом. *Nedelcheva* (1998) истраживајући популације са Родопа у Бугарској, указала је на диплодију (2n=18) и могуће хибридно порекло *A*. x *vandasii* и претпостављених родитељских врста *A. clypeolata* и *A. coarctata*. Према актуелним флористичким подацима, *A*. x *vandasii* је препознат као хибрид између *A. clypeolata* и *A. coarctata* (POWO, 2024). Листови влакнасти, осовина листа уска, режњеви на петељкама; средњи листови стабиљке најчешће шири од 1,5 cm, бројни, језичасти цветови 3-4, жути или бледо жути (Kuzmanov & Ančev, 2012).

Станиште. Термофилни пашњаци, камењари и шибљаци.

Опште распрострањење. Бугарска, Румунија, Србија (POWO, 2024).

Распрострањење у СР Србији. Југоисточна Србија: Пирот (Басара); јужна Србија: Прокупље (Доња Трнава) (Nikolić, 1986).

Слика 2-12. *Achillea* x *vandasii* (Србија, Врандол; фото: Б.К. Златковић, 2020).

2.1.2. Секција *Anthemoideae* (DC.) Heimerl

Врсте рода *Achillea*, секције *Anthemoideae* одликују се релативно крупним главицама, у грожђастим разређеним цвастима. Инволукрум ± упола сферичан или звонаст. Листићи инволукрума по ободу смеђи или црни. Језичастих цветова 7-15, најчешће 10, бели, дужи од инволукрума или скоро једнаки његовој дужини. Листови урезани, дељени или цели (Gajić, 1975).

2.1.2.1. *Achillea ageratifolia* (Sm.) Benth. & Hook.f.

Вишегодишња биљка, 8-30 cm висока. Стабљика усправна, једноставна или у горњем делу грожђасто граната, слабо до бело вунасто длакава (**слика 2-13**). Листови слабо до бело пепељасто вунасто длакави, по ободу скоро цели, назубљени до перасто тестерасти или перасто дељени; приземни листови и листови у доњем делу стабљике линеарни, линеарно ланцетасти, клинасто ланцетасти, лопатичасто ланцетасти и

лопатичасти; у средњем и горњем делу стабљике листови при основи цели, слабо назубљени до крупно назубљени, или перасто усечени, иначе линеарни, линеарно ланцетасти, клинасто ланцетасти или јајасто ланцетасти. Главице (12-) 15-25 mm широке, појединачне или 2-6 (-7) у грожђастим цвастима, изузетно их може бити и до 17. Језичастих цветова (5-) 6-20 (-21), дужи од инволукрума. Ахенија глатка, уско оивичена. Цвета (IV-) V-VII.

Станиште. Стеновита и травна места (ass. *Humileto-Stipetum grafianae*, *Potentilleto-Caricetum humilis*, на кречњаку), ксерофилне шуме (ass. *Carpinetum orientalis*, ass. *Humileto-Pinetum nigrae*, на кречњаку).

Опште распрострањење. Албанија, Бугарска, Грчка, Југославија (Македонија, Србија, Црна Гора). Ендемит централног дела Балканског полуострва без зрачења изван поменутог полуострва.

Распрострањење у СР Србији. Источна Србија: Ртањ, Јелашница, околина Ниша; западна Србија: Овчар – Каблар (Gajić, 1975). Југоисточна Србија: Сићевачка клисура (Вис), Сува планина (Nikolić, 1986).

Слика 2-13. *Achillea ageratifolia* (Србија, Јелашничка клисура; фото: Ј.П. Стојковић, 2021).

2.1.2.2. *Achillea lingulata* Waldst. & Kit.

Вишегодишња биљка, 16-25 cm висока са нешто јачим, пузећим ризомом. Стабљика усправна, једноставна, са много листова, гола или покривена разређеним дугачким длакама (**слика 2-14**). Листови голи или са длакама, недељени; приземни листови објајасто-лопатичасти, са кратким дршкама, по ободу тупо назубљени до тестерасти; листови стабљике језичасти, дугуљасто ланцетасти, по ободу цели или слабо тупо назубљени, при основи заобљени или упола обухватају стабљику, седећи. Главице 12-14 mm широка, у грожђастој густој цвасти. Инволукрум јајасто-полулоптаст, 5-5,5 mm дугачак и 4-5 mm широк; листићи инволукрума покривени трепљастим дугачким длакама, са црним ободом. Језичастих цветова 6-9 бели, језичци елиптични или скоро кружни, 5 mm дугачки и 4 mm широки, са три тупа зупца. Ахенија 3 mm дугачка, слабо пругаста. Цвета VI-VIII.

Станиште. Травна места планинског, субвисокопланинског и високопланинског појаса (ass. *Poaetum violaceae*, на корнитима, кречњаку), смрчеве шуме.

Опште распростањење. Балканско полуострво (недостаје у Грчкој), Румунија. Субкарпатски флорни елеменат.

Распрострањење у СР Србији. Распрострањена.

Слика 2-14. *Achillea lingulata* (Србија, Бесна Кобила; фото: Ј.П. Стојковић, 2020).

2.2. Терпени

2.2.1. Опште карактеристике

Терпени су једна од највећих и структурно најразноврснијих класа секундарних метаболита биљака. До сада је идентификовано преко 50.000 једињења терпеноидне структуре (Sun et al., 2017). Сви терпени су добијени репетитивним спајањем разгранатих C5 јединица базираних на скелету изопентана, који се најчешће називају изопренским јединицама. Услед тога, терпени се често означавају као изопрени, иако је већ годинама познато да молекул изопрена није биолошки прекурсор ове класе метаболита (Croteau et al., 2000). Терпени који садрже кисеоник називају се терпеноидима или изопреноидима (Bakkali, 2008).

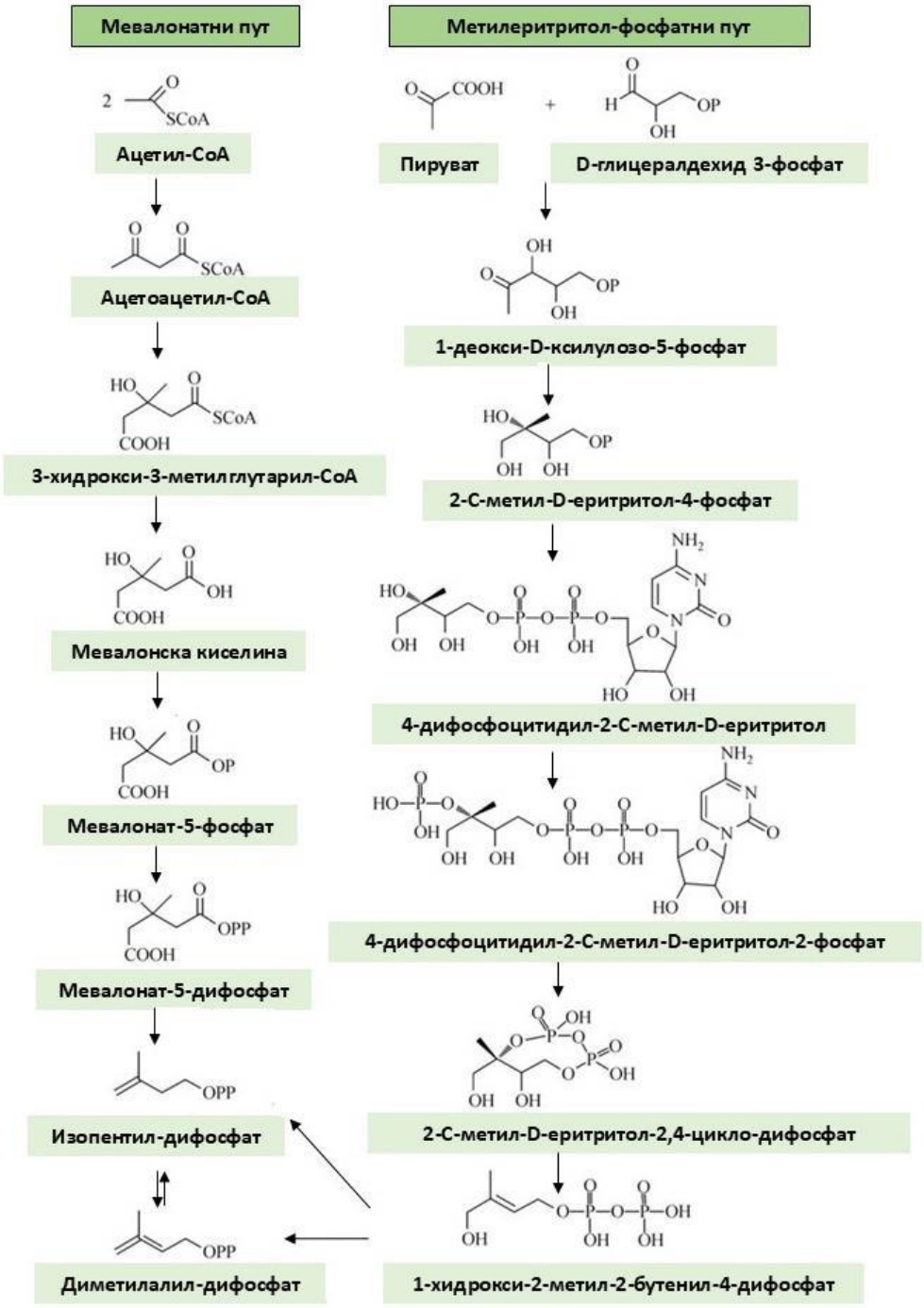
На основу броја изопренских јединица (C5), терпени се деле на монотерпене (C10), сесквитерпене (C15), дитерпене (C20), тритерпене (C30), тетратерпене (C40) и политерпене (C>40) (Yang et al., 2020). Монотерпени и сесквитерпени су главни састојци етарских уља биљака, док су остали терпени састојци балзама, смола, воскова и гуме (Brahmkshatriya & Brahmkshatriya, 2013). Монотерпени се састоје из две изопренске јединице и имају скелет са 10 угљеникових атома (C10). Регуларни, испарљиви монотерпени су главни састојци етарских уља, у којима чине највећи удео, док другу групу монотерпенских деривата представљају неиспарљиви иридоиди (Kovačević, 2004). На основу грађе угљеничног скелета могу се поделити на ацикличне, моноцикличне и бицикличне, а на основу типа фунционалних група у основном скелету на угљоводонике, алкохоле, алдехиде, кетоне, естре, етре, пероксиде и феноле (Bakkali et al., 2008). Сесквитерпени се састоје из три изопренске јединице, односно имају 15 угљеникових атома (C15). Испарљиви сесквитерпени се, као и монотерпени, налазе у етарским уљима и доприносе њиховом фармаколошком деловању. Другу групу представљају неиспарљиви сесквитерпени који у свом молекулу садрже γ-лактонски прстен (сесквитерпенски лактони) и доприносе горком укусу неких ароматичних дрога као што су херба пелина (*Absinthii herba*), херба хајдучке траве (*Millefoli herba*) (Kovačević, 2004). Сесквитерпени се на основу функционалних група могу поделити на угљоводонике, алкохоле, кетоне и епоксиде (Bakkali et al., 2008).

2.2.2. Биосинтеза

Почетком 20. века *Otto Wallach* је претпоставио да основу већине терпена представља скелет добијен умножавањем изопренских јединица. *Leopold Ružička* је касније потпуно разјаснио ову претпоставку и формулисао опште правило повезивања изопренских јединица и тиме објаснио хипотезу великог броја терпенских једињења у природи, наглашавајући додатне реакције циклизације, увођење различитих функционалних група и реорганизације молекула (Kovačević, 2004).

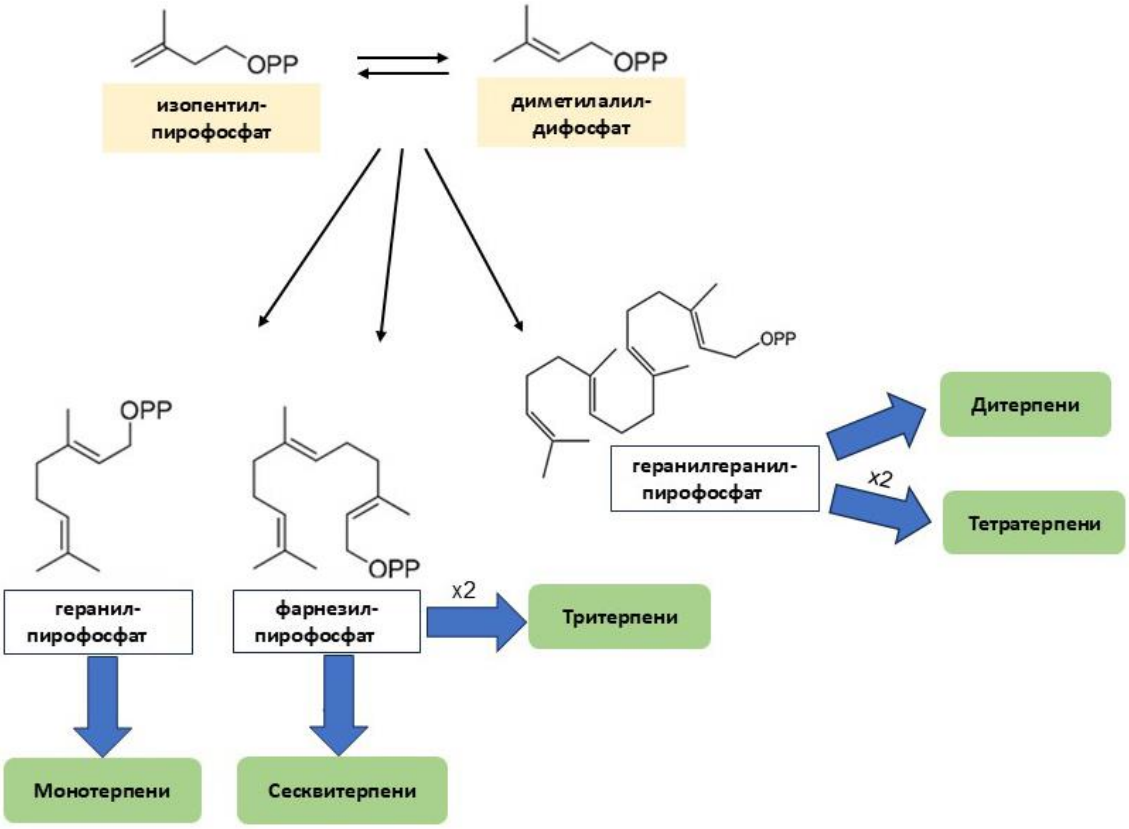
Биосинтеза свих терпена се може поделити у 4 четири фазе: 1) формирање универзалних C5 јединица - изопентил-дифосфата и диметилалил-дифосфата; 2) кондензација ове две јединице у геранил-дифосфат, фарнезил-дифосфат или геранилгеранил-дифосфат; 3) формирање структурних језгра сваке од класа терпена од стране терпенске синтазе; и 4) модификација родитељских терпенских скелета кроз редокс реакције, коњугације и друге реакције и настанак разноврсних терпенских метаболита (Lange et al., 2013).

Формирање основних C5 јединица, изопентил-дифосфата и диметилалил-дифосфата се одвија кроз два биосинтетичка пута: мевалонатни и не-мевалонатни (метилеритритол-фосфатни) (**слика 2-15**) (Dudareva et al., 2004). Мевалонатни пут се одвија у цитосолу и ендоплазматични ретикулум игра главну улогу у биосинтези сесквитерпена, тритерпена и политерпена. Почиње кондезацијом два молекула ацетил-CoA, при чему се формира ацетоацетил-CoA који се даље кондензује са још једним ацетил-CoA и настаје 3-хидрокси-3-метилглутарил-CoA који се редукује у мевалонску киселину уз помоћ 3-хидрокси-3-метилглутарил-CoA редуктазе. Киназа мевалонске киселине и фосфомевалонат киназа кроз процес фосфорилације даље претварају мевалонску киселину у мевалонат-дифосфат. Након тога следи процес декарбоксилације при чему настаје изопентенил-дифосфат. Не-мевалонатни пут се одвија у пластидима где настају монотерпени, дитерпени и тетратерпени. Почиње кондензацијом пирувата и D-глицералдехид 3-фосфата који формирају први интермедијер 1-деокси-D-ксилулозо-5-фосфат који се редукује у 2-C-метил-D-еритритол-4-фосфат. Након тога, кроз две узастопне ензимске реакције, 2-C-метил-D-еритритол-4-фосфат се трансформише у 2-C-метил-D-еритритол-2,4-цикло-дифосфат који се даље конвертује у 1-хидрокси-2-метил-2-бутенил-4-дифосфат и на крају трансформише у изопентенил-дифосфат (Narnolyia, 2019).



Слика 2-15. Синтеза изопентил-дифосфата и диметилалил-дифосфата (прилагођено према Zhu et al., 2014).

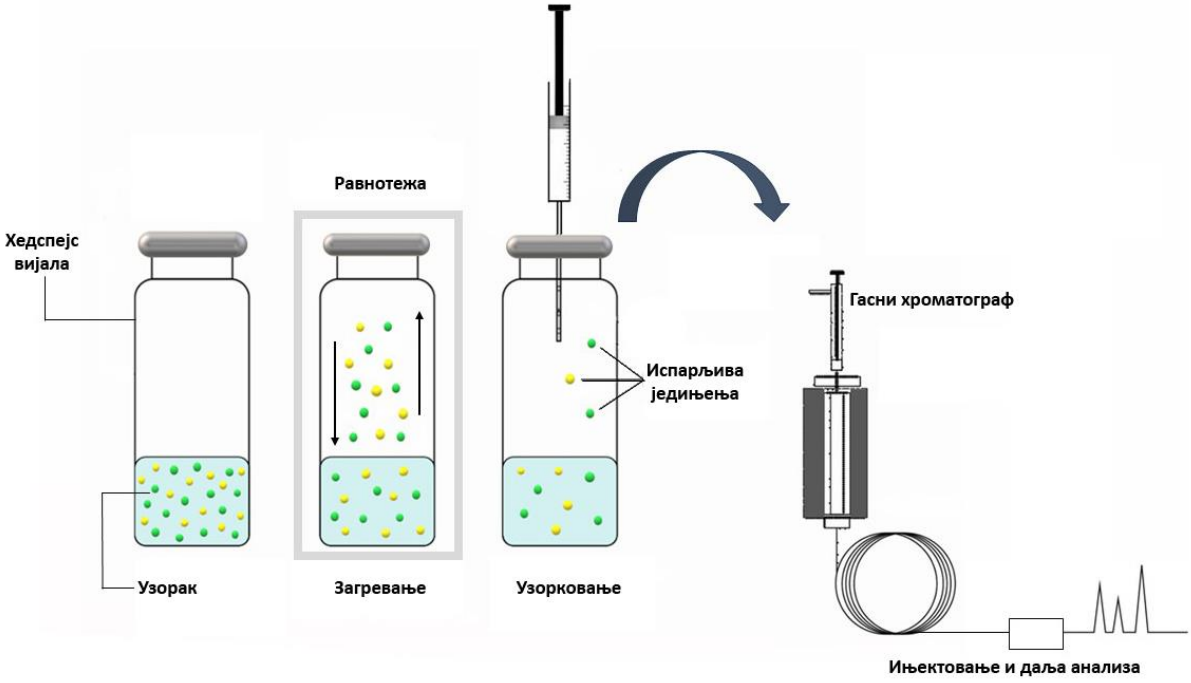
Изопентил-дифосфат се у присуству изопентил-дифосфат изомеразе трансформише у диметилалил-дифосфат (Croteau et al., 2000). Кондензацијом (глава-реп повезивањем) ова два изомера настају геранил-дифосфат, фарнезил-дифосфат или геранилгеранил-дифосфат (**слика 2-16**) (Kovačević, 2004). Деловањем ензима терпенских синтаза, из геранил-дифосфата, фарнезил-дифосфата и геранилгеранил-дифосфата настају монотерпени, сесквитерпени и дитерпени, респективно. Кондензацијом (глава-глава повезивањем) фарнезил-пирофосфата и геранилгеранил-дифосфата настају сквален и фитоен, прекурсори тритерпена и тетратерпена, респективно. На крају следе различите ензимске модификације родитељских терпенских скелета кроз редокс реакције, реакције коњугације и друге реакције које доприносе настанку разноврсних терпенских метаболита.



Слика 2-16. Синтеза различитих класа терпена (прилагођено према de Sousa et al., 2023).

2.2.3. Методе изоловања

Хедспејс (*HS*, енгл. *headspace*) је метода која се користи за изоловање веома испарљивих једињења из биљног материјала. Најчешће се примењују статички и динамички *HS*. У случају статичког *HS*, након термостатирања до унапред дефинисане температуре десиће се успостављање термодинамичке равнотеже између две фазе: хедспејс – гасна фаза изнад узорака и фаза узорака који може бити течан или чврст аналит. Након успостављања равнотеже, микролитарски шприц узима одговарајућу запремину гасне фазе засићене лако испарљивим једињењима и убризгава у гасни хроматограф ради даље анализе (**слика 2-17**).

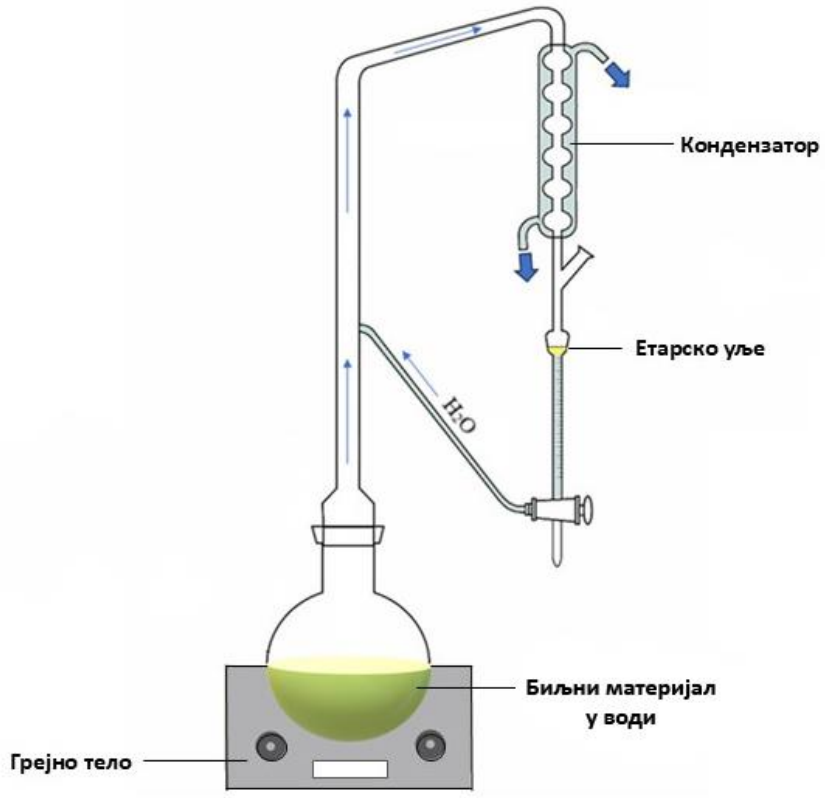


Слика 2-17. Принцип статичке *HS* технике: изоловање нискомолекуларних лако испарљивих компоненти у *HS* вијали.

Статички *HS* има значајну примену у анализи нискомолекуларних лако испарљививих компоненти узорка без утицаја растварача, јер је сам поступак аутоматизован и омогућава брз скрининг. Осим тога, предност ове методе се огледа у малој количини потребног биљног материјала (нарочито је погодна у истраживању угрожених и заштићених таксона), једноставној и брзој припреми узорака, елиминацији реагенаса, ниској цени анализе по узорку и релативно једноставном мониторингу (Mitić et al., 2020). Ова техника такође налази примену и у одређивању испарљивих компоненти

у хетерогеним узорцима код којих је немогуће обавити уобичајено инјектирање (полимери, чврсти узорци, врло вискозне течности). Уместо дуге и скупе припреме узорака, код ове технике се гасном екстракцијом обухватају само испарљиве компоненте, док неиспарљиви део узорка остаје непромењен. Посебна погодност ове методе је могућност вишеструке гасне екстракције (енгл. *multiple headspace extraction*) (Hardi & Novaković, 1987).

Једна од најстаријих и најједноставнијих метода за изоловање етарских уља јесте хидродестилација (нпр. по Клевенџеровој методи, **слика 2-18**). Хидротестилација је техника која се примењује за дестиловање једињења са високом тачком кључања и једињења која се не растварају у води или се врло мало растварају (Mitić et al., 2020). Уситњени биљни материјал се прелије одговарајућом запремином воде и загрева до кључања, при чему врела вода „ослобађа“ испарљива једињења етарског уља из биљног материјала. Након тога долази до кондензације паре етарског уља и водене паре и у мерном делу наставка по Клевенџеру добија се смеша предестиловане воде и етарског уља, која је због њихове немешљивости мутна, или се јасно раздвајају два слоја: горњи - лакши слој етарског уља и доњи - тежи водени слој.



Слика 2-18. Апаратура за хидродестилацију по Клевенџеру

Недостаци ове методе су у томе што је техника дуготрајна и захтева велику количину биљног материјала. Осим тога, примена високих температура може довести до хемијских промена у структури терпена и губитка неких поларних молекула (El Asbahani et al., 2015).

2.2.4. Варијабилност и таксономски значај

Продукција терпена је најчешће генетски детерминисана али је делимично и под променљивим утицајем различитих фактора средине. Терпени су показали различити степен варијабилности код различитих биљних врста али и различитих биљних органа. Осим тога, количина и састав могу да варирају (до неких граница) у зависности од фазе онтогенетског развоја биљке, еколошких фактора (температура, влажност и аерација земљишта, надморска висина, дужина изложености светлу, влажност ваздуха и ваздушна струјања), начина обраде биљне сировине као и самог начина изоловања (Kovačević, 2004).

Имајући у виду могућу варијабилност терпена под утицајем еколошких фактора а не генетичких разлика између истраживаних таксона, неопходно је истражити интра- и интерпопулациону варијабилност одређеног таксона. Такође, валидна интерпретација добијених резултата подразумева доследност у поступцима складиштења материјала као и техника изоловања и анализе (Mitić et al., 2020).

Терпени, као широко дистрибуирана група секундарних метаболита код биљака, често су истраживани са таксономског аспекта Да би се секундарни метаболити користили као хемотаксономски маркери, *Harborne* (1967) је предложио четири критеријума: 1) да се једињења одликују довољно великим структурним диверзитетом; 2) да су физиолошки стабилна; 3) да су широко дистрибуирана код биљака и 4) да се могу једноставно и брзо идентификовати. Терпени, очигледно задовољавају три критеријума: поседују довољно велику разноврсност, широко су дистрибуирани и идентификација већине, ако не и свих компоненти комплексних смеша је релативно брза и једноставна.

Хемотаксономски значај терпена је потврђен у бројним научним радовима (Maffei et al., 1994; Rauchensteiner et al., 2002; Bošković et al., 2005; Radulović et al., 2007;

Turkmenoglu et al., 2015; Yener et al., 2020). Ипак, с обзиром на ограничену дистрибуцију терпена у филогенетски удаљеним биљним фамилијама, њихово коришћење у систематици је поуздано на нижим нивоима класификације (највише до нивоа рода).

2.2.5. Етарска уља

Етарска уља се могу дефинисати као смеше испарљивих продуката метаболизма биљака које су извор њиховог карактеристичног мириса и укуса и могу се наћи у готово свим њиховим деловима, односно у корену, стаблу, листу и генеративним органима (Gašić, 1985). У погледу хемијског састава, етарска уља представљају више или мање сложене смеше различитих испарљивих терпена (моно- и сесквитерпена) и у мањој мери фенилпропаноида (Kovačević, 2004). Обично садрже 20-200 компоненти и на основу концентрације у етарском уљу разликују се главне (20-95%), споредне (1-20%) и компоненте које су заступљене у траговима (<1%).

Биљке које садрже етарска уља називају се ароматичним, а уколико се осушени делови или органи биљака користе због терапијских ефеката етарских уља називају се ароматичним биљним дрогама.

На собној температури етарска уља су најчешће течности, ређе имају вискозну или чврсту конзистенцију (Kovačević, 2004). Лако су покретљива, углавном су безбојна, жута или жуто-зелена, а поједина могу бити специфично обојена као нпр. етарско уље каранфилића (*Caryophylli aetheroleum*) и цимета (*Cinnamomi aetheroleum*) која су смеђецрвена. Међутим, ароматичне дроге са проазуленима дају дестилацијом воденом паром плаво или зелено обојена етарска уља, као нпр. плаво уље камилице (*Matricariae flos*), хајдучке траве (*Millefolii herba*) и пелина (*Absinthii herba*). Мирис етарских уља потиче од састојака са кисеоничним функционалним групама. Он је интензиван чак и када су ови састојци заступљени у ниском проценту, нпр. етарско уље лимуна (Petrović et al., 2009). Због своје липофилности, већина етарских уља није растворљива у води. Растварају се у неполарним растварачима, етанолу, мастима и масним уљима.

У погледу локализације, ове мирисне течности се налазе у слободном облику у жлездама и жлезданим длакама на површини зељастих биљних делова (нарочито код биљака из фамилије Asteraceae и Lamiaceae), а могу бити присутна и у секреторним ћелијама, интарцелуларним шизогеним и лизогеним шупљинама.

Највећи број биљних врста које су изузетно богате етарским уљима припадају фамилијама Pinaceae, Cupressaceae, Lauraceae, Zingiberaceae, Myrtaceae, Rutaceae, Lamiaceae, Apiaceae и Asteraceae.

2.2.5.1. Антимикробна активност

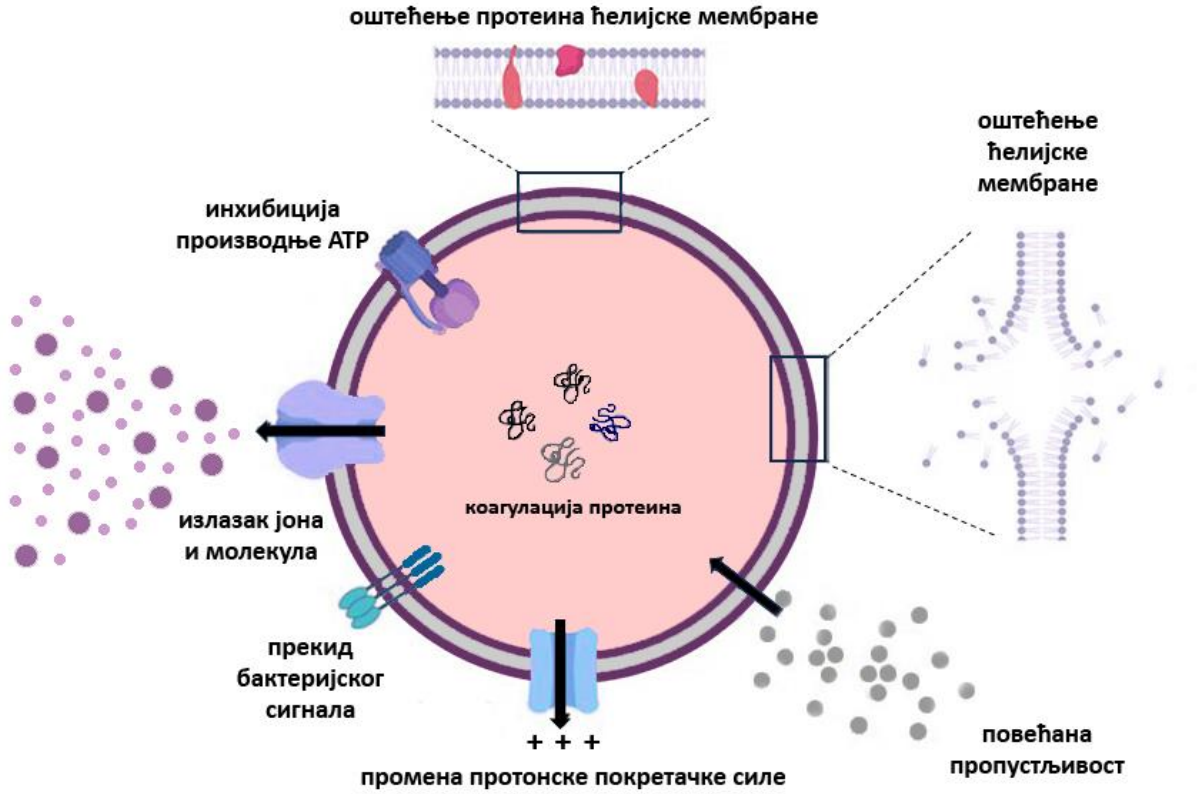
Антимикробна резистенција сматра се глобалним здравственим проблемом који угрожава ефикасност антибиотика и отежава лечење уобичајених инфекција (Daniel et al., 2020). Антимикробна средства биљног порекла имају велики терапеутски потенцијал с обзиром на то да су ефикасна у лечењу многих заразних болести, као и да смањују нежељене ефекте који се често повезују са синтетичким антибиотицима (Iwu et al., 1999). Последњих година, посебну пажњу привлаче етарска уља који делују као природни антибиотици и све чешће налазе примену у лечењу различитих инфекција. Бројне студије показале су да етарска уља многих биљака могу бити ефикасна на широк спектар патогених микроорганизама (Dorman & Deans, 2000; Bachir & Benali, 2008; Jiang et al., 2011; Murbach Teles Andrade et al., 2014; Man et al., 2019).

На начин деловања антимикробне активности велики утицај има пре свега хемијска структура појединих компоненти етарских уља (Knobloch et al., 1986). Од највећег значаја је липофилни карактер угљоводоничног скелета и хидрофилни карактер функционалних група. Разлика у антимикробној активности појединих компоненти етарских уља може се представити на следећи начин: феноли > алдехиди > кетони > алкохоли > етри > угљоводоници (Dorman & Deans, 2000).

Антимикробна активност етарских уља повезана је са њиховим хемијским саставом, заступљеношћу појединачних испраљивих компоненти као и њиховим међусобним интеракцијама (Knobloch et al., 1986; Davidson & Parish, 1989; Canillac & Mourey, 2001). Етарска уља у којима су најзаступљенија фенолна једињења показују највећу антимикробну активност (Cosentino et al., 1999). Међутим, бројни подаци указују на то да и мање заступљене компоненте могу бити значајне у испољавању антимикробне активности услед синергистичког дејства са осталим компонентама (Paster et al., 1995). Неке студије показале су да хемијски састав и антимикробна активност етарског уља исте врсте могу варирати у зависности од годишњег доба и географских региона (McGympsey et al., 1994; Juliano et al., 2000; Magiatis et al., 2002). Осим тога, етарска уља која се формирају током или одмах након цветања, имају највећи антимикробни потенцијал (McGympsey et al., 1994; Marino et al., 1999).

Иако је антимикробни потенцијал етарских уља утврђен код великог броја патогених микроорганизама, механизам њиховог деловања још увек није у потпуности

јасан. С обзиром на то да етарско уље садржи велики број различитих хемијских компоненти, претпоставља се да његов антимикробни потенцијал није заснован само на једном специфичном механизму, већ да постоји више циљних места деловања на ћелије (**слика 2-19**) (Skandamis et al., 2001; Carson et al., 2002). Према томе, сматра се да постоји пет основних механизама деловања етарских уља на ћелије микроорганизама (Sikkema et al., 1995): 1) дезинтеграција ћелијског зида; 2) дестабилизација проласка протона кроз ћелијску мембрану; 3) прекид протока електрона; 4) прекид активног транспорта и 5) коагулација ћелијског садржаја.



Слика 2-19. Механизми деловања етарских уља на ћелију микроорганизама (прилагођено према Carniero et al., 2020).

Једна од важних карактеристика етарских уља јесте њихова хидрофобност, која им омогућава растварање у липофилном слоју ћелијске мембране, нарушавајући њену структуру и доводећи до веће пропустљивости (Sikkema et al., 1994). На тај начин омогућен је излазак јона и других ћелијских молекула (Cox et al., 2000; Lambert et al., 2001; Ultee et al., 2002), што може довести до смрти ћелије (Denyer & Hugo, 1991). Осим тога, компоненте етарских уља имају утицај на транспорт кроз протеинске канале

цитоплазматске мембране (Knobloch et al., 1989). Етарска уља неких биљака као и њихове појединачне компоненте инхибирају аминокиселинске декарбоксилазе код *Enterobacter aerogenes* и спречавају изградњу протеина (Wendakoon & Sakaguchi, 1995). Поред тога, нека етарска уља утичу на раст псеудо/мицелије код појединих гљива. Међутим, начин њиховог деловања на метаболичке активности гљива није јасно дефинисан, претпоставља се да делују на ензиме укључене у енергетској регулацији ћелија или синтези структурних компоненти (Coner & Beuchat, 1984).

Неке студије показале су да етарска уља имају већу активност на Грам-позитивне него Грам-негативне бактерије (Canillac & Mourey, 2001; Cimanga et al., 2002; Delaquis et al., 2002). Разлог томе је што Грам-негативне бактерије поседују још једну мембрану која окружује ћелијски зид и смањује дифузију хидрофобних компоненти кроз њен липополисахаридни слој (Ratledge & Wilkinson, 1988). Међутим, мали број студија тврди да не постоји разлика у антимикробној активности Грам-позитивних и Грам-негативних бактерија (Lopez et al., 2005; Bajpaji et al., 2011). Сматра се да варијације у хемијском саставу етарских уља истих врста могу довести до варијабилности у степену њихове осетљивости (Burt, 2004).

2.2.5.2. *Artemia salina* L. као модел организам у токсиколошким истраживањима

Artemia salina L. (фамилија Artemiidae) је врста рачића која насељава слане водене и морске екосистеме. Њихов животни циклус почиње излегањем успаваних цисти, које су неактивне, али уласком у слану воду постају рехидриране и настављају свој развој (Pelka et al., 2000). Врсту *A. salina* одликују особине као што су прилагодљивост широком опсегу салинитета (5-250 g/l) и температуре (6-35 °C), кратак животни циклус, прилагодљивост неповољним условима животне средине, високи фертилитет, партеногенетска репродукција, мала величина тела и осетљивост на токсичне супстанце (Persoone & Wells, 1987). Стога, ове карактеристике чине врсту *A. salina* врло погодним моделом за прелиминарна испитивања токсичности.

Тест акутне токсичности на врсти *A. salina* први су предложили *Michael* и сар. (1956), а касније су га усвојили многи истраживачи као једноставан метод за прелиминарну процену акутне токсичности. Од почетка увођења теста, па све до сада, овај тест је коришћен за одређивање токсичности тешких метала и металних јона

(Kokkali et al., 2011; Mohamed et al., 2014), наночестица (Rajabi et al., 2015), биљних екстраката и етарских уља (Parra et al., 2001; Oliva et al., 2017), Cyanobacteria (Beattie et al., 2003) и морских макроалги (Ara et al., 1999). Овај тест представља једноставан и ефикасан метод у испитивању токсичности природних производа, показујући добру корелацију са пестицидном активношћу и цитотоксичним дејством против неких канцерских ћелијских линија (Meyer et al., 1982). Предности овог теста су велика брзина, једноставност, економичност, доступност цисти и висок степен поновљивости (Hamidi et al., 2014). Ипак, поред бројних предности које овај тест има, потребно је и испунити неколико услова као што су оптимална температура, салинитет, аерација, светлост, pH средине као и морфолошка фаза развоја организама, како би се постигла његова потпуна применљивост.

2.2.5.3. Употреба и биолошке активности етарских уља *Achillea* spp.

Са становишта традиционалне медицине, херба неколико представника рода *Achillea,* а пре свега врсте *A. millefolium* L., вековима се користи као горко-ароматична дрога, стомахик, карминатив, холагог, антифлогистик, спазмолитик и хемостатик (Sarić, 1982). Последњих година, студије о хемијском саставу и билошким активностима етарских уља различитих врста рода *Achillea* биле су подстакнуте повећаним интересовањем за коришћење у фармацеутској, козметичкој и парфимеријској индустрији. На основу резултата многих фитохемијских студија, може се рећи да етарска уља различитих биљних органа хајдучких трава (херба, цвет и лист) поседују широк спектар биолошких активности (**табела 2-1**). Већина експеримената је спроведена *in vitro*, само неколико њих *in vivo* на животињама, док су клиничка испитивања на људима ретка (Nemeth & Bernath, 2008).

Антимикробна активност хајдучких трава је једна од најчешће истраживаних области биолошких активности, испитивана је диск-дифузионом методом и методом микродилуције. Већина постојећих литературних података углавном је фокусирана на антимикробну активност етарског уља широко распрострањене врсте *A. millefolium.* Етарско уље *A. millefolium* инхибирало је раст различитих микробних сојева, при чему је МИК вредност била у веома широком опсегу концентрација 4,5-72 mg/ml (Candan et al., 2003) 0,32-10 μl/ml (Falconieri et al., 2011), 37,5-150 mg/ml (Daniel et al., 2020), 0,1-2

mg/ml (El-Kalamouni et al., 2017), 1-5 μg/ml (Kazemi et al., 2015). Етарко уље ове врсте показало је антимикробни потенцијал на сојеве *Streptococcus pneumoniae, Clostridium perfringens, Candida albicans, Mycobacterium smegmatis, Acinetobacter lwoffii* и *Candida krusei* (Candan et al., 2003). Са друге стране, показало је слабу антимикробну активност на сојеве *Staphylococcus epidermidis, Escherechia coli, Klebsiella pneumoniae* и *Candida albicans* (Daniel et al., 2020).

За разлику од најчешће истраживане *A. millefolium,* научни подаци о активностима етарских уља других врста рода *Achillea* су релативно оскудни. Етарско уље хербе *A. crithmifolia* испитивано је на широк спектар бактеријских сојева, изолованих из различитих локација човека у опсегу концентрација 5,36-85,80 mg/ml, при чему је најјача активност била на сој *Streptococcus pyogenes* пореклом из бриса ране и бриса грла (МИК=МБК=5,36 mg/ml), док је најслабији ефекат био на сој *P. mirabilis* пореклом из бриса ране (МИК=МБК=42,90/85,80 mg/ml) (Stanković et al., 2016). Поред тога, етарско уље исте врсте показало је јаку антимикробну активност на раст бактеријских сојева: *E. coli, K. pneumoniae, P. aeruginosa* и *S. aureus* (Palić et al., 2003). Међутим, етарско уље цвета *A. crithmifolia* није показало антимикробни ефекат на тестиране бактеријске сојеве, али је инхибирало раст *C. albicans* (Karamenderes et al., 2002).

Етарско уље хербе *A. grandifolia* показало је антимикробни ефекат у опсегу концентрација 5,77-46,15 mg/ml, при чему је највећа активност била на сој *Enterococcus faecalis* пореклом из бриса ране (МИК=МБК=5,77 mg/ml). Међутим, најслабији ефекат етарског уља *A. grandifolia* био је на сој *Proteus mirabilis* и *Klebsiella* sp. пореклом из бриса ране, *E. coli* из бриса грла и сој *P. aeruginosa* пореклом из пљувачке (МИК=МБК=46,15 mg/ml) (Stanković et al., 2016).

Simić и сар. (2004) пријавили су антимикробну активност етарског уља хербе *A. clypeolata* на сојеве *E. coli, K. pneumoniae, P. aeruginosa* и *S. aureus.* Најјача активност уља забележена је на сојеве *K. pneumoniae* и *P. aeruginosa*, чак и јача од антибиотика ампицилина. Насупрот томе, активност уља била је нижа на Грам-позитивни сој *S. aureus*, док је сој *E. coli* показао највећу отпорност на дејство уља *A. clypeolata* (Simić et al., 2004). У недавној студији *Aćimović* и сар. (2020) етарско уље *A. clypeolata* инхибирало је раст сојева *E. coli* и *S. aureus* у концентрацијама од 10 и 1,25 μl/ml, респективно.

Етарско уље хербе *A. nobilis* испољило је јаку антимикробну активност на раст бактеријских сојева: *Escherichia. coli, Klebsiella pneumoniae, Pseudomonas aeruginosa* и *Staphylococcus aureus* (Palić et al., 2003). Са друге стране, етарско уље листова *A. nobilis* инбирало је раст две врсте гљива *Fusarium*, са инхибиторним дејством у опсегу концентрација 0,25-1,2 mg/ml (Sampietro et al., 2016).

Испитивање антимикробне активности етарског уља хербе *A. coarctata* методом диск-дифузије показало је умерену активност на сојеве *Listeria monocytogenes, K. pneumoniae, Bacillus cereus, Streptococcus pneumoniae* и *C. albicans* (Albayrak & Silahtarlıoğlu, 2019). Са друге стране, етарско уље цвета и листа *A. coarctata* показало је најјачу ефикасност на *Micrococcus flavus, E. faecalis* и *C. albicans* (МИК=3,25 mg/ml) (Tzakou et al., 2009). Етарско уље цвета *A. distans* показало је умерену антимикробну активност на сојеве *S. aureus* и *C. albicans*, али није испољило антимикробни ефекат на Грам-негативне бактеријске сојеве *Salmonella typhimurium, P. vulgaris* и *E. coli* (Konakchiev et al., 2011). Етарско уље хербе *A. chrysocoma* показало је веома јаку активност на бактеријске сојеве *K. pneumoniae* и *P. aeruginosa* (30,0 mm зона инхибиције) (Simić et al., 2000).

На основу доступних литературних података, установили смо да је тест акутне токсичности ретко коришћен за процену токсичности етарских уља врста рода *Achillea*. Према нашим сазнањима, постоје само две студије које се односе на токсичност етарских уља *Achillea* врста према рачићима *A. salina.* Наиме, етарско уље хербе *A. micrantha* Willd и *A. salicifolia* Besser показало је токсичност на рачиће у свим тестираним концентрацијама (1-10 mg/ml) (Suleimen et al., 2016; Suleimen et al., 2019).

Табела 2-1. Литературни преглед испитиваних биолошких активности етарских уља одабраних врста рода *Achillea*.

Врста	**Део биљке**	**Активност**	**Литература**
A. chrysocoma	херба	антибактеријска	Simić et al., 2000.
A. clypeolata	херба	антибактеријска	Simić et al., 2004; Aćimović et al., 2020.
A. coarctata	херба	антимикробна	Albayrak & Silahtarlıoğlu, 2019;
		инсектицидидна, хербицидна	Çakır et al., 2016.
	цвет, лист	антимикробна	Tzakou et al., 2009;
	цела биљка	антихолинестеразна, антиоксидативна, цитотоксична	Yener et al., 2020.

A. collina	цвет херба	антиоксидативна, антимикробна	Jianu et al., 2015; Božin et al., 2008.
A. crithmifolia	херба	антибактеријска, антиоксидативна	Palić et al., 2003; Stanković et al., 2016.
	цвет	антимикробна	Karamenderes et al., 2002.
A. distans	цвет	антимикробна	Konakchiev et al., 2011.
A. grandifolia	херба	антибактеријска, антиоксидативна	Stanković et al., 2016.
A. millefolium	херба	антибактеријска, антиоксидативна	Aćimović et al., 2020; Candan et al., 2000, Kalamouni et al., 2017.
		антифунгална	Falconieri et al., 2011.
		антимикробна, антиоксидативна, анти-инфламаторна	Kazemi et al., 2015.
		антиоксидативна	Čulum et al., 2022.
		инсектицидна	Ebadollahi & Ashouri et al., 2011; Nenaah, 2014.
	цвет	антиоксидативна, антифунгална	Fierăscu et al., 2015.
		антимикробна	Karamenderes et al., 2005
	лист	инсектицидна	Conti et al., 2010.
	цела биљка	антихолинестеразна, антиоксидативна, токсична, цитотоксична	Yener et al., 2020.
A. nobilis	херба	антибактеријска,	Palić et al., 2003.
	лист	антифунгална	Sampietro et al., 2016.
	цела биљка	антихолинестеразна, антиоксидативна, токсична, цитотоксична	Yener et al., 2020.
A. lingulata	херба	антиоксидативна	Čulum et al., 2022.

3. ЦИЉЕВИ РАДА

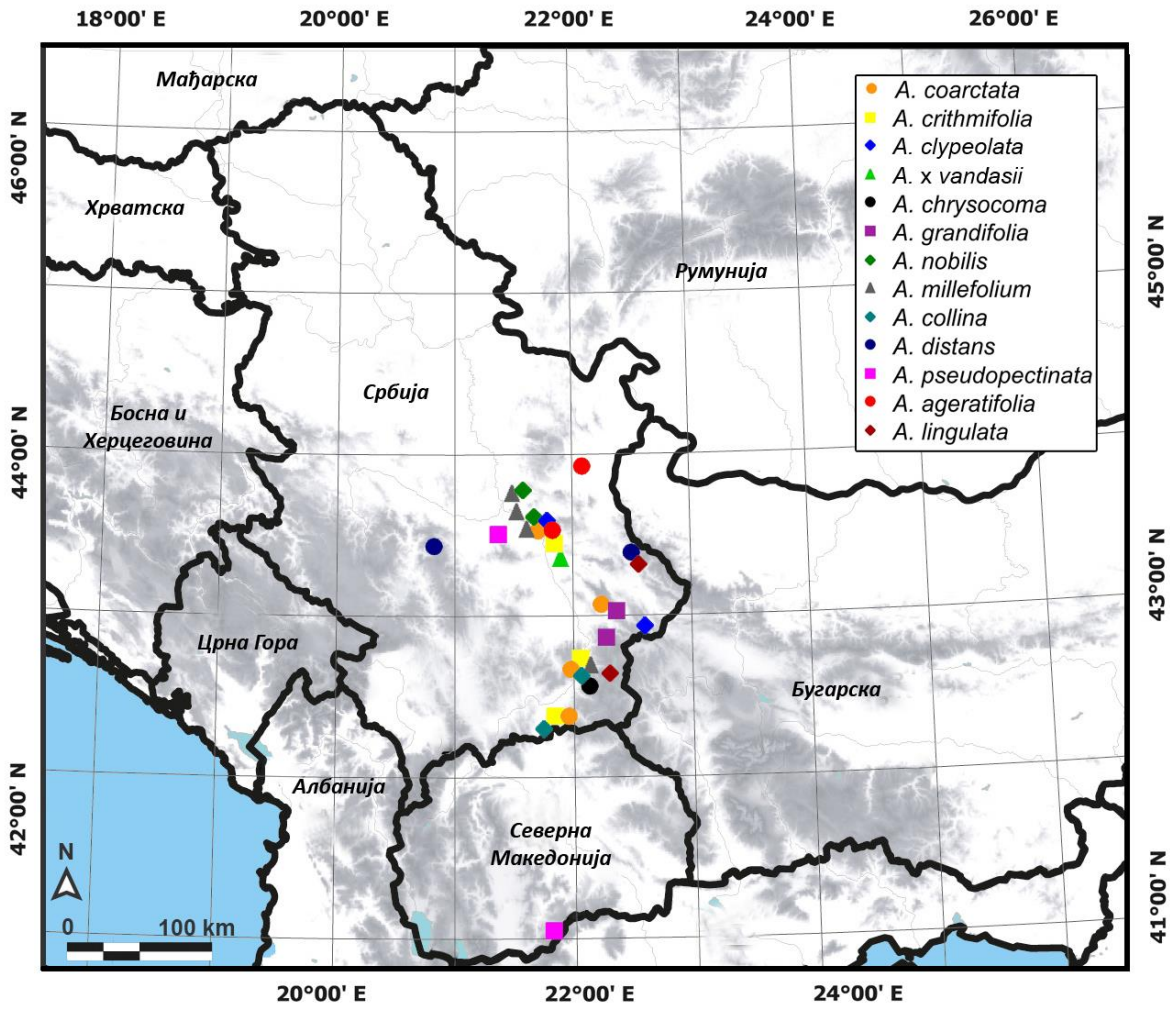
Основни циљеви овог научног истраживања се могу представити у неколико теза:

1. Узорковање биљног материјала 13 *Achillea* врста, укључујући 11 врста из секције *Achillea sensu lato* (*A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. coarctata*, *A. collina*, *A. crithmifolia*, *A. distans*, *A. grandifolia*, *A. millefolium*, *A. nobilis*, *A. pseudopectinata* и *A.* x *vandasii*) и две из секције *Anthemoideae* (*A. ageratifolia* и *A. lingulata*) у различитим аутохтоним популацијама у Србији;
2. Анализа квантитативних морфолошких карактеристика вегетативних и генеративних делова одабраних јединки;
3. Изоловање хедспејс (*HS*) испарљивих компоненти из различитих биљних органа (приземни лист, лист стабла, стабло и цвет) као и етарских уља хербе истраживаних *Achillea* врста;
4. Одређивање хемијског састава *HS* испарљивих компоненти и етарских уља;
5. Анализа варијабилности и диференцијације истраживаних *Achillea* врста на основу морфолошких и фитохемијских карактеристика;
6. Издвајање високо варијабилних карактеристика, као и оних ниско варијабилних у оквиру истраживаних врста;
7. Утврђивање да ли и у којој мери постоји подударност између морфолошке и фитохемијске диференцијације врста;
8. Одређивање антимикробног потенцијала етарских уља у односу на одабране хумане патогене сојеве, укључујући ATCC (енгл. *American Type Culture Collection*) сојеве као и сојеве изоловане из различитих локација инфекције код човека;
9. Одређивање акутне токсичности етарских уља.

4. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

4.1. Биљни материјал

Биљни материјал (целе биљке) 13 врста рода *Achillea* укључујући 11 из секције *Achillea sensu lato* (*A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. coarctata*, *A. collina*, *A. crithmifolia*, *A. distans*, *A. grandifolia*, *A. millefolium*, *A. nobilis*, *A. pseudopectinata* и *A.* x *vandasii*) и две врсте из секције *Anthemoideae* (*A. ageratifolia* и *A. lingulata*) сакупљени су са природних станишта у Србији, од маја до јула месеца, у периоду од 2018. до 2021. године. Идентификација је вршена према кључу за одређивање врста рода *Achillea* у Флори Србије (Gajić, 1975). Номенклатура испитиваних врста преузета је из флористичких база података *World Flora Online* (WFO, 2024) и *Plants od The World Online* (POWO, 2024). Према актуелној инфрагенеричкој класификација рода *Achillea* (Saukel et al., 2003; Guo et al., 2004; Ehrendorfer & Guo, 2005) испитиване врсте су систематизоване у складу са секцијама које припадају. Поред тога, биљни материјал једне врсте тј. *A. pseudopectinata* сакупљен је у Северној Македонији, с обзиром на то да је популација у Србији веома мала и локализована, па би сакупљање већег броја јединки/материјала додатно погоршало њено стање. Мапа проучаваног подручја, са локацијама одабраних популација истраживаних врста приказана је на **слици 4-1**, а одговарајући географски и геолошки подаци, број проучаваних јединки, датум сакупљања као и подаци о ваучерима за сваку популацију наведени су у **табели 4-1.** Ваучер примерци сваке популације су депоновани у „*Herbarium Moesiacum Niš*“ (HMN) Департмана за биологију и екологију Природно-математичког факултета Универзитета у Нишу.



Слика 4-1. Географски положај истраживаних популација врста рода *Achillea* на територији Србије и Северне Македоније. Карактеристике локалитета приказане су у **табели 4-1**.

Табела 4-1. Локалитети и карактеристике станишта истраживаних популација врста рода *Achillea*.

Секција	Врсте	Локалитет	Географска ширина (N)	Географска дужина (E)	Надморска висина (m)	Геолошка подлога	Број анализираних јединки[1]	Датум сакупљања	Број ваучера (HMN)	Анализа[2]
Achillea sensu lato	*A. chrysocoma*	Србија: Бесна Кобила	42°31'05"	22°13'05"	1923	Силикат	15	Јул 2020	14300	а, б, ц
	A. clypeolata	Србија: Сићевачка клисура	43°18'36"	22°10'49"	276	Кречњак	15	Мај 2019	13957	а, б, ц
	A. clypeolata	Србија: Влковија	43°05'02"	22°54'24"	1020	Кречњак	15	Јун 2021	14310	а
	A. coarctata	Србија: Долина реке Пчиње, Будовија	42°20'23"	21°53'26"	440	Силикат	15	Јун 2018	13681	а
	A. coarctata	Србија: Сићевачка клисура	43°33'42"	22°06'95"	365	Кречњак	15	Јун 2018	13685	а
	A. coarctata	Србија: Темска	43°17'06"	22°35'06"	440	Силикат	15	Јул 2020	14303	а, б, ц
	A. collina	Србија: Долина реке Пчиње, Будовија	42°20'23"	21°53'26"	680	Силикат	15	Јун 2019	13952	а, б, ц
	A. crithmifolia	Србија: Долина реке Пчиње, Будовија	42°20'23"	21°53'26"	440	Силикат	22	Јун 2018	13684	а, б, ц
	A. crithmifolia	Србија: Куновица	43°17'30"	22°06'34"	467	Кречњак	15	Јун 2018	13680	а
	A. distans	Србија: Стара планина, Бабин Зуб	43°23'04"	22°35'35"	1600	Силикат	15	Јун 2020	14305	а, б, ц
	A. distans	Србија: Копаоник	43°18'51"	20°51'01"	1370	Силикат	15	Јул 2020	14306	а
	A. grandifolia	Србија: Јерма	42°58'18"	22°37'23"	548	Кречњак	15	Јун 2020	14302	а, б, ц
	A. grandifolia	Србија: Темска	43°16'56"	22°35'04"	440	Силикат	5	Јул 2020	14614	а
	A. millefolium	Србија: Сићевачка клисура	43°20'04"	22°04'09"	240	Кречњак	15	Јун 2018	13682	а, б
	A. millefolium	Србија: Ниш	43°18'19"	21°53'50"	260	Неогени седименти	15	Јун 2019	13955	а, ц

	A. millefolium	Србија: Лалиначка слатина	43°20'42"	21°44'45"	200	Неогени седименти	15	Мај 2019	14400	а
	A. millefolium	Србија: Долина реке Пчиње, Брњаре	42°23'30"	21°55′01"	507	Неогени седименти	15	Јун 2019	13961	а
	A. nobilis	Србија: Сићевачка клисура	43°20'04"	22°04'09"	365	Кречњак	15	Јун 2018	13683	а, б
	A. nobilis	Србија: Лалиначка слатина	43°20'42"	21°44'45"	200	Неогени седименти	15	Јун 2020	14298	а, ц
	A. pseudopectinata	Северна Македонија: Кајмакчалан	40°59'12"	21°40'06"	718	Силикат	12	Јун 2020	14309	а
	A. pseudopectinata	Србија: Облачина	43°18'35"	21°40'15"	333	Силикат	15	Јун 2020	14301	а, б, ц
	A. x *vandasii*	Србија: Врандол	43°16'41"	22°15'31"	426	Карбонат	15	Јун 2020	14304	а, б, ц
Anthemoideae	*A. ageratifolia*	Србија: Бор, Велики Крш	44°10'47"	22°04'30"	995	Карбонат	15	Јун 2019	13954	а
	A. ageratifolia	Србија: Јелашничка клисура	43°16'37"	22°04'09"	360	Кречњак	15	Јун 2021	14542	а, б, ц
	A. lingulata	Србија: Стара планина, Бабин Зуб	43°22'06"	22°35'42"	1600	Силикат	15	Јун 2019	13953	а, б
	A. lingulata	Србија: Бесна Кобила	42°31'45"	22°13'40"	1850	Силикат	15	Јул 2020	14299	а, ц

[1]Број анализираних јединки у морфометријској анализи; [2]Анализа: а - морфометрија, б - *HS* испарљиве компоненте, ц - етарска уља

4.2. Морфометријска анализа

Морфометријска анализа урађена је на свежем материјалу одмах након сакупљања у лабораторији за Систематику и екологију биљака, Департмана за биологију и екологију биљака, Природно-математичког факултета у Нишу. Анализа је укључила укупно 384 јединке из 26 популација свих 13 испитиваних врста (**слика 4-1**, **табела 4-1**). Свака јединка је етикетирана цедуљицом на којој је означен редни број популације и индивидуе у форми „*x*-*y*“, где „*x*“ представља редни број популације а „*y*“ редни број индивидуе. Морфометријска анализа обухватала је мерења 9 квантитативних карактера вегетативног и генеративног дела биљака, приказаних у **табели 4-2.**

Табела 4-2. Преглед анализираних квантитативних морфолошких карактеристика.

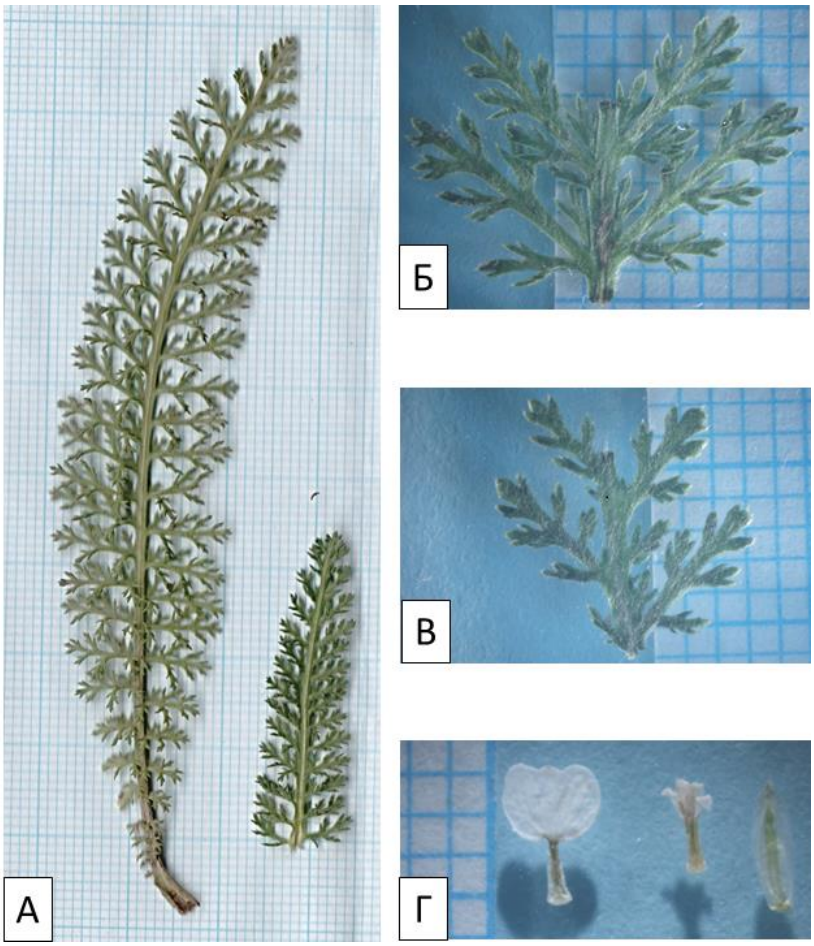
Р. бр.	**Мерене карактеристике**	**Акроним**
1.	Дужина приземног листа	ДПЛ
2.	Дужина режња приземног листа/ дужина зупца приземног листа	ДПЛр/ ДПЛз
3.	Дужина листа стабла	ДЛС
4.	Дужина режња листа стабла/ дужина зупца листа стабла	ДЛСр/ДЛСз
5.	Дужина главице	ДГ
6.	Ширина главице	ШГ
7.	Дужина језичастог цвета	ДЈЦ
8.	Дужина цевастог цвета	ДЦЦ
9.	Дужина листића инволукрума	ДИ

По један приземни лист и лист из средње трећине стабла су издвојени са сваке индивидуе и потом скенирани. Скенирање (скенером: HP Scanjet 2000) је вршено у циљу поједностављања процеса узимања података, где је као подлога за скенирање коришћен милиметарски папир.

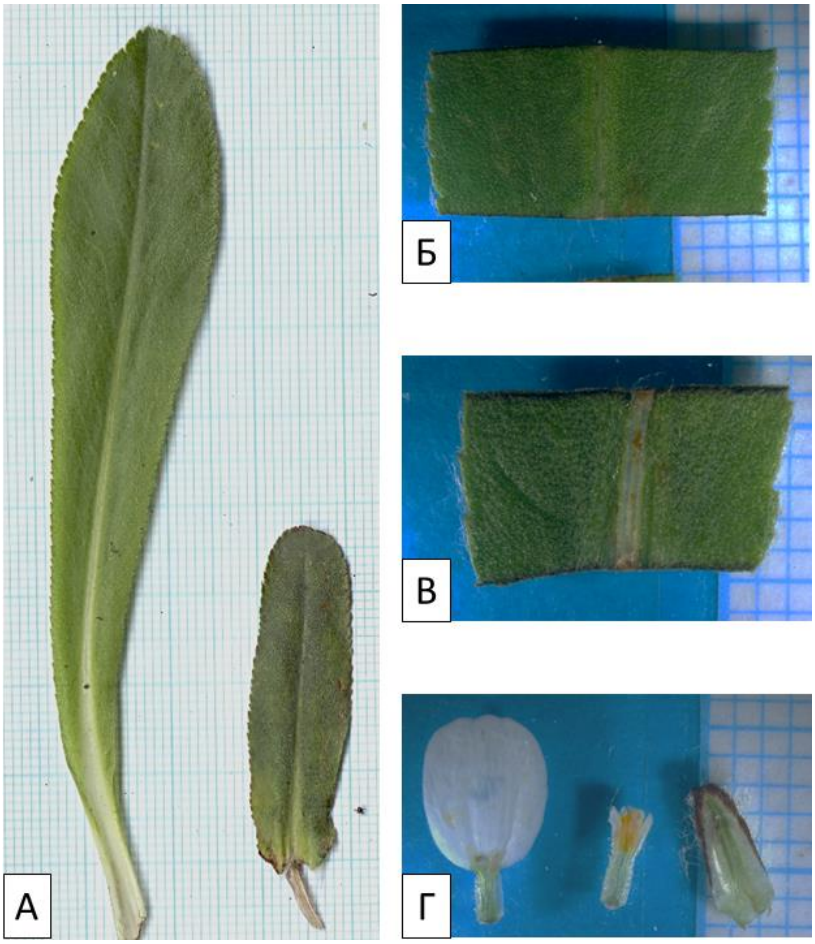
Мерења карактера дужина и ширина главице понављана су три пута узастопно, коришћењем дигиталног помичног мерила високе прецизности (Mahr Federal 4107107 16U, Esslingen, Germany).

Припрема препарата језичастих и цевастих цветова, листића инволукрума као и делова приземног листа и листа стабла рађена је на предметним плочицама, под бинокуларном лупом, уз помоћ пинцета и игала. Препарати су након припреме

фотографисани на Leica MZ-16A (Leica Microsystems©, Wetzlar, Germany) бинокуларној лупи са камером. Као подлога препарата код фотографисања коришћен је милиметарски папир и плава подлога, како би због јачег контраста били уочљивији делови испитиваних карактера на фотографијама. Већина квантитативних карактера мерена је коришћењем програма Digimizer Image Analysis Software (MedCalcSoftware©, Belgium), на претходно направљеним фотографијама (**слика 4-2**, **4-3**).



Слика 4-2. *A. millefolium* (секција *Achillea sensu lato*): А) приземни лист (лево) и лист стабла (десно); Б) режњеви приземног листа; В) режњеви листа стабла; Г) делови цвета (језичасти и цевасти цвет и листић инволукрума).



Слика 4-3. *A. lingulata* (секција *Anthemoideae*): А) приземни лист (лево) и лист стабла (десно); Б) исечак приземног листа са зупцима; В) исечак листа стабла са зупцима; Г) делови цвета: језичасти и цевасти цвет и листић инволукрума).

4.3. Фитохемијска анализа

4.3.1. Изоловање хедспејс (*HS*) испарљивих компоненти

Биљни материјал за фитохемијска истраживања је у ручном фрижидеру са места сакупљања пренесен до замрзивача (на -20°C) ради складиштења до момента даље употребе. За потребе анализе статичким *HS* одабрано је по 5 јединки из по једне популације сваке истраживане врсте (**табела 4-1**). Коришћен је материјал различитих биљних органа (приземни лист, лист стабла, стабло и цвет) укупно 65 јединки свих 13 истраживаних врста.

Од сваке јединке одмерено је приближно 0,2 g приземног листа, 0,2 g листа стабла, 0,5 g стабла и 0,3 g цвета који су исецкани на мале делове помоћу лабораторијских маказа. Уситњени биљни материјал сваког биљног органа је одвојено стављен у унапред обележене вијале од 20 ml у које је додато по 1 ml дестиловане воде (**слика 4-4**). Узорци су чувани у затвореним *HS* вијалама у фрижидеру (на +4°C) до GC-MS/FID анализе.

Слика 4-4. Припремљени *HS* узорци (фото: Ј.П. Стојковић, 2021).

4.3.2. Изоловање етарских уља

Биљни материјал (надземни део биљке) из по једне популације сваке испитиване врсте (**табела 4-1**) одмерен је и уситњен помоћу лабораторијских маказа, а затим је одвојено подвргнут хидродестилацији коришћењем апаратуре по Клевенџеру (**слика 4-5**) у трајању од 2,5 h.

Слика 4-5. Хидродестилација по Клевенџеру (фото: Ј.П. Стојковић, 2020).

Након тога, садржај из мерног дела наставка је пренет у левак за одвајање и подвргнут течно-течно екстракцији диетил-етром, како би се етарско уље одвојило од воденог дела. Поступак екстракције поновљен је три пута, а како би се уклонио остатак воде, у ерленмајер са сакупљеним диетил-етарским фракцијама додато је средство са сушење (анхидровани $MgSO_4$). Након одвајања $MgSO_4$ филтрацијом, диетил-етар је уклоњен упаравањем на ротационом вакуум упаривачу, без загревања. На основу масе етарског уља и масе биљног материјала, одређен је принос чистог етарског уља, које је потом пребачено у претходно обележену вијалу од 2 ml и чувано у фрижидеру (на +4 °C)

до анализе. За GC-MS/FID анализу прављени су раствори испитиваних етарских уља у диетил-етру, 10 mg/ml.

Подаци о количини биљног материјала која је коришћена за хидродестилацију етарских уља, масе и приноси етарских уља, као и њихова огранолептичка својства приказани су у **табели 4-3**.

Табела 4-3. Принос и органолептичка својства етарских уља испитиваних врста рода *Achillea*.

Врсте	**Свежи биљни материјал (g)**	**Маса добијеног етарског уља (g)**	**Принос (%, w/w)**	**Органолептичка својства**
A. chrysocoma	263	0,1010	0,04	жућкасто, јак оштар мирис
A. clypeolata	458	0,1049	0,02	жућкасто, јак пријатан мирис
A. coarctata	535	0,1028	0,02	светло зеленкасто плаво, јак пријатан мирис
A. collina	61	0,0081	0,01	светло жућкасто, јак пријатан мирис
A. crithmifolia	382	0,2975	0,08	светло жућкасто, јак пријатан мирис
A. distans	502	0,6823	0,14	светло зеленкасто плаво, јак пријатан мирис
A. grandifolia	478	0,8326	0,17	жућкасто, јак оштар мирис
A. millefolium	341	0,4092	0,12	тамно плаво, јак пријатан мирис
A. nobilis	260	0,7750	0,30	жућкасто, јак пријатан мирис
A. pseudopectinata	75	0,1513	0,20	жућкасто, пријатан мирис
A. x *vandasii*	146	0,0447	0,03	светло плаво, пријатан мирис
A. ageratifolia	280	0,4040	0,14	светло плаво, јак пријатан мирис
A. lingulata	260	0,1515	0,06	светло жућкасто, јак мирис

4.3.3. Анализа испарљивих компоненти (GC-MS/FID)

Сви анализирани *HS* узорци и етарска уља снимљени су у трипликату на 7890/7000B гасном хроматографу (Agilent Technologies, USA) са Combi PAL ауто-семплером и HP-5 MS колоном (5% фенил-метил-силоксан, 25 m x 250 μm i.d. и 0,25 μm дебљина филма) који је куплован са масеним детектором 5977A (MS). GC услови: температура инјектора 250 °C; интерфејса 300 °C; температурни програм - изотермално првих 2,25 min на 50 °C (хедспејс узорци и етарска уља) затим линеарни пораст температуре (градијент 4 °C /min) до 200 °C (хедспејс узорци), 290 °C (етарска уља), на крају изотермално још 10 min (осим код хедспејс узорака); константан проток носећег гаса (хелијум) од 1,0 ml/min; инјектована запремина *HS* испарљивих компоненти 500 μl (сплит 10:1), етарских уља 1 μl (сплит 40:1). MS услови: јонизација 70 eV; опсег маса 40-440 amu (хедспејс узорци), 35-500 amu (етарска уља) време скенова 0,32 s. Гасна хроматографија са пламено-јонизационим детектором (GC-FID) спроведена је под истим експерименталним условима, коришћењем исте колоне као што је описано за GC-MS. Процентуални састав испарљивих једињења је израчунат софтверски на основу површине GC пикова без икаквих корекција.

Све *HS* лако испарљиве компоненте и компоненте етарских уља идентификоване су помоћу AMDIS софтвера (енгл. *Automated Mass Spectral Deconvolution and Identification System*, Ver. 2.1, DTRA/NIST, 2011) на основу линераних ретенционих индекса (RI, енгл. *Retention Index*) и масених спектара. Вредности RI одређене су на основу ретенционих времена (Rt, енгл. *Retention Time*) стандардне серије *n*-алкана (C_8-C_{40}) снимљене на истом апарату и под истим условима као испитивани узорци, а упоређиване су са литературним RI вредностима (NIST MS Search 2.0; NIST Chemistry WebBook SRD69; Adams, 2007). Такође, идентификација је укључила поређење масених спектара компоненти са литературним/библиотечким масеним спектрима (Wiley 6; NIST02; Adams, 2007).

4.4. Антимикробна активност етарских уља

4.4.1. Коришћени микроорганизми

За испитивање антимикробне активности етарских уља одабраних врста рода *Achillea* (*A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. coarctata*, *A. crithmifolia*, *A. distans*, *A. grandifolia*, *A. millefolium*, *A. nobilis*, *A. pseudopectinata*, *A. ageratifolia* и *A. lingulata*) коришћени су сојеви из ATCC колекције као и сојеви изоловани из различитих локација инфекције респираторног тракта човека.

Од референтних сојева, коришћена су три Грам негативна соја (*Escherichia coli* ATCC 8739, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027 и *Salmonella enteritidis* ATCC 13076), два Грам позитивна соја (*Bacillus cereus* ATCC 11778 и *Staphylococcus aureus* ATCC 6538) и један сој квасца (*Candida albicans* ATCC 24433). Изолати који су коришћени су прикупљени из носа (пет сојева *S. aureus*), грла (један сој *E. coli*, *P. aeruginosa* и *C. albicans*), испљувака (један сој *E. coli*, два соја *P. aeruginosa*) и плућног аспирираног материјала (један сој *E. coli*). Респираторни изолати су пореклом од пацијената поликлинике "*Human*" у Нишу. Изолати су култивисани на хранљивом агару и инкубирани на 37 °C, након чега су одржавани и складиштени у Лабораторији за микробиологију, Департмана за биологију и екологију, Природно-математичког факултета Универзитета у Нишу.

4.4.2. Тестирање антимикробне активности

Антимикробна активност етарских уља одабраних *Achillea* врста тестирана је методом микродилуције на микротитар плочама са 96 бунарића (**слика 4-6**) као што је претходно описано (Stojanović-Radić et al., 2020). Бактерије коришћене за тестирање култивисане су на *Mueller Hinton* а гљиве на *Sabouraud Dextrose* агару на 37 °C. Након 18 h култивисања, направљене су суспензије бактерија у стерилном физилошком раствору и подешене на турбидитет од 0.5 McFarland-a, што одговара концентрацији бактерија од 5 x 10^8 CFU/ml (CFU, енгл. *Colony Forming Units*). Раствор етарског уља (100% DMSO, диметилсулфоксид) убачен је у бунариће микротитар плоче и направљена је серија од 12 дуплих разблажења (финални распони концентрација износили су 0,004-20 mg/mL за уља у **табели 5-14** и 0,15-5,00 mg/mL за уља у **табели 5-14а**), након чега је

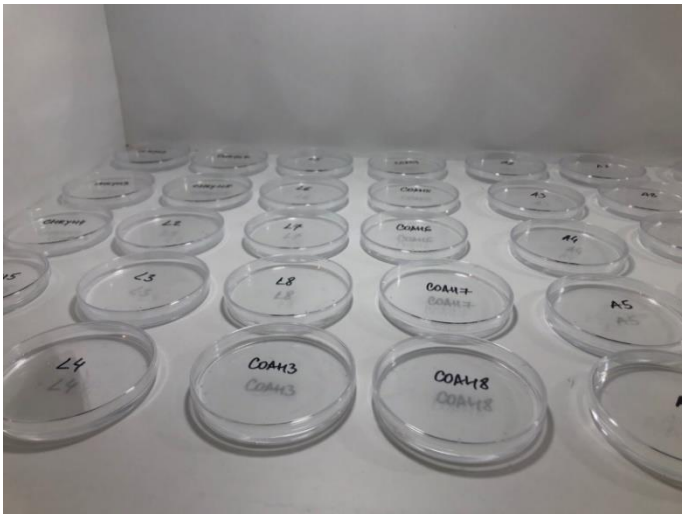
сваки бунарчић инокулисан претходно подешеном суспензијом одговарајуће врсте бактерије тако да је финални број ћелија износио ~10^6 CFU/ml. Затим, овако припремљене микротитар плоче инкубиране су на 37 °C у трајању од 24 h. Након тога, минималне инхибиторне концентрације (МИК) очитаване су након 1 h инкубације на 37 °C са додатком 10µl 0,5% TTC-а (трифенилтетразолијум-хлорид). МИК је дефинисана као најнижа концентрација која инхибира раст микроорганизама и представља концентрацију првог бунарића у којој није било црвеног обојења. Метода микродилуције изведена је у три понављања, а као позитивна контрола коришћен је стрептомицин за бактеријске сојеве односно нистатин за *Candida* сојеве.

Слика 4-6. Плоча (енгл. *plate*) за микродилуциону методу (фото: Ј.П. Стојковић, 2024).

4.5. Испитивање акутне токсичности етарских уља на врсти *Artemia salina*

По методи који су описали *Kester* и сар. (1967) направљен је раствор вештачке морске соли салинитета 35% коришћењем десет различитих соли (NaCl, Na_2SO_4, KCl, $NaHCO_3$, KBr, H_3BO_3, NaF, $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$, $SrCl_2 \cdot 6H_2O$). Две кашичице лиофилизираних циста *A. salina* додате су у 1 l морске воде. Суспензија је термостатирана на 28 °C, аерисана и била непрекидно под осветљењем у трајању од 48 h. Одмах након излегања, рачићи су премештени у петријеве шоље у којима је раствор морске воде (**слика 4-7**). Такође, у петријеве шоље додата су и испитивана етарска уља растворена у DMSO-у. Коначна концентрација DMSO-а била је знатно мања од 1% (v/v). Петријеве посуде су остављене на собној температури, под константним осветљењем и без аерације. Током теста, рачићи нису храњени.

Као негативна контрола коришћен је DMSO, јер је неактиван према *A. salina* у радним условима, док је натријум додецил сулфат (SDS) коришћен као позитивна контрола. Једна петријева шоља напуњена је морском водом и то до исте запремине која је коришћена за све друге посуде и сви рачићи су преживели после 24 h, 48 h и 72 h. Такође, бројање рачића који нису преживели вршено је након 24 h, 48 h и 72 h. Концентрација смртоносна за 50% тест организама (LC_{50}) одређена је статистичком *Spearman-Karber*-овом методом (Hamilton et al., 1977). Сви тестови изведени су у три независна понављања.



Слика 4-7. Петријеве посуде за време *Artemia salina* теста (фото: Ј.Д. Ицковски, 2021.)

4.6. Статистичка анализа

За статистичку обраду података коришћен је софтвер STATISTICA 8 (Statsoft, Inc., Tulsa, OK, USA). За сваки сет података (морфолошке карактеристике и лако испарљиве *HS* компоненте) урађена је основна дескриптивна статистика: средња вредност (Avg, енгл. *Average*), максимална вредност (Max, енгл. *Maximum*), минимална вредност (Min, енгл. *Minimum*), стандардна девијација (SD, енгл. *Standard Deviation*) и коефицијент варијације (CV, енгл. *Coefficient of Variation*), на основу које је урађена анализа варијабилности испитиваних карактеристика у оквиру истраживаних врста. Коефицијент варијације је коришћен за описивање морфолошке и хемијске варијабилности карактеристика и у односу на његове вредности карактеристике су означене као ниско варијабилне (CV%<10), умерено варијабилне (10<CV%<50), високо варијабилне (50<CV%<100), док су оне карактеристике код којих је CV%>100 означене као јако високо варијабилне.

За мултиваријационе статистичке анализе коришћене су све морфолошке карактеристике, а у случају фитохемијских карактеристика само оне које су биле заступљене са просечним садржајем ≥5% макар у једном испитиваном узорку. Дакле, у мултиваријационим анализама коришћени су сетови од 9 морфолошких карактеристика, 16 *HS* испарљивих компоненти цвета, 10 *HS* испарљивих компоненти стабла, 10 *HS* испарљивих компоненти приземног листа и 40 компоненти етарских уља. Компоненте етарског уља испитиваних врста које су биле анализиране мултиваријационом статистичком анализом приказане су у **табели 4-3**. Да би се утврдило колико који хемијски карактер (компоненте етарских уља) доприноси укупној варијабилности узорка као и да би се утврдио однос између појединих група урађена је анализа главних компоненти (PCA, енгл. *Principal Component Analysis*). Да би се утврдило да ли постоји диференцијација врста на основу анализираних сетова карактеристика (морфолошке карактеристике и *HS* испарљиве компоненте) урађена је канонијска дискриминантна анализа (CDA, енгл. *Canonical Discriminant Analysis*) са врстама као *a priori* групама. Ова анализа има за циљ да утврди колико се претходно дефинисане групе међусобно разликују и које карактеристике највише доприносе њиховој диференцијацији. Поред тога, урађена је и кластер анализа (CA, енгл. *Cluster Analysis*) базирана на матрици Еуклидових дистанци које су израчунате у CDA, а за коју је коришћена метода хијерархијског кластеровања (UPGMA енгл. *Unweighted pair-group method using*

arithmetic averages) при чему су резултати приказани графички уз помоћу фенограма. Ова анализа је коришћена да би се утврдила сличност између првобитно некласификованих врста.

Табела 4-3. Компоненте етарских уља (релативни садржај ≥5%) испитиваних врста рода *Achillea* које су биле анализиране мултиваријационом статистичком анализом.

Ознака једињења	**Једињење**
1	β-пинен
2	јомоги-алкохол
3	1,8-цинеол
4	артемизија-кетон
5	*cis*-сабинен-хидрат
6	артемизија-алкохол
7	*trans*-сабинен-хидрат
8	*cis*-тујон
9	*cis*-р-мент-2-ен-1-ол
10	*trans*-*p*-мент-2-ен-1-ол
11	*trans*-пинокарвеол
12	*trans*-сабинол
13	камфор
14	борнеол
15	терпинен-4-ол
16	дихидрокарвеол
17	α-терпинеол
18	*trans*-пиперитол
19	аскаридол
20	пиперитон
21	*trans*-хризантенил-ацетат
22	*iso*-аскаридол
23	гермакрен D
24	10-α-еудезма-1,3-диен-11-ол
25	спатуленол
26	кариофилен-оксид
27	виридифлорол
28	копаборнеол
29	*cis*-кадин-4-ен-7-ол
30	кариофила-4(12),8(13)-диен-5-ол
31	*epi*-α-кадинол
32	*epi*-α-муролол(=τ-муролол)
33	*α*-еудезмол
34	*α*-кадинол
35	*α*-муролол
36	еудезма-4(15),7-диен-1*β*-ол
37	14-хидрокси-(*Z*)-кариофилен
38	*α*-бисаболол
39	мусколактон
40	*γ*-палмитолактон

5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

5.1. Морфолошке карактеристике

5.1.1. Варијабилност морфолошких карактеристика испитиваних врста рода *Achillea*

Резулати дескриптивне статистике за девет квантитативних морфолошких карактеристика 13 врста рода *Achillea* представљени су на **сликама 5-1**, **5-1а**, **5-1б**, **5-2**, **5-2а** и **5-2б)** и у **табели 5-1**. Према добијеним резултатима, већина испитиваних карактеристика била је унутар умереног степена варијабилности (10<CV%<50). Ипак, код скоро свих врста, неке од карактеристика репродуктивних делова биљке показале су ниску варијабилност (CV%<10): дужина листића инволукрума (*A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. coarctata*, *A. collina*, *A. distans*, *A. grandifolia*, *A. millefolium*, *A. nobilis*, *A. pseudopectinata* и *A.* x *vandasii*), дужина цевастих цветова (*A. ageratifolia*, *A. chrysocoma*, *A. collina*, *A. crithmifolia*, *A. distans*, *A. grandifolia*, *A. millefolium* и *A.* x *vandasii*), дужина језичастих цветова (*A. ageratifolia*, *A. collina*, *A. distans*, *A. grandifolia* и *A. pseudopectinata*), дужина главице (*A. collina*, *A. distans* и *A. pseudopectinata*) и ширина главице (*A. collina* и *A. grandifolia*).

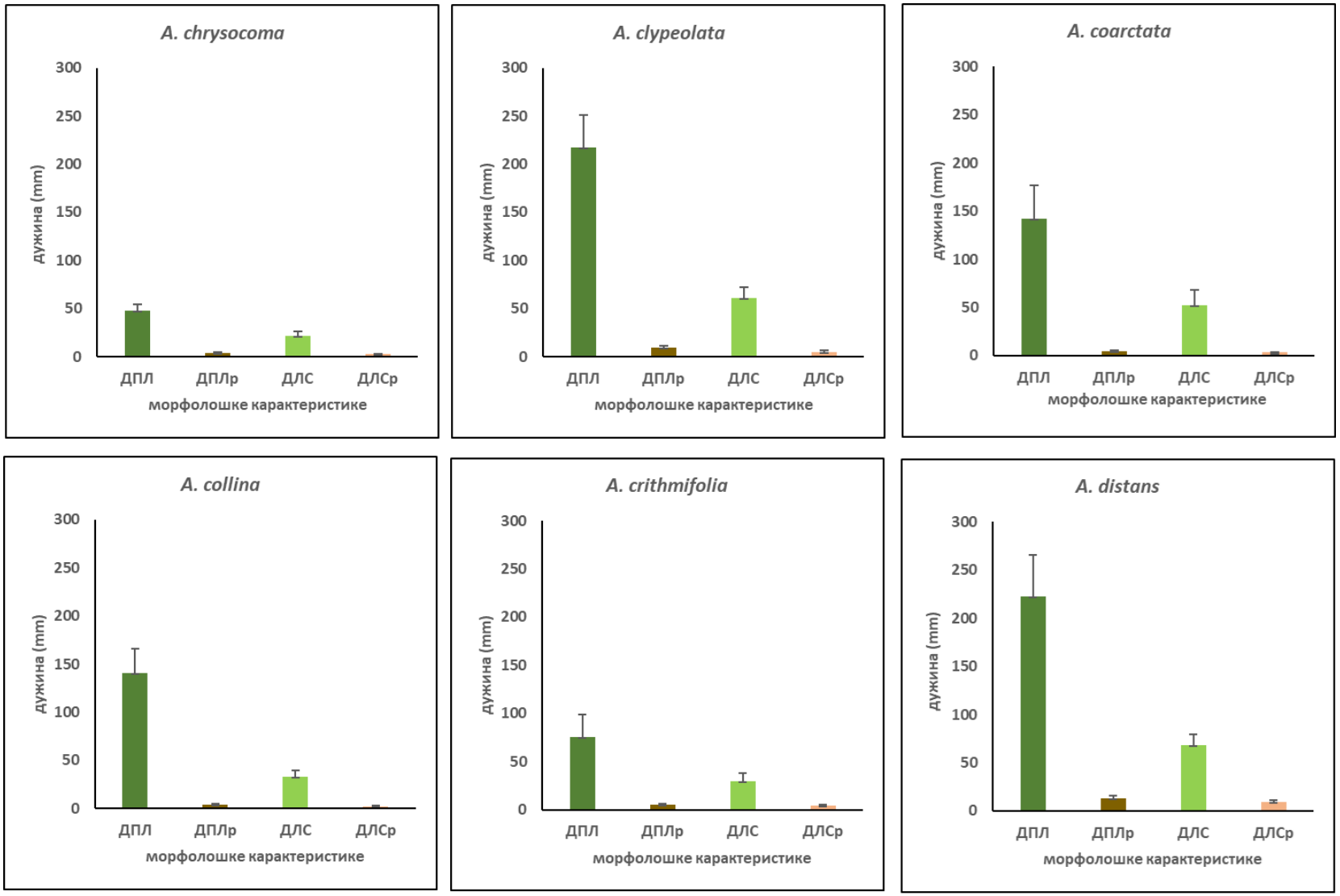
Литературни подаци о варијабилности морфолошких карактеристика код врста рода *Achillea* су релативно оскудни. Морфолошке особине као што су висина биљке, дужина, ширина и облик листова, облик и боја инволукрума, као и дужина и боја цветова углавном су коментарисани у општем смислу (Gajić, 1975; Saukel et al., 2003; Guo et al., 2004, 2006). У сагласности са нашим подацима, *Mottaghi* и сар. (2015) су објавили да су дужина инволукрума, дужина и ширина језичастог цвета биле најстабилније карактеристике, док су ширина листа, број главица и тежина семена биле најваријабилније каракатеристике шест иранских *Achillea* врста. Ипак, разлике у облицима листова између различитих таксона рода *Achillea* су стабилне и често се користе у таксономији као дијагностичке карактеристике (Sha et al., 2018).

Табела 5-1. Резултати дескриптивне статистике за испитиване квантитативне морфолошке карактеристике истраживаних *Achillea* врста.

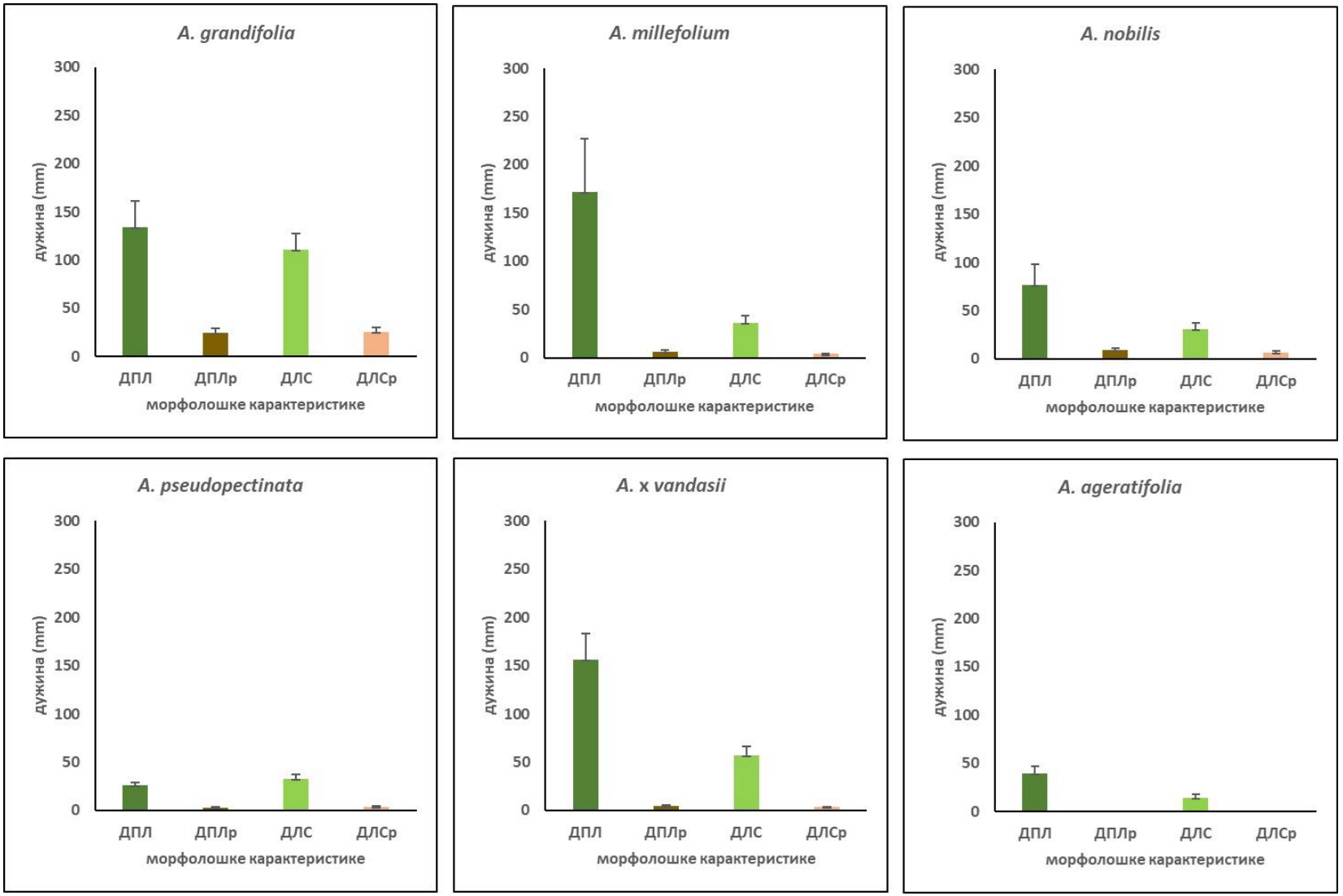
Врсте		Дужина приземног листа (ДПЛ)	Дужина режња приземног листа (ДПЛр)	Дужина листа стабла (ДЛС)	Дужина режња листа стабла (ДЛСр)	Дужина главице (ДГ)	Ширина главице (ШГ)	Дужина језичастог цвета (ДЈЦ)	Дужина цевастог цвета (ДЦЦ)	Дужина листића инволукрума (ДЛИ)
	Avg	47,7	3,7	21,8	2,8	4.2	3,1	5,7	4,2	4,9
	Min	37,2	2,5	16,0	2,2	3.6	2,3	4,5	3,6	4,1
A. chrysocoma	**Max**	61,7	4,7	29,2	3,6	4.9	3,7	6,4	4,7	5,6
	SD	6,3	0,6	3,9	0,4	0,4	0,4	0,7	0,3	0,4
	CV	13,2	16,4	18,1	14,4	10.1	12,6	11,7	7,2	9,0
	Avg	217,0	9,7	60,8	5,0	3.6	2,3	2,7	2,5	2,9
	Min	153,9	6,7	40,4	2,2	2.8	1,8	2,1	2,0	2,5
A. clypeolata	**Max**	288,6	12,9	87,9	9,1	4.4	2,8	3,6	3,1	3,3
	SD	33,8	1,4	11,7	1,9	0,4	0,2	0,5	0,3	0,2
	CV	15,6	14,6	19,2	37,1	12.6	10,0	16,8	12,6	6,3
	Avg	142,2	4,5	52,1	3,1	3.2	2,3	2,0	2,2	2,6
	Min	63,4	3,0	25,3	2,0	2.4	1,8	1,4	1,7	2,3
A. coarctata	**Max**	216,4	6,8	95,7	4,9	4.7	3,3	3,7	3,3	3,3
	SD	35,0	0,9	15,9	0,6	0,4	0,4	0,5	0,3	0,2
	CV	24,6	20,3	30,6	20,7	12.7	16,5	24,2	14,7	7,7
	Avg	140,4	4,3	33,0	2,4	3.3	1,8	3,4	2,6	3,8
	Min	103,4	3,2	21,3	1,8	2.8	1,6	2,8	2,2	3,3
A. collina	**Max**	172,8	5,4	45,7	3,7	3.7	2,1	3,6	2,9	4,3
	SD	25,4	0,6	6,2	0,5	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3
	CV	18,1	13,4	18,7	19,6	7.3	7,8	6,9	7,6	7,1
	Avg	75,7	5,3	29,7	3,9	2.9	1,8	3,4	2,6	3,3
	Min	34,6	2,9	14,5	2,1	1.6	1,2	2,8	2,1	2,5
A. crithmifolia	**Max**	122,5	7,5	48,7	6,4	3.2	2,2	4,4	3,0	4,3
	SD	23,1	1,2	8,5	1,2	0,3	0,2	0,4	0,2	0,4

	CV	30,5	22,7	28,7	30,3	11.5	11,8	11,1	7,5	13,0
	Avg	222,8	12,9	67,8	9,6	4.4	2,4	3,9	3,1	3,8
	Min	139,8	8,0	51,6	6,1	3.6	1,6	3,1	2,5	3,0
A. distans	**Max**	304,9	18,7	95,1	12,7	5,0	3,0	4,5	3,5	4,2
	SD	42,7	2,4	11,9	1,6	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3
	CV	19,2	18,5	17,5	17,0	8,5	11,5	8,0	7,9	7,0
	Avg	134,4	24,7	111,0	25,5	3,6	2,4	3,8	2,8	3,4
	Min	105,8	16,7	86,1	18,2	3,0	2,1	3,3	2,4	3,0
A. grandifolia	**Max**	191,3	30,1	138,2	33,7	4,5	2,8	4,5	3,1	3,8
	SD	27,2	4,2	16,2	4,3	0,4	0,2	0,4	0,2	0,2
	CV	20,2	17,2	14,6	16,8	10,9	9,3	9,3	6,8	7,3
	Avg	171,9	6,5	36,3	3,8	3,1	1,9	3,2	2,5	3,3
	Min	62,7	4,2	21,3	2,0	2,2	1,3	2,3	2,0	2,6
A. millefolium	**Max**	282,4	10,5	50,8	5,4	3,8	2,4	4,0	3,0	4,1
	SD	55,1	1,3	7,4	0,6	0,4	0,2	0,4	0,2	0,3
	CV	32,1	20,0	20,4	16,9	12,1	12,2	12,1	9,7	8,9
	Avg	76,9	8,9	30,7	6,3	2,2	1,7	1,9	1,8	2,1
	Min	39,0	4,8	18,9	3,7	1,8	1,3	1,3	1,3	1,8
A. nobilis	**Max**	130,2	12,9	42,6	10,4	3,3	2,3	2,6	2,3	2,4
	SD	21,3	2,1	6,2	1,6	0,3	0,3	0,4	0,3	0,1
	CV	27,7	23,6	20,3	25,8	15,4	16,1	19,0	16,3	6,3
	Avg	25,7	2,5	33,0	3,6	3,1	2,2	2,8	2,9	3,0
	Min	18,3	1,7	24,5	2,4	2,6	1,7	2,3	2,4	2,6
A. pseudopectinata	**Max**	34,9	4,0	42,3	5,0	3,7	2,7	3,2	3,5	3,4
	SD	3,5	0,6	4,4	0,7	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2
	CV	13,6	24,3	13,4	19,4	9,2	16,1	7,3	12,0	6,9
	Avg	156,6	4,5	56,6	3,3	3,1	2,3	2,3	2,5	2,9
	Min	124,1	3,0	37,4	2,6	2,6	1,8	1,8	2,3	2,4
A.* x *vandasii	**Max**	208,3	6,0	75,1	4,8	3,7	2,7	2,8	2,8	3,2
	SD	26,6	0,9	9,6	0,6	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2

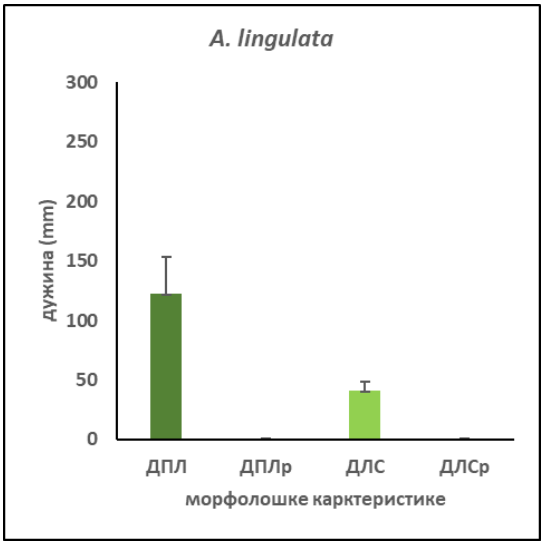
	CV	17,0	20,9	16,9	18,0	11,0	11,5	10,5	6,1	7,5
	Avg	39,3	0,3	14,4	0,2	5,5	5,2	8,8	3,7	4,2
	Min	22,9	0,2	9,7	0,0	4,3	3,8	7,3	2,9	2,8
A. ageratifolia	**Max**	54,8	0,4	24,1	0,4	6,6	6,6	10,2	4,5	5,6
	SD	7,5	0,1	3,3	0,1	0,7	0,7	0,8	0,3	0,7
	CV	19,2	23,0	22,9	32,5	13,1	13,3	9,3	8,4	16,0
	Avg	122,1	0,4	41,3	0,4	5,3	4,2	6,5	3,6	4,5
	Min	83,7	0,3	29,9	0,2	4,3	3,3	5,2	2,9	3,7
A. lingulata	**Max**	182,0	0,9	56,7	0,7	6,8	5,5	9,1	4,2	5,8
	SD	31,7	0,1	7,5	0,1	0,7	0,5	1,0	0,4	0,5
	CV	26,0	28,5	18,1	33,9	14,0	12,4	14,9	10,8	11,4



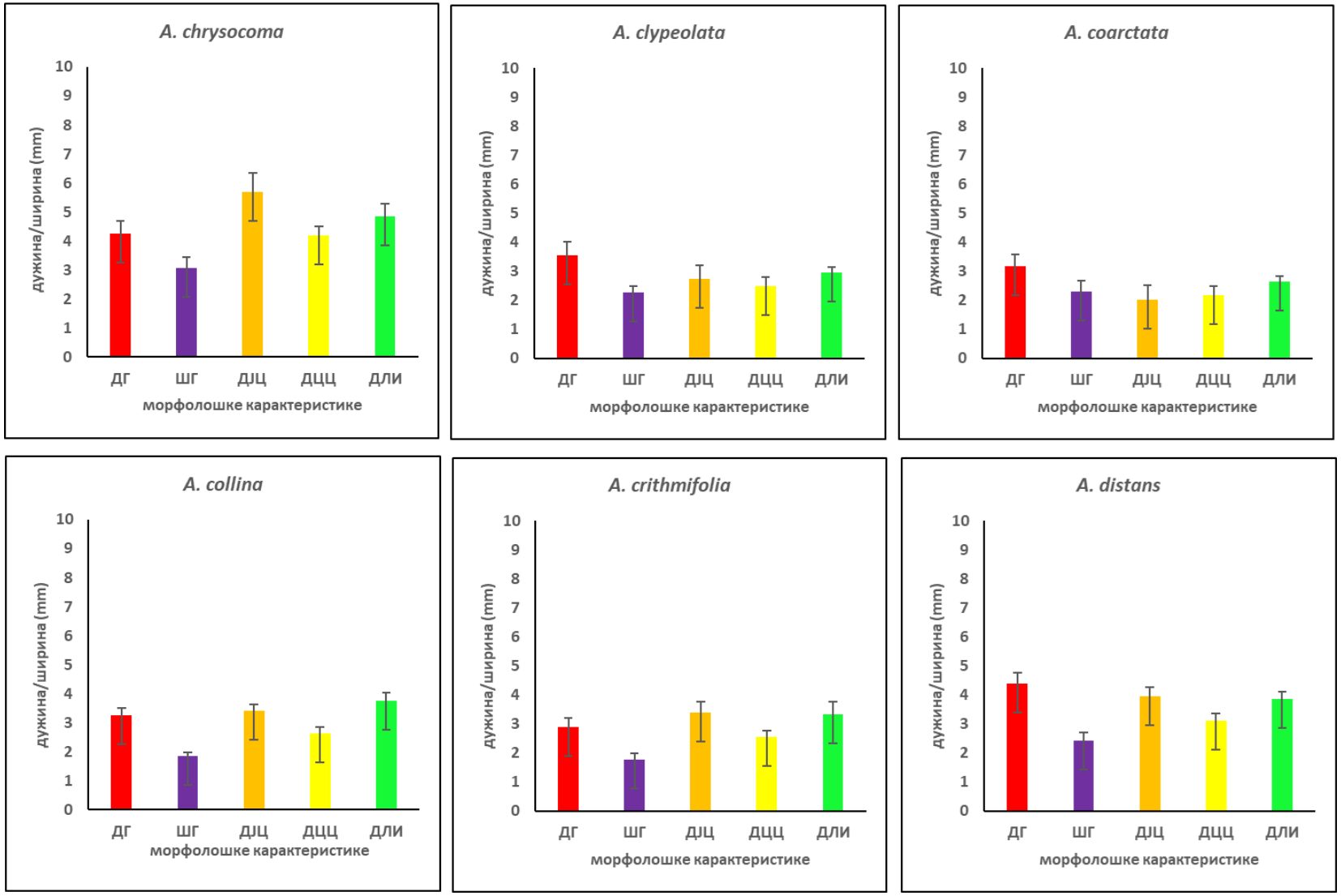
Слика 5-1. Средње вредности са стандардним девијацијама морфолошких карактеристика вегетативног региона *A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. coarctata*, *A. collina*, *A. crithmifolia* и *A. distans*.



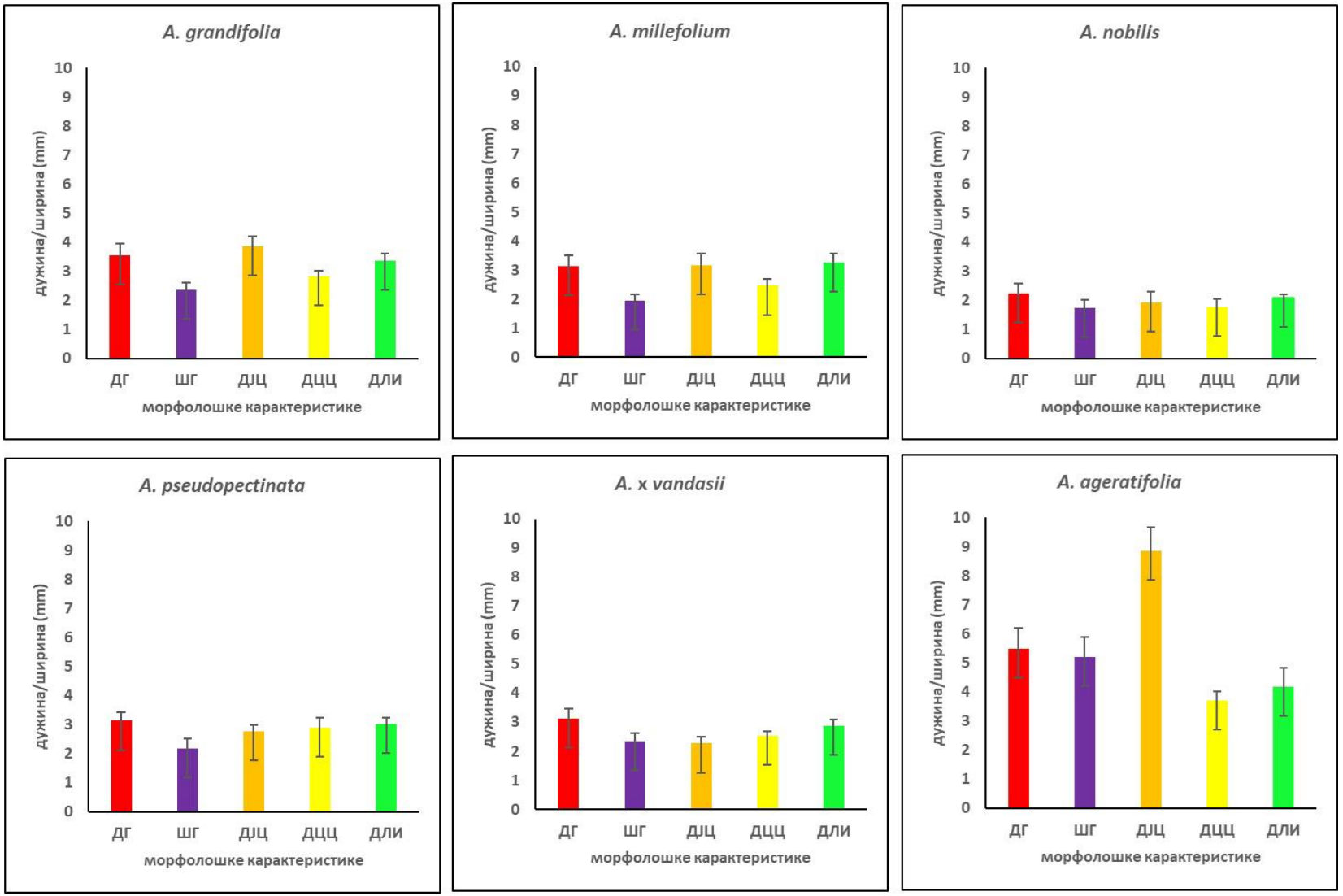
Слика 5-1а. Средње вредности са стандардним девијацијама морфолошких карактеристика вегетативног региона *A. grandifolia*, *A. millefolium*, *A. nobilis*, *A. pseudopectinata*, *A.* x *vandasii* и *A. ageratifolia*.



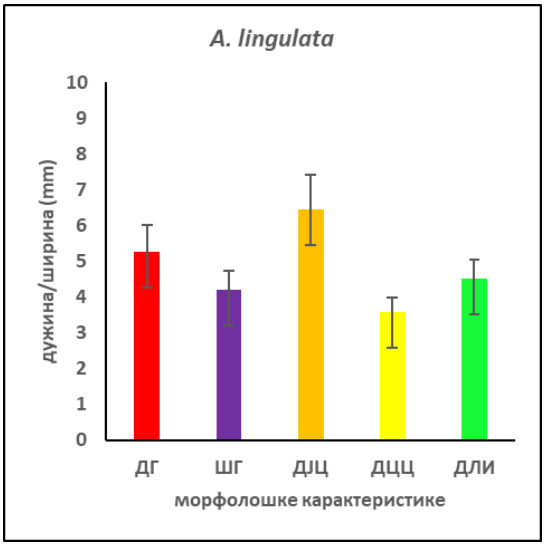
Слика 5-1б. Средње вредности са стандардним девијацијама морфолошких карактеристика вегетативног региона *A. lingulata*.



Слика 5-2. Средње вредности са стандардним девијацијама морфолошких карактеристика генеративног региона *A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. coarctata*, *A. collina*, *A. crithmifolia* и *A. distans*.



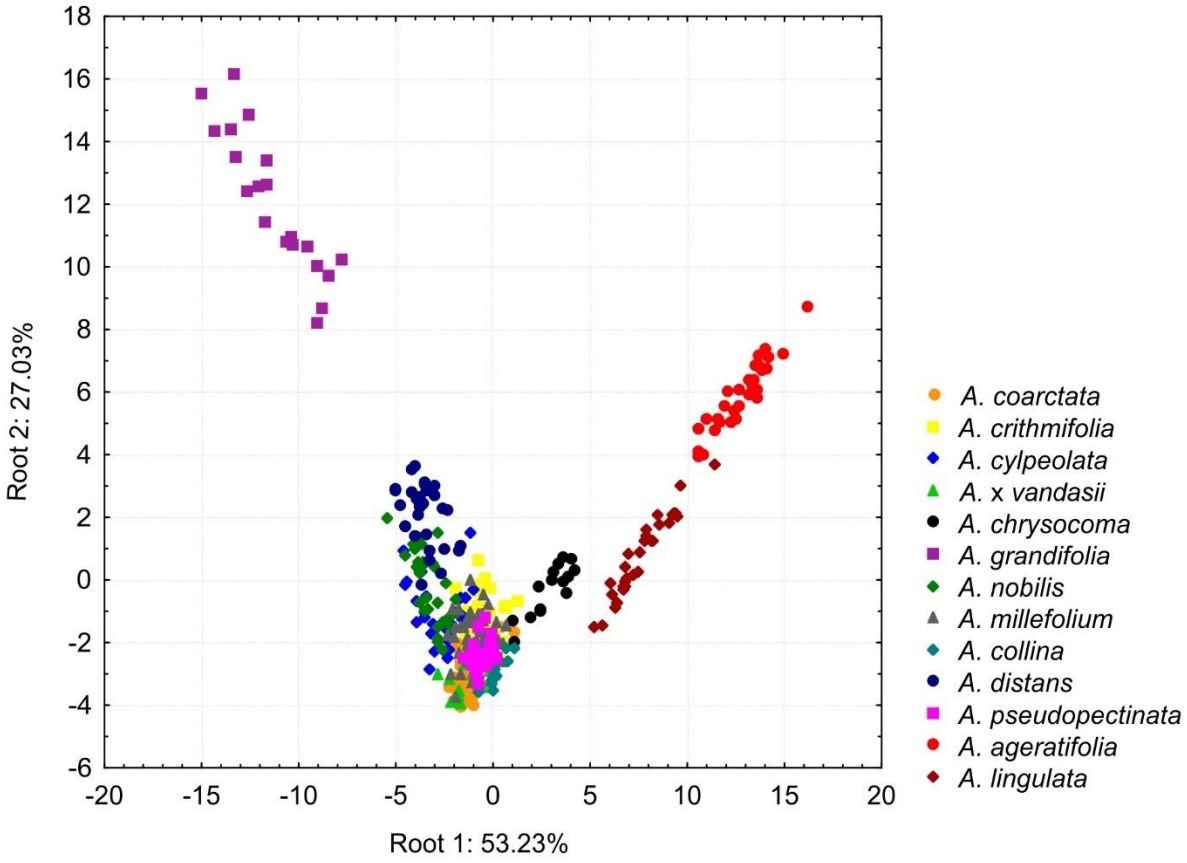
Слика 5-2а. Средње вредности са стандардним девијацијама морфолошких карактеристика генеративног региона *A. grandifolia*, *A. millefolium*, *A. nobilis*, *A. pseudopectinata*, *A.* x *vandasii* и *A. ageratifolia*.



Слика 5-2б. Средње вредности са стандардним девијацијама морфолошких карактеристика генеративног региона *A. lingulata*.

5.1.2. Мултиваријационе статистичке анализе (CDA и CA) морфолошких карактеристика испитиваних врста рода *Achillea*

Канонијска дискриминантна анализа заснована на девет морфолошких карактеристика 13 врста рода *Achillea* показала је да прве две канонијске осе (CAs, енгл. *Canonical Axes*) учествују у 80,26% укупне дискриминације, од чега је прва оса (CA1) чинила 53,23% (**слика 5-3**, **табела 5-2**). Добијени дијаграм расипања (енгл. *scatter plot*, **слика 5-3**) показао је тенденцију диференцијације врста из две испитиване секције дуж CA1 која је показала највећи проценат дискриминације. Наиме, позиција јединки већине врста из секције *Achillea sensu lato* била је у негативном делу прве канонијске осе, док су јединке испитиваних врста из секције *Anthemoideae* формирале групу у позитивном делу ове осе. Ипак, упркос позиционирању јединки врста из секције *Achillea sensu lato* у негативном делу прве осе, јасно се могу уочити две групе одвојене дуж друге канонијске осе. Прва група, са позитивним вредностима за CA2, укључила је само јединке *A. grandifolia*, док су јединке осталиих врста из ове секције формирале другу групу показујући углавном негативне вредности за CA2. Међутим, јединке једне врсте из секције *Achillea sensu lato*, тј. јединке *A. chrysocoma* биле су позициониране у позитивном делу CA1, приближавајући се секцији *Anthemoideae.* Карактеристика дужина језичастог цвета (ДЈЦ) имала је значајан утицај на обе канонијске осе, док је карактеристика дужина режња листа стабла (ДЛСр) значајно утицала само на CA2 (**табела 5-2**). Према томе, основне разлике између испитиваних секција могу се објаснити тиме што представнике секције *Achillea sensu lato* одликују значајно краћи језичасти цветови и дужи режњеви листа стабла у поређењу са представницима секције *Anthemoideae* (**табела 5-2**). Такође, *A. grandifolia* као врста код које су утврђени далеко најдужи режњеви листа стабла у оквиру секције *Achillea sensu lato* показала је значајан степен одвајања од свих осталих испитиваних врста из ове секције. Са друге стране, врста *A. chrysocoma*, код које су утврђени најдужи језичасти цветови у оквиру секције *Achillea sensu lato* (скоро као код *A. lingulata* из секције *Anthemoideae*), имала је средишњи положај између испитиваних секција на добијеном дијаграму расипања у CDA.

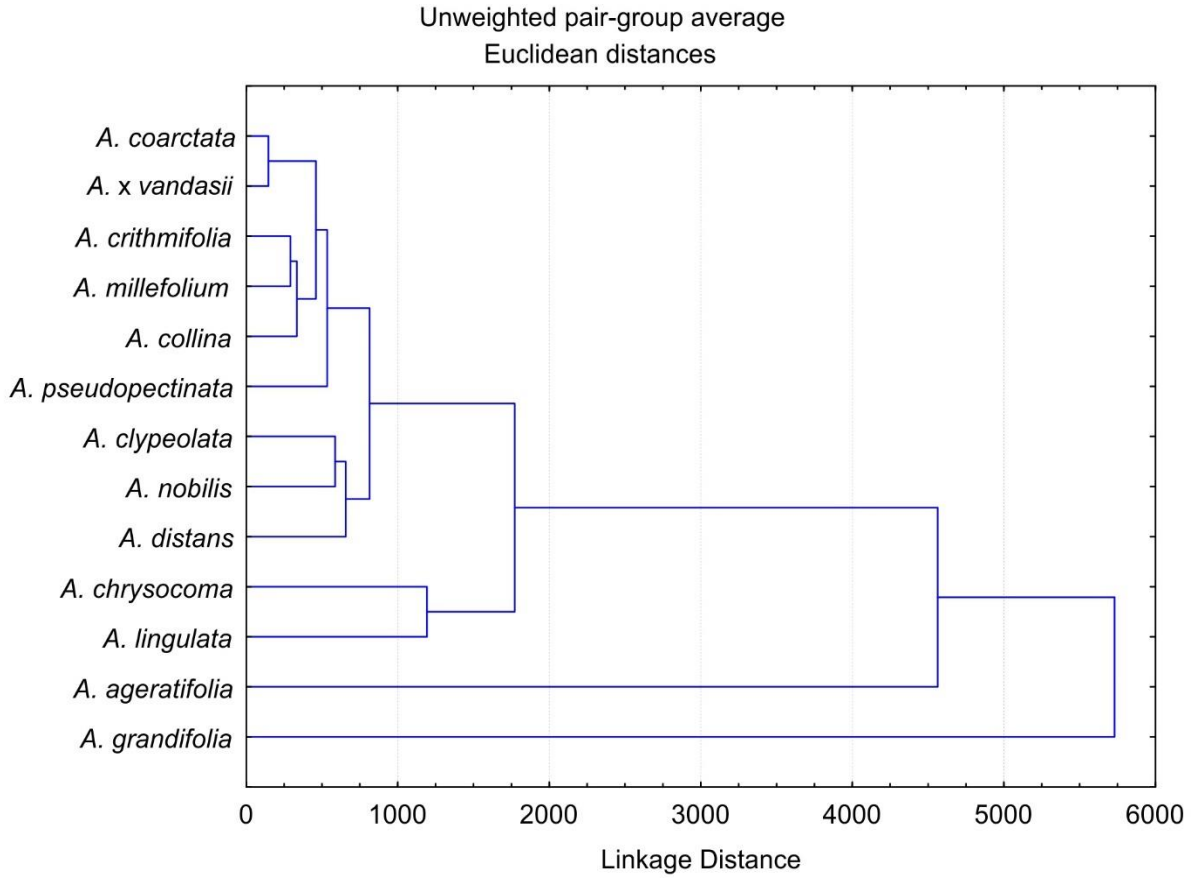


Слика 5-3. CDA на основу квантитативних морфолошких карактеристика испитиваних врста рода *Achillea*.

Табела 5-2. Стандардизовани коефицијенти за прве две канонијске осе (CA) квантитативних морфолошких карактеристика на основу CDA испитиваних врста рода *Achillea.* Значајни коефицијенти су болдирани.

Варијабле	**CA1**	**CA2**
ДПЛ	-0,004	-0,332
ДПЛр	-0,393	0,359
ДЛС	-0,074	0,068
ДЛСр	-0,410	**0,514**
ДГ	0,042	0,195
ШГ	0,354	0,175
ДЛЦ	**0,822**	**0,819**
ДЦЦ	-0,386	-0,406
ДЛИ	-0,058	-0,245
Eigen-вредност	28,038	14,236
Кумулативни % варијансе	0,532	0,803

Кластер анализа је указала на сличну диферецнијацију врста као CDA (**слика 5-4**). Конкретно, добијени феногрaм је показао диференцијацију испитиваних врста у четири главна кластера: 1) *A. grandifolia*; 2) *A. ageratifolia*; 3) *A. lingulata* и *A. chrysocoma* и 4) друге испитиване врсте.



Слика 5-4. Кластер анализа на основу квантитативних морфолошких карактеристика испитиваних врста рода *Achillea.*

Обе мултиваријационе анализе коришћене су у циљу утврђивања нивоа морфолошке дифенцијације испитиваних врста и секција рода *Achillea*. CDA је показала да карактеристике дужина језичастог цвета (ДЈЦ) и дужина режња листа стабла (ДЛСр) имају највећи утицај на диференцијацију две испитиване секције. Слично нашим резултатима, *Saukel* и *Länger* (1992) су утврдили да су карактеристике дужина језичастог цвета и дужина режња листа најзначајније карактеристике за морфолошку карактеризацију таксона у оквиру A. millefolium agg. из Средње Европе. Штавише, према *Rauchenteiner* и сар. (2002), најзначајније морфолошке карактеристике у детерминацији таксона A. millefolium agg из Средње Европе су ширина/дужина режња листа, ширина

рахиса листа, ширина/дужина инволукрума и ширина/дужина језичастог цвета. Детаљна морфолошка студија публикована од стране *Valant-Vetschera* и *Kästner* (2000) показала је да су одређене квантитативне морфолошке карактеристике листа и цвета веома корисне и у карактеризацији 22 таксона секције *Santolinoideae*. *Mottaghi* и сар. (2015) су такође указали на значај квантитативних морфолошких карактеристика листова (дужина и ширина), затим дужине цвасти, ширине инволукрума и ширине језичастог цвета у диференцијацији шест иранских врста рода *Achillea*. Са друге стране, *Azani* и сар. (2009) показали су да одређене квантитативне и квалитативне морфолошке карактеристике нису позиционирале иранске *Achillea* врсте у складу са инфрагенеричком класификацијом рода *Achillea*.

Добијени резултати ове студије указали су да већина испитиваних жутоцветних врста (*A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. coarctata* и *A. pseudopectinata*), које су раније припадале секцији *Filipendulinae*, веома блиске са осталим врстама из секције *Achillea sensu lato*, чији су цветови бели. Ово је у сагласности са резултатима молекуларних анализа које су потврдиле издвајање секције *Achillea sensu lato*, укључујући секцију *Filipendulinae* (Ehrendorfer & Guo, 2005). Такође, слично нашим резултатима, *Thornton-Wood* (1993) је на основу морфолошких каратеристика издвојио врсту *A. chrysocoma* од осталих врста традиционалне секције *Filipendulinae* у посебну групу.

5.2. Лако испарљиве (*HS*) компоненте

5.2.1. Варијабилност хемијског састава лако испарљивих (*HS*) компоненти цвета испитиваних врста рода *Achillea*

Резултати анализе *HS* испарљивих компоненти цвета 65 јединки из по једне популације свих 13 испитиваних *Achillea* врста показали су присуство 52 компоненте **(табеле 5-3**, **5-3а**, **5-3б**, **5-3в** и **5-3г**).

Генерално, на нивоу класа *HS* испарљивих компоненти, оксигеновани монтерпени су доминантно заступљени код узорака цвета чак дванаест испитиваних врста, варирајући у опсегу од око 50% (*A. collina* и *A. millefolium*) до преко 70% (*A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. coarctata*, *A. crithmifolia*, *A. distans*, *A. grandifolia*, *A. nobilis*, *A. pseudopectinata*, *A.* x *vandasii* и *A. ageratifolia*) (**слике 5-5**, **5-5а**, **5-5б** и **5-5в**; **табеле 5-3**, **5-3а**, **5-3б**, **5-3в** и **5-3г**). Са друге стране, просечан садржај испарљивијих монотерпенских угљоводоника био је нижи, осим код *A. lingulata* (71,1%), где су представљали најзаступљенију класу *HS* испарљивих компоненти цвета. Сесквитерпени су били присутни у веома малој количини или одсутни, осим у случају *HS* профила *A. millefolium* који се издвојио по високом просечном садржају незасићеног угљоводоника сантолинатриена (16,9%).

У погледу просечних садржаја појединачних *HS* испарљивих компоненти цвета, очигледну доминацију показали су 1,8-цинеол (*A. chrysocoma, A. clypeolata, A. coarctata, A. crithmifolia*, *A. distans*, *A.* x *vandasii*), β-пинен (*A. collina* и *A. lingulata*), камфор (*A. grandifolia* и *A. pseudopectinata*), хризантенон (*A. nobilis*) и *trans*-сабинил-ацетат (*A. ageratifolia*) (**слика 5-6**, **5-6а** и **5-6б**). Поред тога, *A. collina, A. distans* и *A. millefolium,* филогенетски сродне врсте из A. millefolium agg., показале су различиту заступљеност доминантних *HS* испарљивих компоненти. Наиме, прве две доминантне компоненте биле су β-пинен и 1,8-цинеол (41,9% и 34,4%, респ.) код *A. collina*; 1,8-цинеол и близак просечан садржај лавандулола и β-пинена (52,1%, 14,0% и 13,4%, респ.) код *A. distans*; 1,8-цинеол и близак просечан садржај сантолинатриена и борнеола (27,6%, 16,9% и 15,3%, респ.) код *A. millefolium.* Са друге стране, 1,8-цинеол (49,6% и 46,5%, респ.) и *cis*-тујон (43,7% и 20,7%, респ.) су по просечном садржају водеће *HS* компоненте врста *A. clypeolata* и *A. crithmifolia*. Даље, 1,8-цинеол и α-пинен (54,0% и 9,6%, респ.)

представљају доминантне компоненте код *A. chrysocoma*. Интересантно, осим код *A. coarctata* (94,2%), просечан садржај 1,8-цинеола код *A.* x *vandasii* је изузетно висок (88,9%). Иако је камфор (50,0% и 29,9%, респ.) била прва најзаступљенија *HS* компонента код *A. pseudopectinata* и *A. grandifolia*, разлика између њих постоји у погледу друге доминантне компоненте, где се 1,8-цинеол (36,6%) издвојио код *A. pseudopectinata*, а аскаридол (17,4%) код *A. grandifolia*. Занимљиво, *A. ageratifolia*, из секције *Anthemoideae*, је, поред очигледне доминације *trans*-сабинил-ацетата (63,5%), такође садржала камфор (8,8%) као другу доминантну компоненту. Међутим, *HS* профил *A. lingulata*, друге врсте из секције *Anthemoideae*, одликује доминација β-пинена, *cis*-тујона и сабинена (45,1%, 16,4% и 15,2% респ.) који су били потпуно одсутни или присутни у нижој концентрацији код *A. ageratifolia.*

Већина досадашњих истраживања хемијског састава *Achillea* врста углавном су базирана на анализи етарских уља изолованих хидродестилацијом из надземног дела биљке и/или различитих биљних органа. Међутим, неки аутори су такође проучавали хемијски састав лако испарљивих *HS* компоненти код одређених врста рода *Achillea*. У сагласности са нашим резултатима, 1,8-цинеол (35,6%-53,3%) и β-пинен (11,7%-28,2%) биле су најиспарљивије *HS* компоненте цвета *A. coarctata,* док су 1,8-цинеол (18,4%) и *cis*-кадин-4-ен-7-ол (8,8%) доминирале у етарском уљу цвета ове врсте (Kostevski et al., 2015, 2016). Са друге стране, етарско уље цвета исте врсте, пореклом из Грчке, одликовала је такође доминација 1,8-цинеола (26,9%), али и камфора (22,1%) (Tzakou et al., 2009). *Stojanović* и сар. (2014) указали су на доминацију *cis*-тујона (48,5%), β-пинена (18,4%), α-пинена (7,9%) и 1,8-цинеола (7,5%) у *HS* фракцији хербе *A. crithmifolia*. За поједине испитиване врсте рода *Achillea* у овој докторској дисертацији до сада су објављени подаци једино о хемијском саставу етарских уља из надземног дела биљке. Према литературним подацима, етарско уље цвета, најчешће проучаване врсте рода *Achillea*, *A. millefolium*, садржи следеће главне компоненте: сабинен (23,9%-38,9%), камфор (0,6%-17,6%), артемизија-кетон (6,1%-12,9%), борнеол (6,7%-10,6%), хамазулен (2,1%-9,3%), α-пинен (5,4%-9,1%), гермакрен D (1,1%-7,2%) и камфен (1,6%-5,1%) (Verma et al., 2017). Поред тога, главне компоненте у етарском уљу цвета *A. collina* биле су хамазулен (20,8%-38,9%), *Z*-тујон (син. *cis*-тујон) (16,1%), борнеол (12,7%-15,5%), гермакрен D (12,9%), β-кариофилен (11,5%), β-пинен (10,7%), лавандулил-ацетат (11,1%), и 1,8-цинеол (9,8%) (Konakchiev et al., 2006; Jianu et al., 2015). Поређењем добијених резултата са литературним подацима, можемо приметити да хемијски састав

HS фракција цвета је донекле у складу са саставом етарских уља али постоје и разлике у хемијском саставу терпена. Ове разлике могу се пре свега објаснити различитим методама изоловања. Такође, значајно већи садржај монтерпена у *HS* фракцијама у односу на етарска уља је очекиван, будући да су монотерпени њихове најиспарљивије компоненте, док су сесквитерпени, који имају дуже време задржавања, детектовани у мањим количинама или потпуно одсутни у испитиваним *HS* узорцима.

Према добијеним резултатима дескриптивне статистике, већина компоненти налазила се у оквиру високог (50<CV%<100) и јако високог степена варијабилности (CV%>100). Ипак, неке компоненте су се издвојиле као ниско варијабилне (CV<10%): 1,8-цинеол код *A. coarctata*, *A. collina* и *A.* x *vandasii*; α-пинен код *A. collina* и *A. nobilis*; камфор код *A. collina* и *A. pseudopectinata*; хризантенон код *A. nobilis*; камфен, сабинен, β-пинен, *o*-цимен и борнеол код *A. collina* (**табеле 5-3**, **5-3а**, **5-3б**, **5-3в** и **5-3г**). У оквиру умереног степена варијабилности (10<CV%<50) налазили су се 1,8-цинеол код шест врста (*A. chrysocoma*, *A. crithmifolia*, *A. distans*, *A. millefolium, A. pseudopectinata* и *A. ageratifolia*); β-пинен код четири врсте (*A. chrysocoma*, *A. distans*, *A. nobilis* и *A.* x *vandasii*); камфен код *A. coarctata* и *A. pseudopectinata*; сабинен код *A. chrysocoma* и *A. millefolium*; α-пинен код *A. distans* и *A. millefolium* и терпинен-4-ол код *A. nobilis* и *A. pseudopectinata*. Умереним степеном варијабилности одликовали су се још α-терпинеол и *trans*-хризантенил-ацетат код *A. collina*; α-терпинен, *p*-цимен и аскаридол код *A. grandifolia*; филифолон, *cis*-хризантенол и *cis*-хризантенил-ацетат код *A. nobilis*; Најниже вредности овог коефицијента утврђене су за 1,8-цинеол који се може сматрати најстабилнијом *HS* компонентом цвета код чак три испитиване *Achillea* врсте (3,5% - *A.* x *vandasii*, 3,8% - *A. coarctata*, 4,4% - *A. collina*).

Табела 5-3. Резултати дескриптивне статистике за *HS* испарљиве компоненте цвета *A. chrysocoma*, *A. clypeolata* и *A. coarctata*.

				A. chrysocoma					***A. clypeolata***					***A. coarctata***				
Р. бр.	**Компоненте**	**RI[1]**	**LI[2]**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**
1.	сантолинатриен	905	906	**-**					**-**					**-**				
2.	трициклен	915	921	**-**					**-**					**-**				
3.	α-тујен	920	924	4,4	0,0	14,7	6,6	149,1	-					-				
4.	α-пинен	932	932	9,6	4,1	19,7	6,6	68,7	-					-				
5.	камфен	946	946	0,7	0,0	1,7	0,7	104,6	-					1,2	0,9	1,7	0,3	26,8
6.	сабинен	971	969	7,4	5,4	9,0	1,4	19,2	-					-				
7.	β-пинен	975	974	9,8	2,1	14,4	4,9	49,7	-					2,8	1,0	6,3	2,3	80,0
8.	мирцен	988	988	-					-					-				
9.	2-карен	996	998[2a]	-					-					-				
10.	α-терпинен	1015	1014	1,2	0,0	2,9	1,1	91,5	-					-				
11.	*p*-цимен	1016	1020	0,2	0,0	0,8	0,4	149,1	-					-				
12	*o*-цимен	1022	1022	0,2	0,0	0,6	0,3	149,1	1,1	0,0	3,6	1,6	149,1	-				
13.	лимонен	1026	1024	0,8	0,0	2,5	1,1	149,1	-					-				
14.	β-феландрен	1027	1025	0,9	0,0	1,9	0,7	75,5	-					-				
15.	**1,8-цинеол**	**1029**	**1026**	**54,0**	**38,2**	**64,9**	**10,9**	**20,1**	**49,6**	**21,0**	**96,4**	**31,3**	**63,1**	**94,2**	**88,7**	**97,3**	**3,6**	**3,8**
16.	γ-терпинен	1057	1054	0,5	0,0	1,6	0,7	149,1	-					-				
17.	*cis*-сабинен-хидрат	1065	1065	0,1	0,0	0,4	0,2	149,1	-					-				
18.	терпинолен	1086	1086	-					-					-				
19.	линалол	1096	1095	-					-					-				
20.	*trans*-сабинен-хидрат	1096	1098	-					-					-				
21.	филифолон	1102	1106[2a]	-					-					-				
22.	неидентификовано*	1107		-					-					1,2	0,0	4,1	1,8	149,1
23.	***cis*-тујон**	**1108**	**1101**	-					**43,7**	**0,0**	**69,5**	**29,0**	**66,4**	-				
24.	*cis-p*-мент-2-ен-1-ол	1113	1117[2a]	3,0	0,7	5,9	2,1	68,7	-					-				
25.	*trans*-тујон	1116	1112	-					5,3	0,0	9,6	3,8	71,6	-				
26.	хризантенон	1127	1124	-					-					-				
27.	*trans-p*-мент-2-ен-1-ол	1131	1135[2a]	2,1	0,6	4,1	1,4	67,5	-					-				
28.	*trans*-сабинол	1138	1137	-					-					-				
29.	камфор	1144	1141	1,2	0,0	2,1	0,8	65,6	0,3	0,0	0,7	0,3	104,6	0,6	0,0	1,4	0,6	104,6
30.	албен	1157	1152[2a]	-					-					-				
31.	лавандулол	1158	1165	-					-					-				

32.	*cis*-хризантенол	1160	1160	-					-					-						
33.	пинокарвон	1162	1160	-					-					-						
34.	борнеол	1165	1165	-					-					-						
35.	терпинен 4-ол	1168	1174	0,5	0,0	1,7	0,8	149,1	-					-						
36.	α-терпинеол	1189	1186	0,5	0,0	0,8	0,3	68,1	-					-						
37.	миртенал	1195	1195	-					-					-						
38.	γ-терпинеол	1199	1199	3,0	0,0	5,7	52,1	71,0	-					-						
39.	*trans*-карвеол	1208	1215	-					-					-						
40.	*trans*-хризантенил-ацетат	1230	1235	-					-					-						
41.	аскаридол	1232	1234	-					-					-						
42.	*cis*-хризантенил-ацетат	1260	1261	-					-					-						
43.	изоборнил-ацетат	1277	1283	-					-					-						
44.	лавандулил-ацетат	1280	1288	-					-					-						
45.	*trans*-сабинил-ацетат	1284	1289	-					-					-						
46.	борнил-ацетат	1285	1287	-					-					-						
47.	неидентификовано*	1359		-					-					-						
48.	2-етилиден-6-метил-3,5-хептадиенал	1392	1395[2a]	-					-					-						
49.	(*E*)-кариофилен	1422	1471	-					-					-						
50.	α-хумулен	1456	1452	-					-					-						
51.	гермакрен D	1483	1480	-					-					-						
52.	кариофилен-оксид	1576	1582	-					-					-						
	Укупно			100,1	100,0	100,2	0,1	0,1	100,0	100,0	100,0	0,0	0,0	100,0	100,0	100,0	0,0	0,0		
	Монотерпенски угловодоници (МУ)			35,7	21,0	58,6	15,5	43,3	1,1	0,0	3,6	1,6	149,1	4,1	2,7	7,2	2,0	49,7		
	Оксигеновани монотерпени (ОМ)			64,4	41,6	79,2	15,4	24,0	98,9	96,4	100,0	1,6	1,6	94,7	88,7	97,3	3,8	4,1		
	Сесквитерпенски угљоводоници (СУ)			-					-					-						
	Оксигеновани сесквитерпени (ОС)			-					-					-						
	Остало (О)			-					-					-						
	Неидентификовано			-					-					1,2	0,0	4,1	1,8	149,1		

[1]RI: експериментални линеарни ретенциони индекси у односу на *n*-алкане C_8-C_{40}. [2]LI: литературни индекси - Адамсови ретенциони индекси (Adams, 2007) и [2a] - складу са NIST базом података. *неидентификована компонента. Компоненте које нису детектоване су означене као (-). Компоненте заступљене у просечној концентрацији ≥10% су болдиране

Табела 5-3а. Резултати дескриптивне статистике за *HS* испарљиве компоненте цвета *A. collina*, *A. crithmifolia* и *A. distans*.

				A. collina					***A. crithmifolia***					***A. distans***				
Р. бр.	**Компоненте**	**RI[1]**	**LI[2]**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**
1.	сантолинатриен	905	906	**-**					**-**					**-**				
2.	трициклен	915	921	**-**					**-**					**-**				
3.	α-тујен	920	924	-					-					0,2	0,0	0,6	0,3	149,1
4.	α-пинен	932	932	1,7	1,6	1,8	0,1	3,0	4,7	0,0	12,2	5,1	107,8	1,7	1,3	2,2	0,3	20,0
5.	камфен	946	946	3,9	3,8	4,0	0,1	1,8	2,2	0,0	4,7	1,8	82,7	0,6	0,0	2,1	0,9	149,1
6.	сабинен	971	969	1,6	1,5	1,7	0,1	5,9	3,4	1,2	7,1	2,4	72,0	7,3	0,9	12,5	4,6	63,1
7.	**β-пинен**	**975**	**974**	**41,9**	**37,2**	**44,2**	**3,1**	**7,3**	1,0	0,0	1,7	0,6	64,7	**13,4**	**3,7**	**20,4**	**6,3**	**47,0**
8.	мирцен	988	988	**-**					-					**-**				
9.	2-карен	996	998[2a]	**-**					-					**-**				
10.	α-терпинен	1015	1014	-					1,6	0,0	4,0	1,7	104,6	-				
11.	*p*-цимен	1016	1020	-					-					0,1	0,0	0,4	0,2	149,1
12.	*o*-цимен	1022	1022	0,5	0,5	0,5	0,0	3,3	1,5	0,0	2,8	1,0	67,6	-				
13.	лимонен	1026	1024	-					-					-				
14.	β-феландрен	1027	1025	-					-					-				
15.	**1,8-цинеол**	**1029**	**1026**	**34,4**	**33,0**	**36,8**	**1,5**	**4,4**	**46,5**	**17,5**	**59,2**	**18,5**	**39,8**	**52,1**	**24,2**	**70,9**	**19,1**	**36,6**
16.	γ-терпинен	1057	1054	-					1,7	0,0	4,2	1,8	104,6	-				
17.	*cis*-сабинен-хидрат	1065	1065	-					1,6	0,0	3,2	1,2	74,0	-				
18.	терпинолен	1086	1086	-					0,3	0,0	0,8	0,3	104,6	-				
19.	линалол	1096	1095	-					1,0	0,0	2,4	1,0	104,6	1,3	0,0	3,3	1,4	104,6
20.	*trans*-сабинен-хидрат	1096	1098	-					0,3	0,0	1,0	0,4	149,1	-				
21.	филифолон	1102	1106[2a]	-					-					-				
22.	неидентификовано*	1107		-					-					3,0	0,0	10,0	4,5	149,1
23.	***cis*-тујон**	**1108**	**1101**	-					**20,7**	**0,0**	**69,2**	**30,9**	**149,1**	-				
24.	*cis-p*-мент-2-ен-1-ол	1113	1117[2a]	-					**-**					-				
25.	*trans*-тујон	1116	1112	-					1,5	0,0	4,8	2,2	149,1	-				
26.	хризантенон	1127	1124	-					0,7	0,0	1,5	0,5	78,3	-				
27.	*trans-p*-мент-2-ен-1-ол	1131	1135[2a]	-					-					-				
28.	*trans*-сабинол	1138	1137															
29.	**камфор**	**1144**	**1141**	**12,4**	**11,4**	**13,1**	**0,7**	**5,7**	1,9	0,0	6,4	2,9	149,1	0,8	0,0	1,5	0,6	77,1
30.	албен	1157	1152[2a]	**-**					-					-				
31.	**лавандулол**	**1158**	**1165**	-					-					**14,0**	**0,0**	**42,2**	**18,3**	**130,7**
32.	*cis*-хризантенол	1160	1160	0,1	0,0	0,4	0,2	149,1	4,0	0,0	13,4	6,0	149,1	0,2	0,0	0,5	0,2	149,1

33.	пинокарвон	1162	1160	-					-					-					
34.	борнеол	1165	1165	1,9	1,8	2,0	0,1	4,3	3,1	0,0	7,2	2,9	94,5	-					
35.	терпинен 4-ол	1168	1174	-					2,0	0,0	4,1	1,5	77,4	-					
36.	α-терпинеол	1189	1186	-					0,3	0,0	0,8	0,3	104,6	0,9	0,0	1,9	0,7	75,5	
37.	миртенал	1195	1195	0,2	0,0	0,6	0,3	149,1	-					-					
38.	γ-терпинеол	1199	1199	-					-					-					
39.	*trans*-карвеол	1208	1215	0,6	0,5	0,8	0,1	24,7	-					-					
40.	*trans*-хризантенил-ацетат	1230	1235	0,7	0,6	1,0	0,2	23,0	-					0,5	0,0	1,5	0,7	149,1	
41.	аскаридол	1232	1234	-					-					-					
42.	*cis*-хризантенил-ацетат	1260	1261	-					-					-					
43.	изоборнил-ацетат	1277	1283	-					-					-					
44.	лавандулил-ацетат	1280	1288	-					-					2,3	0,0	7,8	3,5	149,1	
45.	*trans*-сабинил-ацетат	1284	1289	-					-					-					
46.	борнил-ацетат	1285	1287	-					-					-					
47.	неидентификовано*	1359		-					-					-					
48.	2-етилиден-6-метил-3,5-хептадиенал	1392	1395[2a]	-					-					-					
49.	(*E*)-кариофилен	1422	1471	-					-					0,7	0,0	1,0	0,4	65,0	
50.	α-хумулен	1456	1452	-					-					-					
51.	гермакрен D	1483	1480	-					-					-					
52.	кариофилен-оксид	1576	1582	-					-					0,8	0,0	2,6	1,2	149,1	
	Укупно			99,9	99,5	100,0	0,2	0,2	100,0	100,0	100,0	0,0	0,0	99,9	99,5	100,1	0,3	0,3	
	Монотерпенски угловодоници (МУ)			49,6	44,8	51,7	3,1	6,2	16,4	7,1	23,1	6,1	36,9	23,4	17,7	30,9	5,3	22,5	
	Оксигеновани монотерпени (ОМ)			50,3	48,3	54,7	2,8	5,6	83,6	77,0	93,0	6,0	7,2	72,1	68,3	76,8	3,2	4,4	
	Сесквитерпенски угљоводоници (СУ)			-					-					0,7	0,0	1,0	0,4	65,0	
	Оксигеновани сесквитерпени (ОС)			-					-					0,8	0,0	2,6	1,2	149,1	
	Остало (О)			-					-					-					
	Неидентификовано			-					-					3,0	0,0	10,0	4,5	149,1	

[1]RI: експериментални линеарни ретенциони индекси у односу на *n*-алкане C_8-C_{40}. [2]LI: литературни индекси - Адамсови ретенциони индекси (Adams, 2007) и [2a] - складу са NIST базом података. *неидентификована компонента. Компоненте које нису детектоване су означене као (-). Компоненте заступљене у просечној концентрацији ≥10% су болдиране.

Табела 5-3б. Резултати дескриптивне статистике за *HS* испарљиве компоненте цвета *A. grandifolia*, *A. millefolium* и *A. nobilis*.

				A. grandifolia					***A. millefolium***					***A. nobilis***				
Р. бр.	**Компоненте**	**RI[1]**	**LI[2]**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**
1.	**сантолинатриен**	905	906	**-**					**16,9**	**0,0**	**24,7**	**10,9**	**64,3**	**-**				
2.	трициклен	915	921	0,2	0,0	0,5	0,2	149,1	**-**					**-**				
3.	α-тујен	920	924	-					-					-				
4.	**α-пинен**	**932**	**932**	2,5	0,7	4,5	1,5	60,8	9,7	7,7	12,9	2,2	22,4	**10,5**	**9,2**	**11,4**	**0,9**	**8,6**
5.	камфен	946	946	7,9	0,0	15,4	6,1	77,5	2,1	0,0	3,1	1,3	63,1	-				
6.	сабинен	971	969	0,4	0,0	1,2	0,5	149,1	1,4	0,8	2,0	0,4	32,7	0,3	0,0	1,1	0,5	149,1
7.	**β-пинен**	975	974	0,2	0,0	0,6	0,3	149,1	**13,7**	**2,1**	**39,1**	**16,3**	**119,1**	6,5	5,3	7,7	0,9	14,4
8.	мирцен	988	988	-					0,3	0,0	0,4	0,2	63,7	-				
9.	2-карен	996	998[2a]	-					0,1	0,0	0,3	0,1	149,1	-				
10.	α-терпинен	1015	1014	4,2	2,6	6,0	1,3	30,8	0,2	0,0	0,6	0,2	149,1	0,4	0,0	1,2	0,5	149,1
11.	***p*-цимен**	**1016**	**1020**	**11,8**	**10,4**	**14,1**	**1,5**	**12,4**	-					0,9	0,0	2,9	1,3	149,1
12.	*o*-цимен	1022	1022	-					-					0,9	0,0	1,5	0,6	63,5
13.	лимонен	1026	1024	1,0	0,0	2,0	0,8	82,5	1,2	0,0	2,0	0,8	64,4	-				
14.	β-феландрен	1027	1025	-					-					-				
15.	**1,8-цинеол**	**1029**	**1026**	**12,7**	**3,6**	**27,5**	**9,9**	**78,1**	**27,6**	**18,2**	**44,9**	**10,9**	**39,4**	0,2	0,0	0,8	0,4	149,1
16.	γ-терпинен	1057	1054	-					0,4	0,0	1,3	0,6	149,1	0,9	0,0	1,8	0,7	79,8
17.	*cis*-сабинен-хидрат	1065	1065	0,1	0,0	0,4	0,2	149,1	-					1,0	0,0	2,5	1,0	104,6
18.	терпинолен	1086	1086															
19.	линалол	1096	1095	0,2	0,0	0,5	0,2	149,1	-					-				
20.	*trans*-сабинен-хидрат	1096	1098	-					-					-				
21.	филифолон	1102	1106[2a]	-					-					1,5	1,0	2,0	0,4	25,9
22.	неидентификовано*	1107		-					-					-				
23.	*cis*-тујон	1108	1101	7,8	0,0	26,1	11,7	149,1	-					-				
24.	*cis-p*-мент-2-ен-1-ол	1113	1117[2a]	0,1	0,0	0,3	0,1	149,1	-					-				
25.	*trans*-тујон	1116	1112	1,5	0,0	5,0	2,2	149,1	-					-				
26.	**хризантенон**	**1127**	**1124**	-					-					**65,9**	**61,5**	**73,8**	**5,0**	**7,6**
27.	*trans-p*-мент-2-ен-1-ол	1131	1135[2a]	-					-					**-**				
28.	*trans*-сабинол	1138	1137	-					-					0,7	0,0	1,1	0,4	63,1
29.	**камфор**	**1144**	**1141**	**29,9**	**1,1**	**44,9**	**18,8**	**62,7**	0,6	0,0	1,2	0,5	73,1	-				
30.	албен	1157	1152[2a]	-					1,5	0,0	2,4	1,0	67,7	-				
31.	лавандулол	1158	1165	-					-					-				

32.	*cis*-хризантенол	1160	1160	-					-					4,2	2,9	5,9	1,2	28,9
33.	пинокарвон	1162	1160	-					0,1	0,0	0,5	0,2	149,1	0,2	0,0	0,8	0,4	149,1
34.	**борнеол**	**1165**	**1165**	1,4	0,0	4,0	1,7	121,5	**15,3**	**0,0**	**25,3**	**10,4**	**68,0**	0,3	0,0	0,7	0,3	104,6
35.	терпинен 4-ол	1168	1174	-					0,1	0,0	0,3	0,1	104,6	1,8	1,4	2,4	0,4	22,0
36.	α-терпинеол	1189	1186	-					0,4	0,0	0,6	0,3	64,4	-				
37.	миртенал	1195	1195	-					-					-				
38.	γ-терпинеол	1199	1199															
39.	*trans*-карвеол	1208	1215	-					-					-				
40.	*trans*-хризантенил-ацетат	1230	1235	-					1,5	0,0	2,5	1,0	68,2	-				
41.	**аскаридол**	**1232**	**1234**	**17,4**	**9,7**	**21,9**	**4,8**	**27,9**	-					-				
42.	*cis*-хризантенил-ацетат	1260	1261	-										2,6	1,8	3,7	0,8	29,8
43.	изоборнил-ацетат	1277	1283	0,6	0,0	0,9	0,4	65,2	-					-				
44.	лавандулил-ацетат	1280	1288	-					-					-				
45.	*trans*-сабинил-ацетат	1284	1289	-					-					-				
46.	борнил-ацетат	1285	1287	-					-					-				
47.	неидентификовано*	1359		-					2,1	0,0	3,4	1,3	63,3	-				
48.	2-етилиден-6-метил-3,5-хептадиенал	1392	1395[2a]	-					-					0,7	0,0	1,3	0,5	70,3
49.	(*E*)-кариофилен	1422	1471	-					3,7	0,0	8,2	3,2	86,1	-				
50.	α-хумулен	1456	1452	-					0,1	0,0	0,4	0,2	104,6	-				
51.	гермакрен D	1483	1480	-					0,2	0,0	0,5	0,2	104,6	-				
52.	кариофилен-оксид	1576	1582	-					-					-				
	Укупно			99,6	99,1	100,2	0,4	0,4	99,0	98,3	100,0	0,7	0,7	99,6	98,8	100,0	0,5	0,5
	Монотерпенски угљоводоници (МУ)			28,0	19,2	37,1	7,1	25,3	28,9	15,6	54,6	16,8	58,1	20,4	15,6	26,1	4,2	20,4
	Оксигеновани монотерпени (ОМ)			71,7	63,1	79,9	6,6	9,3	45,7	41,3	51,7	3,9	8,6	78,5	72,7	83,1	4,2	5,3
	Сесквитерпенски угљоводоници (СУ)			-					5,5	0,0	10,9	4,0	73,6	-				
	Оксигеновани сесквитерпени (ОС)			-					-					-				
	Остало (О)			-					16,9	0,0	24,7	10,9	64,3	0,7	0,0	1,3	0,5	70,3
	Неидентификовано			-					2,1	0,0	3,4	1,3	63,3	-				

[1]RI: експериментални линеарни ретенциони индекси у односу на *n*-алкане C_8-C_{40}. [2]LI: литературни индекси - Адамсови ретенциони индекси (Adams, 2007) и [2a] - складу са NIST базом података. *неидентификована компонента. Компоненте које нису детектоване су означене као (-). Компоненте заступљене у просечној концентрацији ≥10% су болдиране.

Табела 5-3в. Резултати дескриптивне статистике за *HS* испарљиве компоненте цвета *A. pseudopectinata*, *A.* x *vandasii* и *A. ageratifolia*.

				A. pseudopectinata					***A.* x *vandasii***					***A. ageratifolia***				
Р. бр.	**Компоненте**	**RI[1]**	**LI[2]**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**
1.	сантолинатриен	905	906	0,6	0,0	2,1	0,9	149,1	-					3,2	0,0	10,5	4,7	149,1
2.	трициклен	915	921	-					-					-				
3.	α-тујен	920	924	-					-					-				
4.	α-пинен	932	932	1,0	0,0	2,4	1,0	104,6	-					1,8	0,0	6,0	2,7	149,1
5.	камфен	946	946	5,2	3,3	6,3	1,2	22,8	1,0	0,0	2,1	0,8	80,6	2,6	0,0	8,7	3,9	149,1
6.	сабинен	971	969	-					-					2,5	0,0	4,1	1,6	63,4
7.	β-пинен	975	974	0,6	0,0	1,4	0,6	104,6	7,5	6,6	8,7	0,8	11,2	0,2	0,0	0,8	0,4	149,1
8.	мирцен	988	988	-					-					-				
9.	2-карен	996	998[2a]	-					-					-				
10.	α-терпинен	1015	1014	-					-					-				
11.	*p*-цимен	1016	1020	-					0,8	0,0	1,9	0,8	104,6	-				
12.	*o*-цимен	1022	1022	-					-					-				
13.	лимонен	1026	1024	0,2	0,0	0,6	0,3	104,6	-					-				
14	β-феландрен	1027	1025	-					-					-				
15.	**1,8-цинеол**	**1029**	**1026**	**36,6**	**29,4**	**45,7**	**6,5**	**17,8**	**88,9**	**85,4**	**93,2**	**3,1**	**3,5**	6,6	4,7	8,8	1,6	24,8
16.	γ-терпинен	1057	1054	-					-					-				
17.	*cis*-сабинен-хидрат	1065	1065	0,3	0,0	1,1	0,5	149,1	-					-				
18.	терпинолен	1086	1086	-					-					-				
19.	линалол	1096	1095	-					-					-				
20.	*trans*-сабинен-хидрат	1096	1098	0,2	0,0	0,7	0,3	149,1	-					-				
21.	филифолон	1102	1106[2a]	-					-					-				
22.	неидентификовано*	1107		-					-					-				
23.	*cis*-тујон	1108	1101	-					0,4	0,0	1,3	0,6	149,1	-				
24.	*cis*-*p*-мент-2-ен-1-ол	1113	1117[2a]	-					-					-				
25.	*trans*-тујон	1116	1112	-					-					-				
26.	хризантенон	1127	1124	0,5	0,0	1,2	0,4	82,4	-					1,2	0,0	3,9	1,7	149,1
27.	*trans*-*p*-мент-2-ен-1-ол	1131	1135[2a]	-					-					-				
28.	*trans*-сабинол	1138	1137	-					-					-				
29.	**камфор**	**1144**	**1141**	**50,0**	**45,2**	**55,1**	**3,9**	**7,8**	1,4	0,0	4,6	2,1	149,1	8,8	0,0	29,3	13,1	149,1
30.	албен	1157	1152[2a]	-					-					-				
31.	лавандулол	1158	1165	1,6	0,0	2,5	1,1	66,1	-					-				
32.	*cis*-хризантенол	1160	1160	-					-					-				

33.	пинокарвон	1162	1160	-					-					-				
34.	борнеол	1165	1165	0,5	0,0	1,7	0,8	149,1	-					3,2	0,0	10,8	4,8	149,1
35.	терпинен 4-ол	1168	1174	1,6	1,1	2,1	0,4	24,7	-					-				
36.	α-терпинеол	1189	1186	-					-					-				
37.	миртенал	1195	1195	-					-					-				
38.	γ-терпинеол	1199	1199	-					-					-				
39.	*trans*-карвеол	1208	1215	-					-					-				
40.	*trans*-хризантенил-ацетат	1230	1235	-					-					-				
41.	аскаридол	1232	1234	-					-					-				
42.	*cis*-хризантенил-ацетат	1260	1261	0,2	0,0	0,6	0,3	149,1	-					0,8	0,0	2,5	1,1	149,1
43.	изоборнил-ацетат	1277	1283	0,5	0,0	1,7	0,8	149,1	-					5,6	0,0	18,7	8,4	149,1
44.	лавандулил-ацетат	1280	1288	0,4	0,0	1,2	0,5	149,1	-					-				
45.	***trans*-сабинил-ацетат**	**1284**	**1289**	-					-					**63,5**	**0,0**	**92,3**	**40,8**	**64,2**
46.	борнил-ацетат	1285	1287	-					-					-				
47.	неидентификовано*	1359		-					-					-				
48.	2-етилиден-6-метил-3,5-хептадиенал	1392	1395[2a]	-					-					-				
49.	(*E*)-кариофилен	1422	1471	-					-					-				
50.	α-хумулен	1456	1452	-					-					-				
51.	гермакрен D	1483	1480	-					-					-				
52.	кариофилен-оксид	1576	1582	-					-					-				
	Укупно			100,0	99,9	100,0	0,0	0,0	100,0	100,0	100,0	0,0	0,0	100,0	100,0	100,0	0,0	0,0
	Монотерпенски угљоводоници (МУ)			6,9	3,3	10,7	2,8	40,1	9,3	6,8	11,6	1,8	19,1	7,2	3,0	15,5	5,4	75,0
	Оксигеновани монотерпени (ОМ)			92,4	89,2	96,7	2,8	3,0	90,7	88,4	93,2	1,8	2,0	89,7	74,0	97,0	10,1	11,2
	Сесквитерпенски угљоводоници (СУ)			-					-					-				
	Оксигеновани сесквитерпени (ОС)			-					-					-				
	Остало (О)			0,6	0,0	2,1	0,9	149,1	-					3,2	0,0	10,5	4,7	149,1
	Неидентификовано			-					-					-				

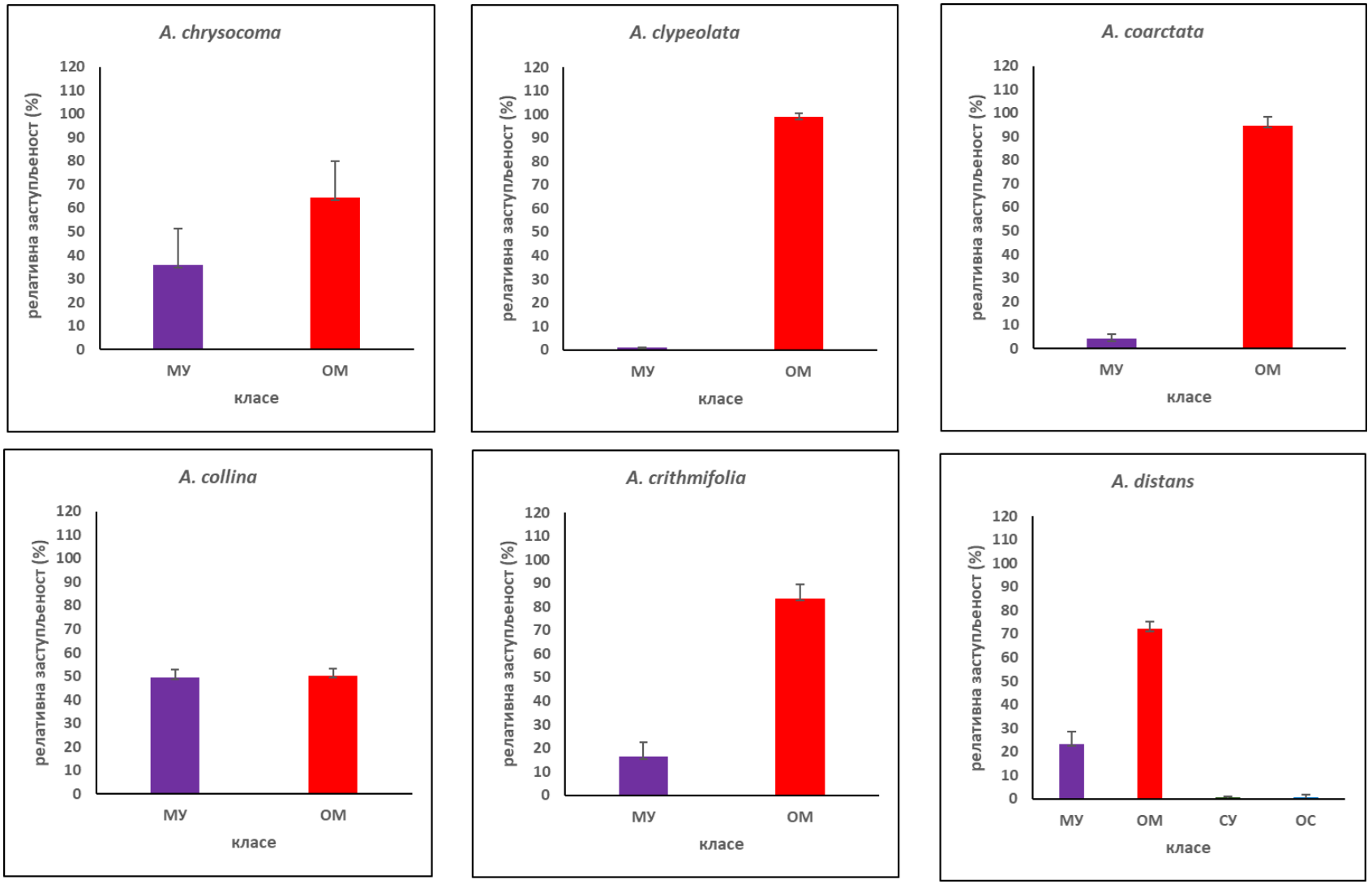
[1]RI: експериментални линеарни ретенциони индекси у односу на *n*-алкане C_8-C_{40}. [2]LI: литературни индекси - Адамсови ретенциони индекси (Adams, 2007) и [2a] - складу са NIST базом података. *неидентификована компонента. Компоненте које нису детектоване су означене као (-). Компоненте заступљене у просечној концентрацији ≥10% су болдиране.

Табела 5-3г. Резултати дескриптивне статистике за *HS* испарљиве компоненте цвета *A. lingulata.*

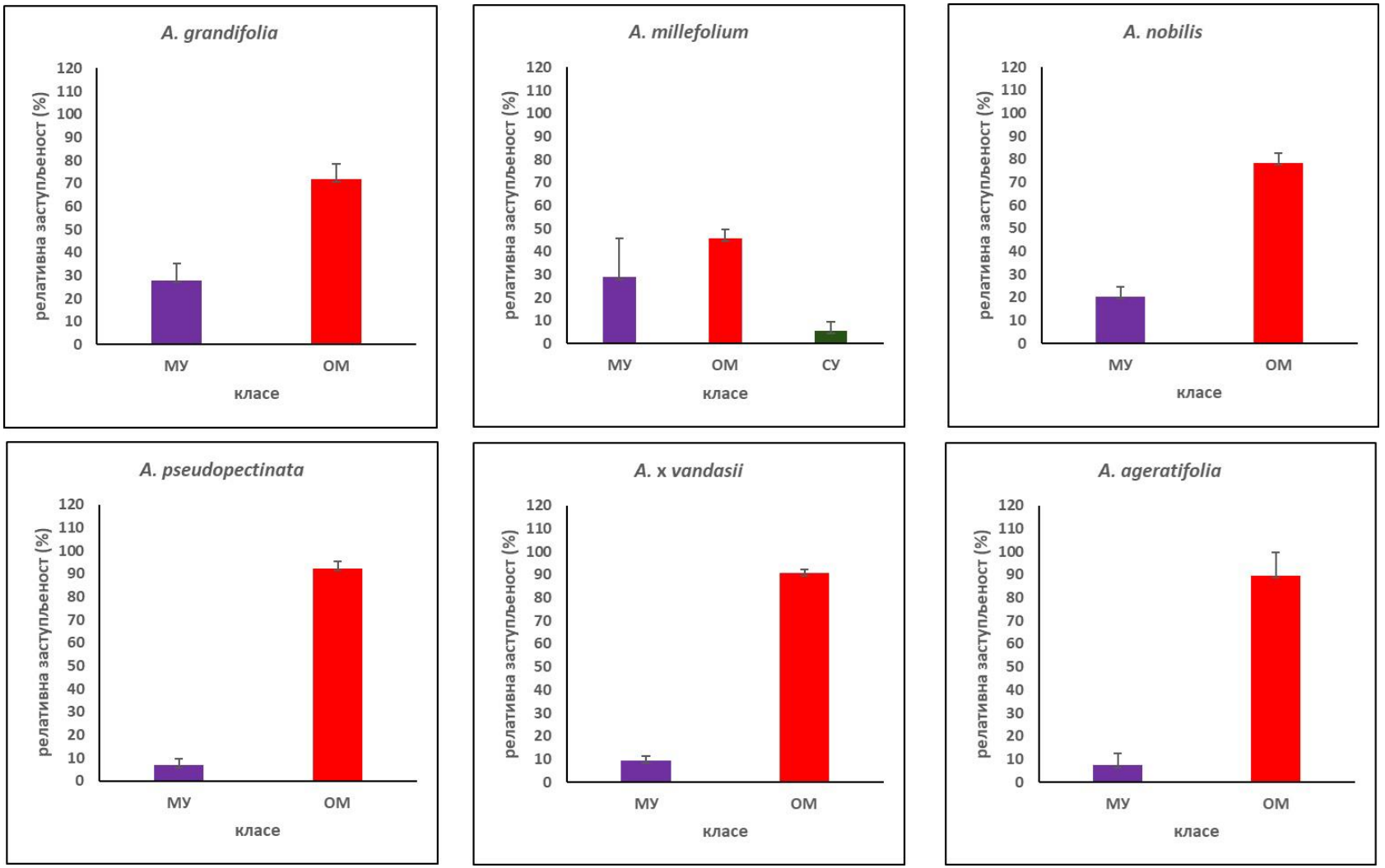
				A. lingulata				
Р. бр.	**Компоненте**	**RI[1]**	**LI[2]**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**
1.	сантолинатриен	905	906	-				
2.	трициклен	915	921	-				
3.	α-тујен	920	924	-				
4.	α-пинен	932	932	9,4	2,4	20,9	7,7	81,9
5.	камфен	946	946	1,2	0,0	4,2	1,9	149,1
6.	**сабинен**	**971**	**969**	**15,2**	**0,0**	**36,9**	**15,0**	**98,5**
7.	**β-пинен**	**975**	**974**	**45,1**	**0,6**	**81,8**	**30,1**	**66,7**
8.	мирцен	988	988	-				
9.	2-карен	996	998[2a]	-				
10.	α-терпинен	1015	1014	-				
11.	*p*-цимен	1016	1020	-				
12.	*o*-цимен	1022	1022	-				
13.	лимонен	1026	1024	-				
14.	β-феландрен	1027	1025	0,1	0,0	0,5	0,2	149,1
15.	1,8-цинеол	1029	1026	-				
16.	γ-терпинен	1057	1054	-				
17.	*cis*-сабинен-хидрат	1065	1065	-				
18.	терпинолен	1086	1086	-				
19.	линалол	1096	1095	-				
20.	*trans*-сабинен-хидрат	1096	1098	-				
21.	филифолон	1102	1106[2a]	-				
22.	неидентификовано*	1107		-				
23.	***cis*-тујон**	**1108**	**1101**	**16,4**	**0,0**	**54,6**	**24,4**	**149,1**
24.	*cis-p*-мент-2-ен-1-ол	1113	1117[2a]	-				
25.	*trans*-тујон	1116	1112	1,8	0,0	6,0	2,7	149,1
26.	хризантенон	1127	1124	-				
27.	*trans-p*-мент-2-ен-1-ол	1131	1135[2a]	-				
28.	*trans*-сабинол	1138	1137	-				
29.	камфор	1144	1141	0,4	0,0	1,4	0,6	149,1
30.	албен	1157	1152[2a]	-				
31.	лавандулол	1158	1165	-				
32.	*cis*-хризантенол	1160	1160	-				
33.	пинокарвон	1162	1160	-				
34.	борнеол	1165	1165	6,2	0,0	20,7	9,2	149,1
35.	терпинен 4-ол	1168	1174	-				
36.	α-терпинеол	1189	1186	-				
37.	миртенал	1195	1195	1,1	0,0	2,0	0,7	67,0
38.	γ-терпинеол	1199	1199					
39.	*trans*-карвеол	1208	1215	-				
40.	*trans*-хризантенил-ацетат	1230	1235	-				
41.	аскаридол	1232	1234	-				
42.	*cis*-хризантенил-ацетат	1260	1261	-				
43.	изоборнил-ацетат	1277	1283	-				
44.	лавандулил-ацетат	1280	1288	-				
45.	*trans*-сабинил-ацетат	1284	1289	-				
46.	борнил-ацетат	1285	1287	3,0	0,0	10,1	4,5	149,1
47.	неидентификовано*	1359		-				
48.	2-етилиден-6-метил-3,5-хептадиенал	1392	1395[2a]	-				
49.	(*E*)-кариофилен	1422	1471	-				
50.	α-хумулен	1456	1452	-				

51.	гермакрен D	1483	1480	-				
52.	кариофилен-оксид	1576	1582	-				
	Укупно			100,0	100,0	100,0	0,0	0,0
	Монотерпенски угљоводоници (МУ)			71,1	7,2	99,0	40,9	57,5
	Оксигеновани монотерпени (ОМ)			28,9	1,0	92,8	40,9	141,3
	Сесквитерпенски угљоводоници (СУ)			-				
	Оксигеновани сесквитерпени (ОС)			-				
	Остало (О)			-				
	Неидентификовано			-				

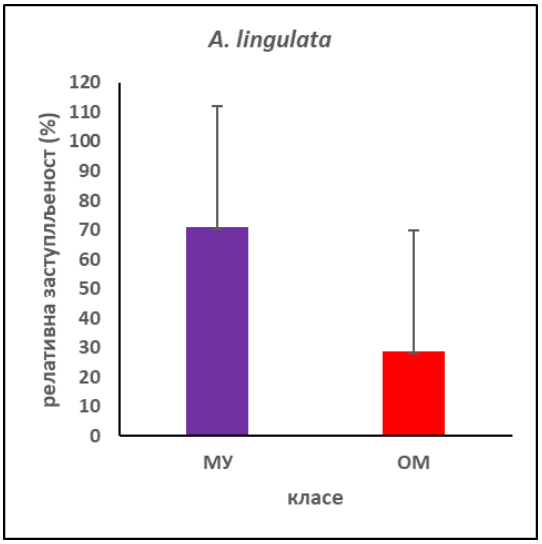
[1]RI: експериментални линеарни ретенциони индекси у односу на *n*-алкане C_8-C_{40}. [2]LI: литературни индекси - Адамсови ретенциони индекси (Adams, 2007) и [2a] - складу са NIST базом података. *неидентификована компонента. Компоненте које нису детектоване су означене као (-). Компоненте заступљене у просечној концентрацији ≥10% су болдиране.



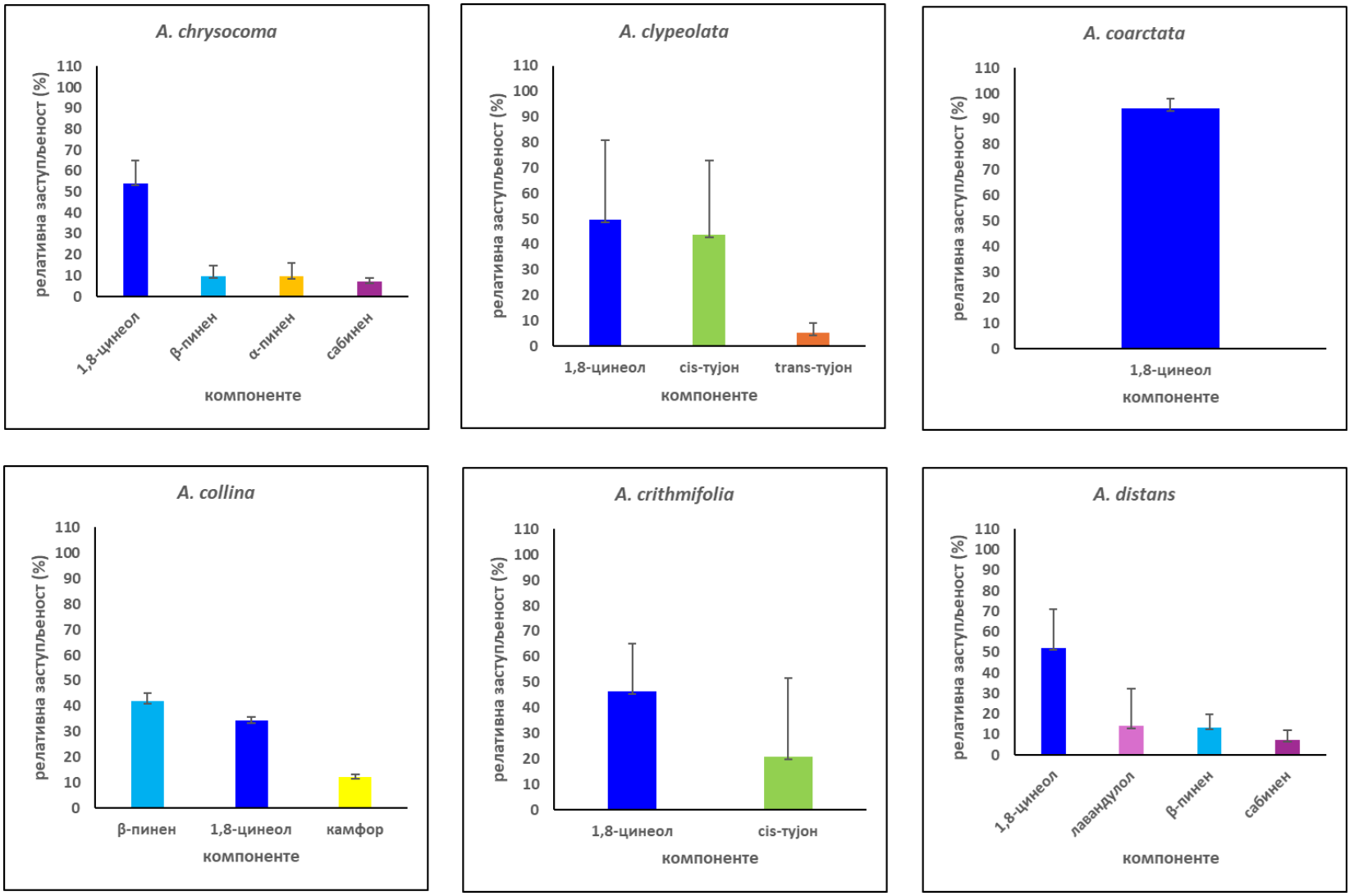
Слика 5-5. Средње вредности са стандардним девијацијама различитих класа *HS* испарљивих компоненти цвета *A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. coarctata*, *A. collina*, *A. crithmifolia* и *A. distans*. МУ - монотерпенски угљоводоници; ОМ - оксигеновани монотерпени; СУ - сесквитерпенски угљоводоници; ОС - оксигеновани сесквитерпени.



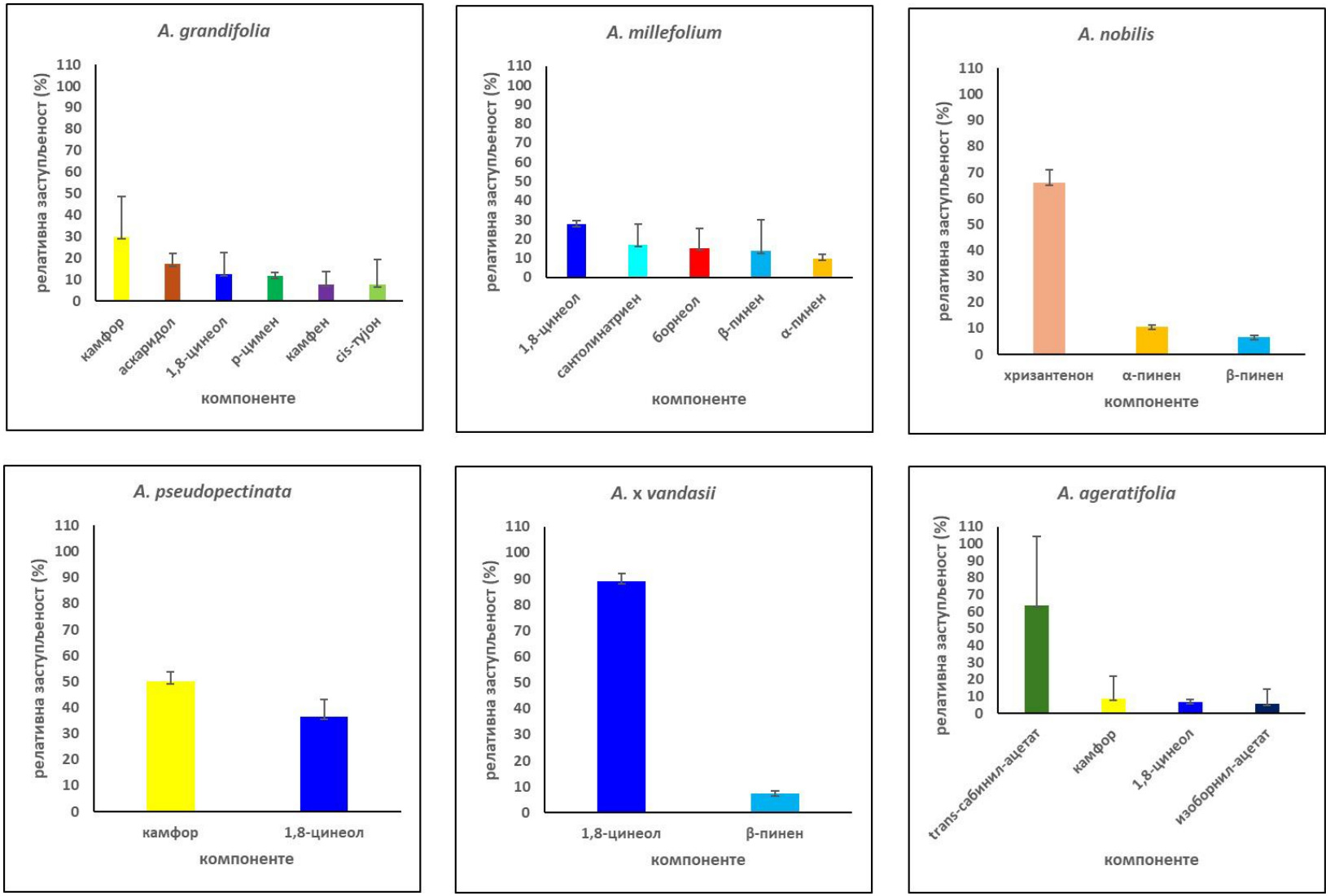
Слика 5-5а. Средње вредности са стандардним девијацијама различитих класа *HS* испарљивих компоненти цвета *A. grandifolia*, *A. millefolium*, *A. nobilis*, *A. pseudopectinata*, *A.* x *vandasii* и *A. ageratifolia*. МУ - монотерпенски угљоводоници; ОМ - оксигеновани монотерпени; СУ - сесквитерпенски угљоводоници.



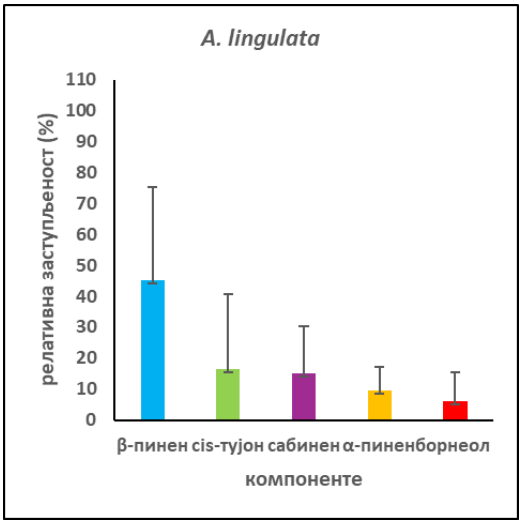
Слика 5-5б. Средње вредности са стандардним девијацијама различитих класа *HS* испарљивих компоненти цвета *A. lingulata*. МУ - монотерпенски угљоводоници; ОМ - оксигеновани монотерпени.



Слика 5-6. Средње вредности са стандардним девијацијама доминантних *HS* испарљивих компоненти цвета (релативни садржај ≥5%) *A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. coarctata*, *A. collina*, *A. crithmifolia* и *A. distans*.



Слика 5-6а. Средње вредности са стандардним девијацијама доминантних *HS* испарљивих компоненти цвета (релативни садржај ≥5%) *A. grandifolia*, *A. millefolium*, *A. nobilis*, *A. pseudopectinata*, *A.* x *vandasii* и *A. ageratifolia*.



Слика 5-6б. Средње вредности са стандардним девијацијама доминантних *HS* испарљивих компоненти цвета (релативни садржај ≥5%) *A. lingulata*.

5.2.2. Варијабилност хемијског састава лако испарљивих (*HS*) компоненти стабла испитиваних врста рода *Achillea*

Резултати анализе *HS* испарљивих компоненти стабла 65 јединки из по једне популације свих 13 испитиваних *Achillea* врста показали су присуство 40 компоненти (**табеле 5-4**, **5-4а**, **5-4б**, **5-4в** и **5-4г**).

Генерално, на нивоу класа *HS* испарљивих компоненти, оксигеновани монтерпени су доминантно заступљени код узорака стабла и то код седам од тринаест анализираних врста (*A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. crithmifolia*, *A. grandifolia*, *A. nobilis*, *A. pseudopectinata*, *A. ageratifolia*) варирајући у опсегу од 24,0% (*A. chrysocoma*) до чак 99,5% (*A. clypeolata*) (**слике 5-7**, **5-7а** и **5-7б**; **табеле 5-4**, **5-4а**, **5-4б**, **5-4в** и **5-4г**). Са друге стране, монотерпенски угљоводоници представљали су најзаступљенију класу *HS* испарљивих компоненти стабла код *A. collina*, *A. distans, A. millefolium* и *A. coarctata* (52,6%, 45,9%, 29,2% и 13,7%, респ.). Приближан просечан садржај ове две класе једињења примећен је код *A.* x *vandasii* (28,7% и 24,5%, респ). Сесквитерпени су били присутни у малој количини или одсутни, док је висок просечан садржај гермакрена D присутан код *A. distans* (22,7%) и *A. millefolium* (6,2%).

У погледу просечних садржаја појединачних *HS* испарљивих компоненти стабла, очигледну доминацију показали су 1,8-цинеол (*A. chrysocoma, A. clypeolata, A. crithmifolia*, *A. grandifolia, A. pseudopectinata* и *A.* x *vandasii*), β-пинен (*A. collina, A. distans, A. millefolium*), α-пинен (*A. coarctata*), хризантенон (*A. nobilis*) и *trans*-сабинил-ацетат (*A. ageratifolia*) (**слике 5-8** и **5-8а**). Поред тога, *A. collina* и *A. millefolium* (*A. millefolium* agg.), садржале су исте прве две *HS* доминантне компоненте: β-пинен (46,8% и 20,3%, респ.) и 1,8-цинеол (9,7% и 7,1%, респ.). Са друге стране, *A. distans* (*A. millefolium* agg.), поред β-пинена (23,8%), садржала је гермакрен D (22,7%) као другу најиспарљивију *HS* компоненту стабла, али и незанемарљив просечан садржај два монотерпенска угљоводоника: α- и β-пинена (≈20%). Затим, 1,8-цинеол (61,1% и 48,8%, респ.) и *cis*-тујон (18,0% и 44,5%, респ.) су биле прве две *HS* доминантне компоненте код *A. crithmifolia* и *A. clypeolata.* Даље, 1,8-цинеол (59,9% и 24,6%, респ.) и камфор (29,8% и 19,1% респ.) биле су прве две најиспарљивије компоненте код *A. pseudopectinata* и *A. grandifolia,* док су 1,8-цинеол (28,5% и 4,9%, респ.) и α-пинен (11,9% и 9,7%, респ.) показале доминацију код *A.* x *vandasii* и *A. coarctata.* Међутим, *HS* профил *A. nobilis*

одликовала је доминација хризантенона и α-пинена (54,1% и 15,0%, респ.). Са друге стране, *A. ageratifolia*, (*Anthemoideae*) садржала је *trans*-сабинил-ацетат као доминантну *HS* испрљиву компоненту (60,5%), док су 1,8-цинеол и камфор веома сличног просечног садржаја 12,8% и 12,7%, респ.). Међутим, истраживани узорци стабла *A. lingulata* (*Anthemoideae*) нису богати *HS* испарљивим компонентама, те су све детектоване компоненте заступљене су у концентрацији <5%.

Према нашим сазнањима, не постоје литературни подаци о појединачним *HS* испарљивим компонентама стабла *Achillea* врста. У претходној студији, *Kostevski* и сар. (2016) су истраживали лако испарљиве *HS* компоненте узорка стабла и листа *A. coarctata* и указали на доминацију 1,8-цинеол (51,2%), β-пинен (14,1%) и α-пинен (6,8%) док је етарско уље исте врсте садржало гермакрен D (25,0%), *cis*-кадин-4-ен-7-ол (11,1%) и ледол (7,0%) као главне компоненте. Извесно слагање поменутих литературних података са резултатима ове докторске дисертације, огледа се у погледу присуства следећих *HS* испарљивих компоненти: α-пинен (9,7%), 1,8-цинеол (4,9%), β-пинен (3,9%) и гермакрен D (1,0%).

Резултати дескриптивне статистике показали су да се већина компоненти налази у оквиру високог (50<CV%<100) и јако високог степена варијабилности (CV%>100). Ипак, неке компоненте су се издвојиле као ниско варијабилне (CV<10%): гермакрен D и бициклогермакрен код *A. collina* и 1,8-цинеол код *A. pseudopectinata* (**табеле 5-4**, **5-4а**, **5-4б**, **5-4в** и **5-4г**). У оквиру умереног степена варијабилности (10<CV%<50), код чак шест врста (*A. coacrtata*, *A. collina*, *A. crithmifolia*, *A. millefolium*, *A. nobilis* и *A. ageratifolia*) налазио се 1,8-цинеол. Умереним степеном варијабилности одликовао се још α-пинен код пет врста (*A. collina*, *A. grandifolia*, *A. millefolium*, *A. nobilis* и *A. pseudopectinata*); β-пинен код три врсте (*A. collina*, *A. nobilis* и *A.* x *vandasii*); камфен код две врсте (*A. pseudopectinata* и *A.* x *vandasii*); нерол код *A. collina*; γ-терпинен, филифолон, хризантенон, терпинен-4-ол и *cis*-хризантенил-ацетат код *A. nobilis*; камфор код *A. pseudopectinata* и (*E*)-кариофилен код *A. lingulata.* Најниже вредности овог коефицијента утврђене су за гермакрен D и бициклогермакрен (4,7% и 6,4% респ.) који су могу сматрати најстабилнијим *HS* компонентама стабла код *A. collina* и 1,8-цинеол (9,9%) који се може сматрати најстабилнијом *HS* компонентом стабла код *A. pseudopectinata*.

Табела 5-4. Резултати дескриптивне статистике за *HS* испарљиве компоненте стабла *A. chrysocoma*, *A. clypeolata* и *A. coarctata*.

				A. chrysocoma					***A. clypeolata***					***A. coarctata***				
Р. бр.	**Компоненте**	**RI[1]**	**LI[2]**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**
1.	3-метил-2-бутенал	778	778	**-**					**-**					**-**				
2.	хексанал	798	801	-					-					-				
3.	5,5-диметил-2-етил-1,3-циклопентадиен	809	812[2a]	-					-					-				
4.	1,2,5,5-тетраметил-1,3-циклопентадиен	842	840	-					-					-				
5.	(*Z*)-салвен	847	847	-					-					-				
6.	сантолинатриен	905	906	-					-					-				
7.	**α-пинен**	**932**	**932**	3,7	0,0	10,0	4,2	113,8	-					**9,7**	**2,4**	**25,8**	**10,3**	**105,9**
8.	камфен	946	946	-					-					-				
9.	сабинен	971	969	0,9	0,0	2,9	1,3	149,1	-					-				
10.	β-пинен	975	974	1,8	0,0	5,9	2,6	149,1	-					3,9	0,0	13,1	5,9	149,1
11.	δ-2-карен	1002	1001	-					-					-				
12.	α-терпинен	1015	1014	0,3	0,0	1,1	0,5	149,1	-					-				
13.	*p*-цимен	1016	1020	-					-					-				
14.	*o*-цимен	1022	1022	-					0,2	0,0	0,8	0,4	149,1	-				
15.	лимонен	1026	1024	0,3	0,0	0,9	0,4	149,1	-					-				
16.	**1,8-цинеол**	**1029**	**1026**	**22,5**	**0,0**	**69,4**	**30,3**	**134,8**	**48,8**	**23,4**	**98,7**	**32,4**	**66,3**	4,9	2,3	6,6	1,7	33,9
17.	γ-терпинен	1057	1054	0,5	0,0	1,7	0,8	149,1	-					-				
18.	*cis*-сабинен-хидрат	1065	1065	1,5	0,0	5,0	2,2	149,1	0,3	0,0	1,0	0,4	149,1	-				
19.	*p*-мента-2,4(8)-диен	1082	1085	-					-					-				
20.	2-метиленборнан	1087		-					-					-				
21.	линалол	1090	1095	-					-					-				
22.	*trans*-сабинен-хидрат	1090	1098	-					-					-				
23.	филифолон	1102	1106[2a]	-					-					-				
24.	***cis*-тујон**	**1108**	**1101**	-					**44,5**	**1,3**	**68,6**	**28,4**	**63,9**	-				
25.	*trans*-тујон	1116	1112	-					3,2	0,0	4,7	2,1	64,5	-				
26.	хризантенон	1127	1124	-					-					-				
27.	*trans*-сабинол	1138	1137	-					-					-				
28.	камфор	1144	1141	-					-					-				
29.	*cis*-хризантенол	1160	1160	-					-					-				
30.	пинокарвон	1162	1160	-					-					-				
31.	борнеол	1165	1160	-					-					-				

32.	терпинен-4-ол	1168	1174	-					-					-					
33.	нерол	1225	1227	-					2,7	0,0	5,7	2,2	79,9	-					
34.	*cis*-хризантенил-ацетат	1260	1261	-					-					-					
35.	*trans*-сабинил-ацетат	1284	1289	-					-					-					
36.	(*E*)-кариофилен	1422	1417	-					-					-					
37.	(*E*)-β-фарнезен	1454	1454	-					-					-					
38.	гермакрен D	1483	1480	-					0,3	0,0	0,7	0,3	104,6	1,0	0,0	3,3	1,5	149,1	
39.	бициклогермакрен	1498	1500	-					-					-					
40.	γ-кадинен	1514	1513	-					-					-					
	Укупно			31,4	0,0	96,9	42,3	134,6	100,0	100,0	100,0	0,0	0,0	19,6	8,0	44,2	15,9	81,0	
	Монотерпенски угљоводоници (МУ)			7,4	0,0	22,5	9,7	131,2	0,2	0,0	0,8	0,4	149,1	13,7	2,4	38,9	16,2	118,3	
	Оксигеновани монотерепни (ОМ)			24,0	0,0	74,4	32,5	135,7	99,5	99,2	100,0	0,3	0,3	4,9	2,3	6,6	1,7	33,9	
	Сесквитерпенски угљоводоници (СУ)			-					0,3	0,0	0,7	0,3	104,6	1,0	0,0	3,3	1,5	149,1	
	Остало (О)			-					-					-					

[1]RI: експериментални линеарни ретенциони индекси у односу на *n*-алкане C_8-C_{40}. [2]LI: литературни индекси - Адамсови ретенциони индекси (Adams, 2007) и [2a] - складу са NIST базом података. Компоненте које нису детектоване су означене као (-). Компоненте заступљене у просечној концентрацији ≥10% су болдиране.

Табела 5-4а. Резултати дескриптивне статистике за *HS* испарљиве компоненте стабла *A. collina*, *A. crithmifolia* и *A. distans*.

				A. collina					***A. crithmifolia***					***A. distans***				
Р. бр.	**Компоненте**	**RI[1]**	**LI[2]**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**
1.	3-метил-2-бутенал	778	778	**-**					**-**					**-**				
2.	хексанал	798	801	-					-					1,3	0,0	3,3	1,4	104,6
3.	5,5-диметил-2-етил-1,3-циклопентадиен	809	812[2a]	-					-					-				
4.	1,2,5,5-тетраметил-1,3-циклопентадиен	842	840	-					-					-				
5.	(*Z*)-салвен	847	847	-					0,5	0,0	1,7	0,7	149,1	-				
6.	сантолинатриен	905	906	-					0,3	0,0	1,0	0,4	149,1	-				
7.	α-пинен	932	932	3,4	2,3	4,1	0,7	22,0	3,2	0,0	8,3	3,4	107,0	**20,5**	**0,0**	**49,9**	**20,5**	**100,1**
8.	камфен	946	946	1,0	0,0	1,6	0,6	67,9	1,5	0,0	3,7	1,5	104,6	0,8	0,0	1,9	0,8	104,6
9.	сабинен	971	969	0,3	0,0	0,9	0,4	149,1	0,2	0,0	0,7	0,3	149,1	0,2	0,0	0,8	0,4	149,1
10.	**β-пинен**	**975**	**974**	**46,8**	**26,9**	**71,7**	**17,9**	**38,3**	0,4	0,0	1,0	0,4	104,6	**23,8**	**0,0**	**48,5**	**19,2**	**80,5**
11.	δ-2-карен	1002	1001	-					0,5	0,0	1,2	0,5	104,6	-				
12.	α-терпинен	1015	1014	-					-					-				
13.	*p*-цимен	1016	1020	-					-					0,6	0,0	1,5	0,6	104,6
14.	*o*-цимен	1022	1022	1,2	0,0	1,7	0,8	63,7	2,4	0,8	4,4	1,4	56,9	-				
15.	лимонен	1026	1024	-					-					-				
16.	**1,8-цинеол**	**1029**	**1026**	9,7	4,5	13,5	3,6	37,5	**61,1**	**33,4**	**84,6**	**20,4**	**33,3**	**20,9**	**4,6**	**47,9**	**17,1**	**81,6**
17.	γ-терпинен	1057	1054	-					0,4	0,0	1,0	0,4	104,6	-				
18.	*cis*-сабинен-хидрат	1065	1065	-					-					-				
19.	*p*-мента-2,4(8)-диен	1082	1085	-					3,2	0,0	6,6	2,5	76,3	-				
20.	2-метиленборнан	1087		-					-					-				
21.	линалол	1090	1095	-					-					-				
22.	*trans*-сабинен-хидрат	1090	1098	-					-					-				
23.	филифолон	1102	1106[2a]	-					-					-				
24.	***cis*-тујон**	**1108**	**1101**	-					**18,0**	**0,0**	**57,1**	**25,1**	**139,4**	-				
25.	*trans*-тујон	1116	1112	-					0,8	0,0	2,7	1,2	149,1	-				
26.	хризантенон	1127	1124	-					0,2	0,0	0,6	0,3	149,1	-				
27.	*trans*-сабинол	1138	1137	-					-					-				
28.	камфор	1144	1141	-					0,4	0,0	1,3	0,6	149,1	-				
29.	*cis*-хризантенол	1160	1160	-					1,0	0,0	3,3	1,5	149,1	-				
30.	пинокарвон	1162	1160	-					-					-				
31.	борнеол	1165	1160	-					0,7	0,0	1,8	0,8	104,6	-				

32.	терпинен-4-ол	1168	1174	-					0,3	0,0	0,8	0,3	104,6	-				
33.	нерол	1225	1227	2,5	2,0	2,7	0,3	11,8	-					-				
34.	*cis*-хризантенил-ацетат	1260	1261	-					-					-				
35.	*trans*-сабинил-ацетат	1284	1289	-					-					-				
36.	(*E*)-кариофилен	1422	1417	-					-					-				
37.	(*E*)-β-фарнезен	1454	1454	-					0,4	0,0	1,1	0,4	104,6	-				
38.	**гермакрен D**	**1483**	**1480**	2,4	2,4	2,6	0,1	4,7	1,7	0,0	3,5	1,3	75,5	**22,7**	**0,0**	**70,3**	**30,7**	**135,3**
39.	бициклогермакрен	1498	1500	1,4	1,3	1,5	0,1	6,4	2,4	0,0	5,9	2,5	104,6	-				
40.	γ-кадинен	1514	1513	-					0,3	0,0	0,9	0,4	104,6	-				
	Укупно			68,6	39,5	100,0	24,0	34,9	100,0	100,0	100,0	0,0	0,0	90,9	86,0	99,0	5,4	6,0
	Монотерпенски угљоводоници (МУ)			52,6	29,2	80,0	20,2	38,4	12,3	5,1	19,6	5,4	44,0	45,9	0,0	76,5	29,4	63,9
	Оксигеновани монотерпени (ОМ)			12,2	6,5	16,1	3,9	32,1	82,5	69,0	93,8	9,6	11,6	20,9	4,6	47,9	17,1	81,6
	Сесквитерпенски угљоводоници (СУ)			3,8	3,6	3,9	0,1	2,9	4,9	0,0	11,3	4,5	93,2	22,7	0,0	70,3	30,7	135,3
	Остало (О)			-					0,3	0,0	1,0	0,4	149,1	1,3	0,0	3,3	1,4	104,6

[1]RI: експериментални линеарни ретенциони индекси у односу на *n*-алкане C_8-C_{40}. [2]LI: литературни индекси - Адамсови ретенциони индекси (Adams, 2007) и [2a] - складу са NIST базом података. Компоненте које нису детектоване су означене као (-). Компоненте заступљене у просечној концентрацији ≥10% су болдиране.

Табела 5-4б. Резултати дескриптивне статистике за *HS* испарљиве компоненте стабла *A. grandifolia*, *A. millefolium* и *A. nobilis*.

				A. grandifolia					***A. millefolium***					***A. nobilis***				
Р. бр.	**Компоненте**	**RI[1]**	**LI[2]**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**
1.	3-метил-2-бутенал	778	778	**-**					0,5	0,0	1,8	0,8	149,1	**-**				
2.	хексанал	798	801	-					0,4	0,0	1,3	0,6	149,1	0,2	0,0	0,8	0,4	149,1
3.	5,5-диметил-2-етил-1,3-циклопентадиен	809	812[2a]	-					-					0,4	0,0	1,4	0,6	149,1
4.	1,2,5,5-тетраметил-1,3-циклопентадиен	842	840	-					-					0,2	0,0	0,7	0,3	149,1
5.	(*Z*)-салвен	847	847	-					-					-				
6.	сантолинатриен	905	906	-					-					-				
7.	**α-пинен**	**932**	**932**	2,4	0,8	3,8	1,1	46,4	7,0	5,0	9,0	1,6	22,6	**15,0**	**8,9**	**20,2**	**4,1**	**27,6**
8.	камфен	946	946	8,8	0,0	18,0	6,8	76,8	1,2	0,0	2,1	0,8	66,9	0,2	0,0	0,8	0,4	149,1
9.	сабинен	971	969	-					-					0,2	0,0	0,6	0,3	149,1
10.	**β-пинен**	**975**	**974**	-					**20,3**	**1,1**	**64,0**	**28,0**	**138,0**	8,8	7,7	10,2	1,0	11,4
11.	δ-2-карен	1002	1001	-					-					-				
12.	α-терпинен	1015	1014	-					-					0,5	0,0	1,0	0,4	74,8
13.	*p*-цимен	1016	1020	0,2	0,0	0,7	0,3	149,1	-					2,1	0,0	6,9	3,1	149,1
14.	*o*-цимен	1022	1022	-					-					4,0	0,0	6,7	2,7	68,2
15.	лимонен	1026	1024	-					0,7	0,0	1,4	0,5	73,6	0,3	0,0	0,9	0,4	149,1
16.	**1,8-цинеол**	**1029**	**1026**	**24,6**	**5,3**	**53,3**	**19,6**	**79,6**	7,1	5,0	9,5	1,8	25,1	1,1	0,8	1,6	0,3	28,2
17.	γ-терпинен	1057	1054	-					-					1,0	0,6	1,4	0,3	30,8
18.	*cis*-сабинен-хидрат	1065	1065	-					-					0,9	0,0	1,3	0,6	64,3
19.	*p*-мента-2,4(8)-диен	1082	1085	-					-					-				
20.	2-метиленборнан	1087		-					-					0,2	0,0	0,7	0,3	149,1
21.	линалол	1090	1095	3,3	0,0	11,0	4,9	149,1	-					-				
22.	*trans*-сабинен-хидрат	1090	1098	-					-					-				
23.	филифолон	1102	1106[2a]	-					-					1,6	1,0	2,8	0,7	45,1
24.	*cis*-тујон	1108	1101	8,4	0,0	24,0	10,2	120,7	-					-				
25.	*trans*-тујон	1116	1112	0,8	0,0	2,8	1,3	149,1	-					1,1	0,0	2,6	1,1	104,6
26.	**хризантенон**	**1127**	**1124**	-					-					**54,1**	**46,5**	**61,5**	**5,9**	**10,9**
27.	*trans*-сабинол	1138	1137	-					-					0,4	0,0	1,0	0,4	104,6
28.	**камфор**	**1144**	**1141**	**19,1**	**3,8**	**33,6**	**11,0**	**57,7**	-					**-**				
29.	*cis*-хризантенол	1160	1160	-					-					-				
30.	пинокарвон	1162	1160	-					-					0,5	0,0	1,0	0,4	75,1
31.	борнеол	1165	1160	2,8	0,0	6,3	2,5	88,6	1,5	0,0	2,6	1,0	65,7	-				

32.	терпинен-4-ол	1168	1174	-					-					0,7	0,6	0,9	0,1	16,7
33.	нерол	1225	1227	-					0,3	0,0	1,1	0,5	149,1	-				
34.	*cis*-хризантенил-ацетат	1260	1261	-					-					1,5	1,0	2,5	0,6	39,1
35.	*trans*-сабинил-ацетат	1284	1289	-					-					-				
36.	(*E*)-кариофилен	1422	1417	-					-					-				
37.	(*E*)-β-фарнезен	1454	1454	-					-					-				
38.	гермакрен D	1483	1480	-					6,2	1,4	15,8	6,1	97,7	2,7	0,0	6,7	2,7	99,5
39.	бициклогермакрен	1498	1500	-					-					-				
40.	γ-кадинен	1514	1513	-					-					-				
	Укупно			70,5	27,9	97,3	28,7	40,6	45,2	19,5	100,0	35,3	78,2	97,9	95,5	99,4	1,5	1,6
	Монотерпенски угљоводоници (МУ)			11,4	1,5	21,8	7,6	66,9	29,2	7,7	73,0	28,3	97,1	32,3	25,9	36,0	4,3	13,2
	Оксигеновани монотерпени (ОМ)			59,1	20,5	95,8	29,8	50,4	8,9	7,5	9,5	0,9	10,0	62,0	56,6	65,7	3,7	6,0
	Сесквитерпенски угљоводоници (СУ)			-					6,2	1,4	15,8	6,1	97,7	2,7	0,0	6,7	2,7	99,5
	Остало (О)			-					0,9	0,0	1,8	0,7	73,3	0,9	0,0	2,9	1,3	149,1

[1]RI: експериментални линеарни ретенциони индекси у односу на *n*-алкане C_8-C_{40}. [2]LI: литературни индекси - Адамсови ретенциони индекси (Adams, 2007) и [2a] - складу са NIST базом података. Компоненте које нису детектоване су означене као (-). Компоненте заступљене у просечној концентрацији ≥10% су болдиране.

Табела 5-4в. Резултати дескриптивне статистике за *HS* испарљиве компоненте стабла *A. pseudopectinata*, *A.* x *vandasii* и *A. ageratifolia*.

				A. pseudopectinata					***A.* x *vandasii***					***A. ageratifolia***				
Р. бр.	**Компоненте**	**RI[1]**	**LI[2]**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**
1.	3-метил-2-бутенал	778	778	**-**					**-**					**-**				
2.	хексанал	798	801	-					-					-				
3.	5,5-диметил-2-етил-1,3-циклопентадиен	809	812[2a]	-					-					-				
4.	1,2,5,5-тетраметил-1,3-циклопентадиен	842	840	-					-					-				
5.	(*Z*)-салвен	847	847	-					-					-				
6.	сантолинатриен	905	906	-					-					7,2	0,0	24,0	10,7	149,1
7.	**α-пинен**	**932**	**932**	1,7	1,0	2,7	0,7	42,3	**11,9**	**4,1**	**22,9**	**7,6**	**64,3**	2,7	0,0	9,1	4,1	149,1
8.	камфен	946	946	4,8	2,8	6,7	1,5	32,1	1,5	0,7	1,9	0,5	34,5	1,6	0,0	5,2	2,3	149,1
9.	сабинен	971	969	0,6	0,0	0,9	0,4	67,4	-					1,2	0,0	1,9	0,7	63,8
10.	**β-пинен**	**975**	**974**	0,7	0,0	1,2	0,4	67,4	**11,2**	**5,3**	**14,8**	**3,9**	**35,2**	0,4	0,0	1,2	0,5	149,1
11.	δ-2-карен	1002	1001	-					-					-				
12.	α-терпинен	1015	1014	-					-					-				
13.	*p*-цимен	1016	1020	-					-					-				
14.	*o*-цимен	1022	1022	-					-					-				
15.	лимонен	1026	1024	-					-					-				
16.	**1,8-цинеол**	**1029**	**1026**	**59,9**	**55,0**	**69,0**	**5,9**	**9,9**	**28,5**	**10,9**	**59,8**	**20,6**	**72,4**	**12,8**	**10,9**	**14,9**	**1,6**	**12,4**
17.	γ-терпинен	1057	1054	0,3	0,0	0,8	0,3	104,6	-					-				
18.	*cis*-сабинен-хидрат	1065	1065	1,6	0,0	2,5	1,0	63,2	-					-				
19.	*p*-мента-2,4(8)-диен	1082	1085	-					-					-				
20.	2-метиленборнан	1087		-					-					-				
21.	линалол	1090	1095	-					-					-				
22.	*trans*-сабинен-хидрат	1090	1098	0,2	0,0	0,6	0,3	104,6	-					-				
23.	филифолон	1102	1106[2a]	-					-					-				
24.	*cis*-тујон	1108	1101	-					-					-				
25.	*trans*-тујон	1116	1112	-					-					-				
26.	хризантенон	1127	1124	-					-					0,7	0,0	2,2	1,0	149,1
27.	*trans*-сабинол	1138	1137	-					-					-				
28.	**камфор**	**1144**	**1141**	**29,8**	**24,4**	**36,8**	**5,0**	**16,7**	-					**12,7**	**0,0**	**42,2**	**18,9**	**149,1**
29.	*cis*-хризантенол	1160	1160	-					-					-				
30.	пинокарвон	1162	1160	-					-					-				
31.	борнеол	1165	1160	-					0,2	0,0	0,6	0,3	149,1	0,4	0,0	1,2	0,5	149,1
32.	терпинен-4-ол	1168	1174	0,3	0,0	0,7	0,3	104,6	-					-				

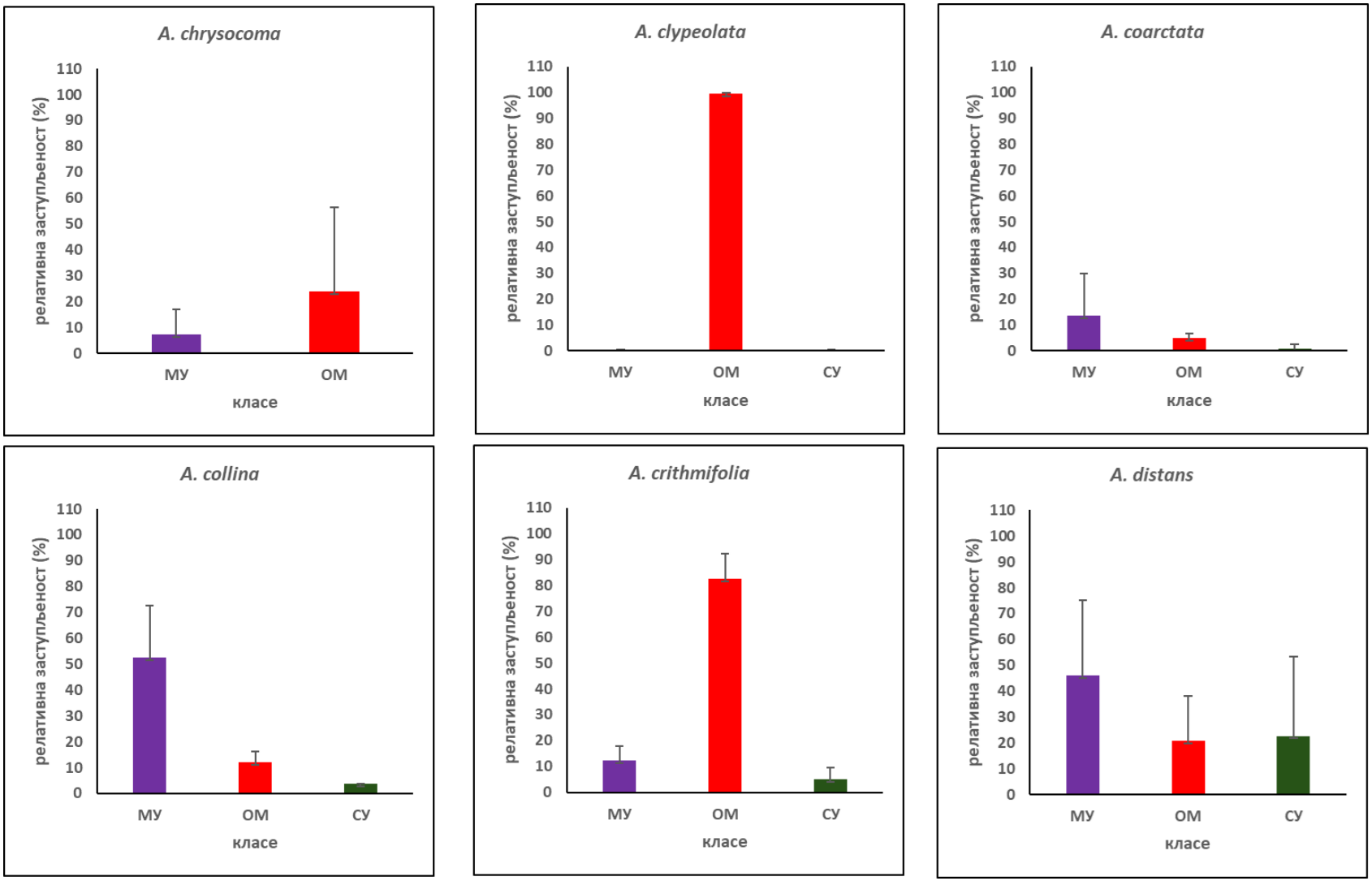
33.	нерол	1225	1227	-					-					-				
34.	*cis*-хризантенил-ацетат	1260	1261	-					-					-				
35.	***trans*-сабинил-ацетат**	**1284**	**1289**	-					-					**60,5**	**0,0**	**87,8**	**38,8**	**64,1**
36.	(*E*)-кариофилен	1422	1417	-					-					-				
37.	(*E*)-β-фарнезен	1454	1454	-					-					-				
38.	германкрен D	1483	1480	-					-					-				
39.	бициклогермакрен	1498	1500	-					-					-				
40.	γ-кадинен	1514	1513	-					-					-				
	Укупно			99,8	99,4	100,1	0,3	0,3	53,2	21,0	100,0	32,2	60,5	100,0	100,0	100,0	0,0	0,0
	Монотерпенски угљоводоници (МУ)			8,0	4,7	10,3	2,1	26,6	24,5	10,1	39,6	11,7	47,6	5,8	1,3	15,5	6,2	107,5
	Оксигеновани монотерпени (ОМ)			91,8	89,1	95,3	2,3	2,5	28,7	10,9	60,4	20,9	72,8	87,0	60,5	98,7	17,0	19,5
	Сесквитерпенски угљоводоници (СУ)			-					-					-				
	Остало (О)			-					-					7,2	0,0	24,0	10,7	149,1

[1]RI: експериментални линеарни ретенциони индекси у односу на *n*-алкане C_8-C_{40}. [2]LI: литературни индекси - Адамсови ретенциони индекси (Adams, 2007) и [2a] - складу са NIST базом података. Компоненте које нису детектоване су означене као (-). Компоненте заступљене у просечној концентрацији ≥10% су болдиране.

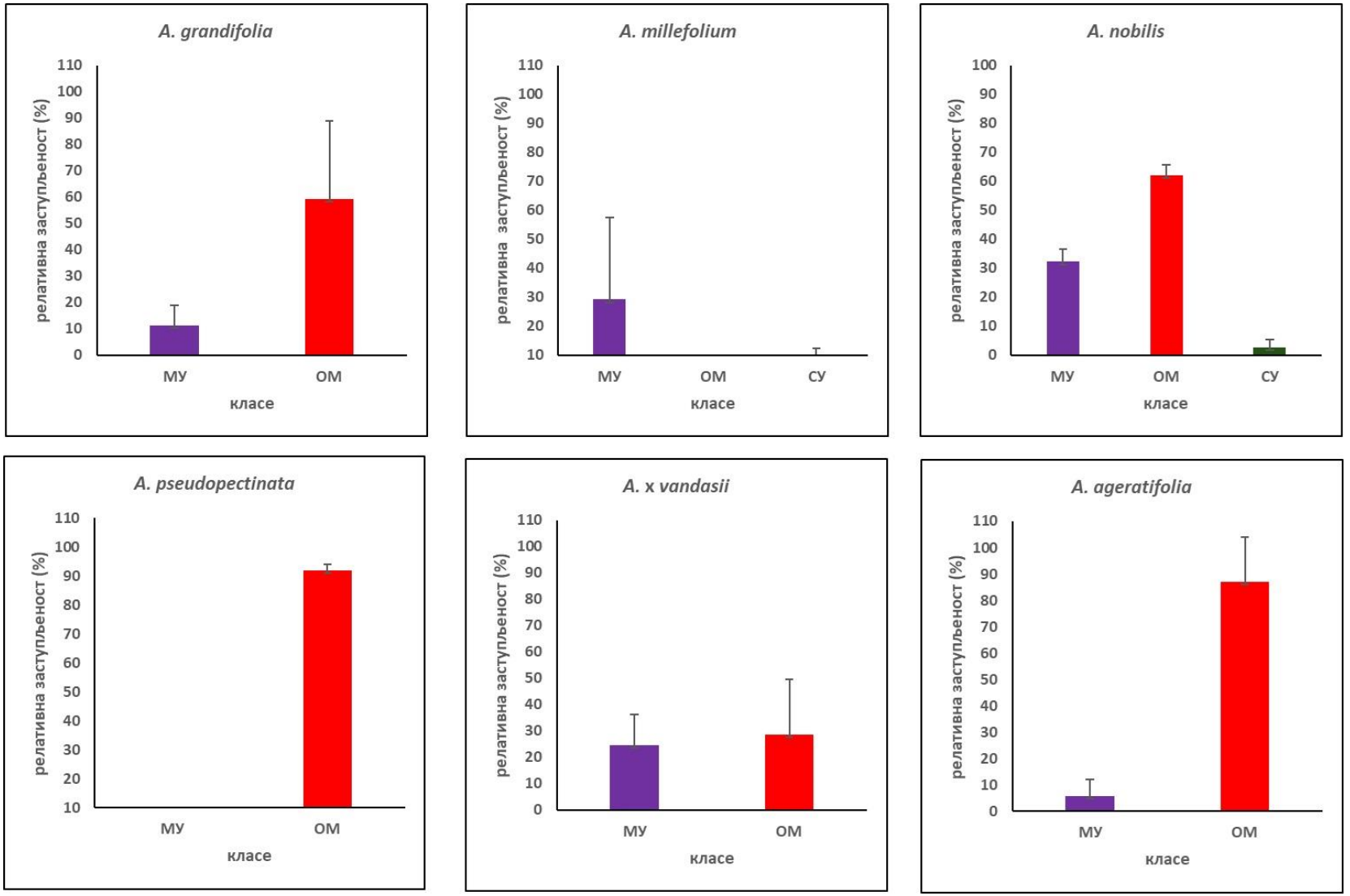
Табела 5-4г. Резултати дескриптивне статистике за *HS* испарљиве компоненте стабла *A. lingulata*.

				A. lingulata				
Р. бр.	**Компоненте**	**RI[1]**	**LI[2]**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**
1.	3-метил-2-бутенал	778	778	-				
2.	хексанал	798	801	-				
3.	5,5-диметил-2-етил-1,3-циклопентадиен	809	812[2a]	-				
4.	1,2,5,5-тетраметил-1,3-циклопентадиен	842	840	-				
5.	(*Z*)-салвен	847	847	-				
6.	сантолинатриен	905	906	-				
7.	α-пинен	932	932	-				
8.	камфен	946	946	-				
9.	сабинен	971	969	-				
10.	β-пинен	975	974	1,6	0,0	4,1	1,7	104,6
11.	δ-2-карен	1002	1001	-				
12.	α-терпинен	1015	1014	-				
13.	*p*-цимен	1016	1020	-				
14.	*o*-цимен	1022	1022	-				
15.	лимонен	1026	1024	-				
16.	1,8-цинеол	1029	1026	-				
17.	γ-терпинен	1057	1054	-				
18.	*cis*-сабинен-хидрат	1065	1065	-				
19.	*p*-мента-2,4(8)-диен	1082	1085	-				
20.	2-метиленборнан	1087		-				
21.	линалол	1090	1095	-				
22.	*trans*-сабинен-хидрат	1090	1098	-				
23.	филифолон	1102	1106[2a]	-				
24.	*cis*-тујон	1108	1101	-				
25.	*trans*-тујон	1116	1112	-				
26.	хризантенон	1127	1124	-				
27.	*trans*-сабинол	1138	1137	-				
28.	камфор	1144	1141	-				
29.	*cis*-хризантенол	1160	1160	-				
30.	пинокарвон	1162	1160	-				
31.	борнеол	1165	1160	-				
32.	терпинен-4-ол	1168	1174	-				
33.	нерол	1225	1227	-				
34.	*cis*-хризантенил-ацетат	1260	1261	-				
35.	*trans*-сабинил-ацетат	1284	1289	-				
36.	(*E*)-кариофилен	1422	1417	1,2	0,7	2,1	0,6	49,0
37.	(*E*)-β-фарнезен	1454	1454	3,2	0,0	10,7	4,8	149,1
38.	гермакрен D	1483	1480	1,8	0,6	4,0	1,3	73,1
39.	бициклогермакрен	1498	1500	0,6	0,0	2,0	0,9	149,1
40.	γ-кадинен	1514	1513	-				
	Укупно			8,5	4,6	16,1	5,0	58,5
	Монотерпенски угљоводоници (МУ)			1,6	0,0	4,1	1,7	104,6
	Оксигеновани монотерпени (ОМ)			-				
	Сесквитерпенски угљоводоници (СУ)			6,8	1,5	16,1	5,9	85,7
	Остало (О)			-				

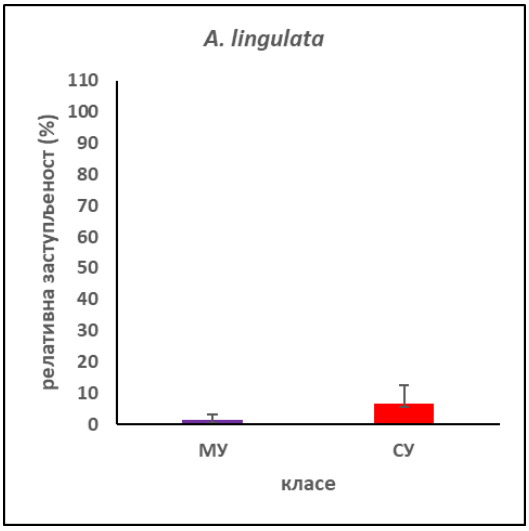
[1]RI: експериментални линеарни ретенциони индекси у односу на *n*-алкане C_8-C_{40}. [2]LI: литературни индекси - Адамсови ретенциони индекси (Adams, 2007) и [2a] - складу са NIST базом података. Компоненте које нису детектоване су означене као (-). Компоненте заступљене у просечној концентрацији ≥10% су болдиране.



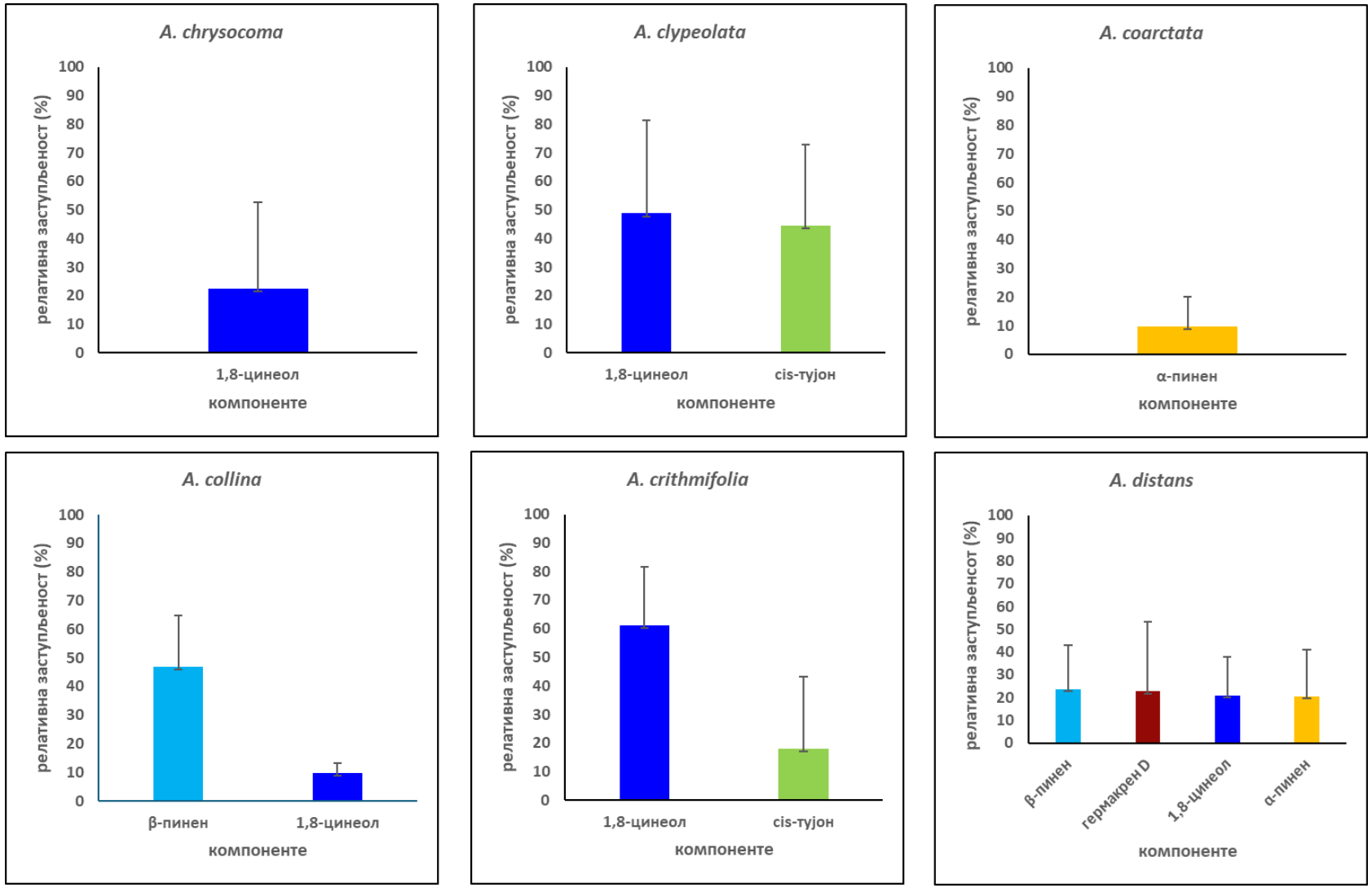
Слика 5-7. Средње вредности са стандардним девијацијама различитих класа *HS* испарљивих компоненти стабла *A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. coarctata*, *A. collina*, *A. crithmifolia* и *A. distans*. МУ - монотерпенски угљоводоници; ОМ - оксигеновани монотерпени; СУ - сесквитерпенски угљоводоници; ОС - оксигеновани сесквитерпени.



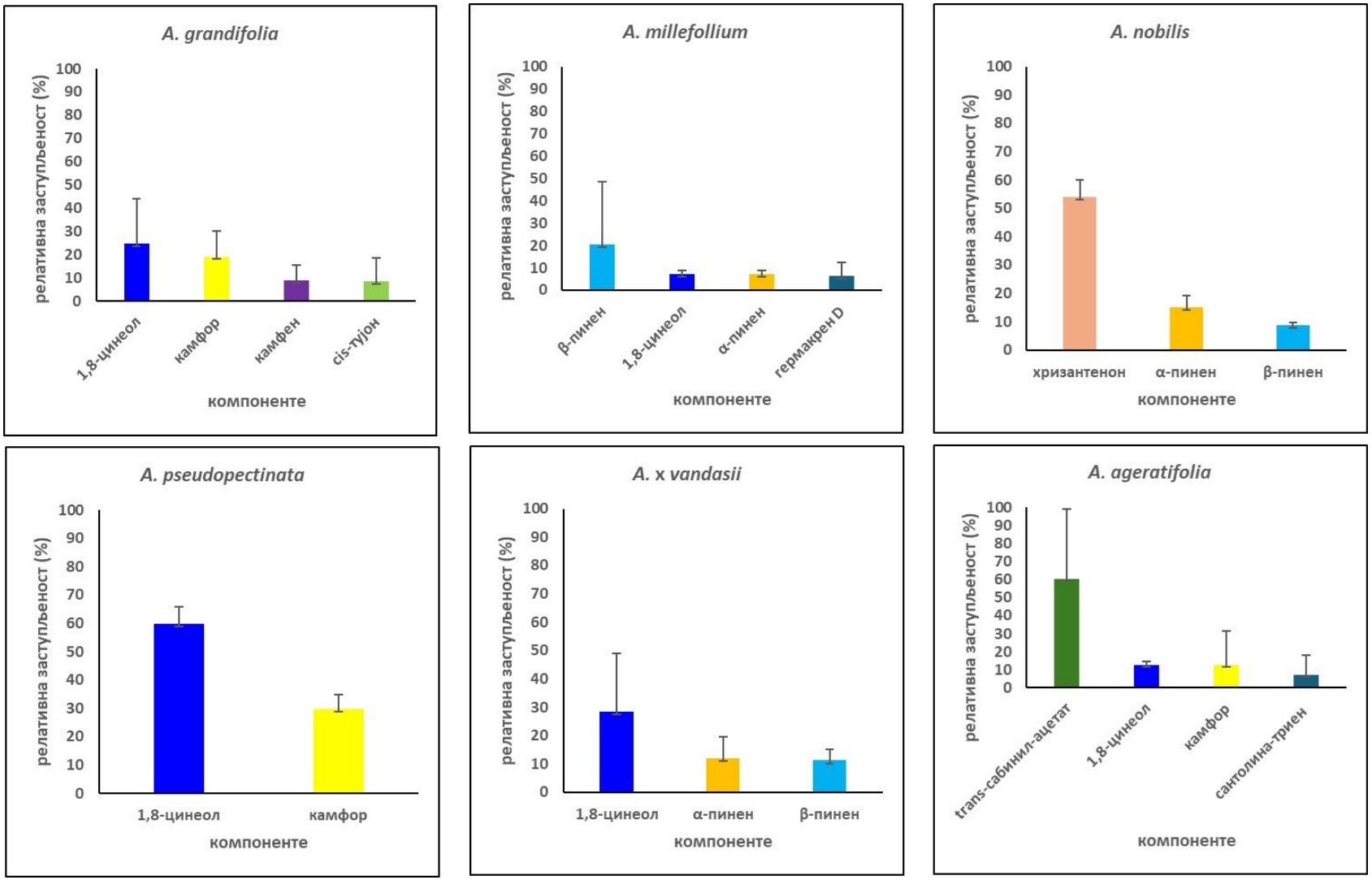
Слика 5-7а. Средње вредности са стандардним девијацијама различитих класа *HS* испарљивих компоненти стабла *A. grandifolia*, *A. millefolium*, *A. nobilis*, *A. pseudopectinata*, *A.* x *vandasii* и *A. ageratifolia*. МУ - монотерпенски угљоводоници; ОМ - оксигеновани монотерпени; СУ - сесквитерпенски угљоводоници.



Слика 5-7б. Средње вредности са стандардним девијацијама различитих класа *HS* испарљивих компоненти стабла *A. lingulata.* МУ - монотерпенски угљоводоници; СУ - сесквитерпенски угљоводоници.



Слика 5-8. Средње вредности са стандардним девијацијама доминантних *HS* испарљивих компоненти стабла (релативни садржај ≥5%) *A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. coarctata*, *A. collina*, *A. crithmifolia* и *A. distans*.



Слика 5-8а. Средње вредности са стандардним девијацијама доминантних *HS* испарљивих компоненти стабла (релативни садржај ≥5%) *A. grandifolia*, *A. millefolium*, *A. nobilis*, *A. pseudopectinata*, *A.* x *vandasii* и *A. ageratifolia*.

5.2.3. Варијабилност хемијског састава лако испарљивих (*HS*) компоненти листа стабла испитиваних врста рода *Achillea*

Резултати анализе *HS* испарљивих компоненти листа стабла 65 јединки из по једне популације свих 13 испитиваних *Achillea* врста показали су присуство 43 компоненте (**табеле 5-5**, **5-5а**, **5-5б**, **5-5в** и **5-5г**).

Оксигеновани монтерпени представљали су најзаступљенију класу *HS* испарљивих компоненти листа стабла код већине анализираних врста, варирајући у опсегу од око 50% (*A. chrysocoma* и *A. millefolium*) до преко 70% (*A. clypeolata*, *A. coarctata*, *A. crithmifolia*, *A. grandifolia*, *A. nobilis*, *A. pseudopectinata*, *A.* x *vandasii* и *A. ageratifolia*) (**слике 5-9**, **5-9а** и **5-9б**, **табеле 5-5**, **5-5а**, **5-5б**, **5-5в** и **5-5г**). Са друге стране, садржај испарљивијих монотерпенских угљоводоника био је нижи, осим код *A. collina* (74,7%), где су представљали најзаступљенију класу *HS* испарљивих компоненти листа стабла. Међутим, сличан садржај ове две класе забележен је код *A. distans* (49,2% и 47,0%, респ.) и *A. millefolium* (59,0% и 40,2%, респ.). Сесквитерпени су били присутни у количини <1% или одсутни, осим код *A. lingulata* (6,7%).

У погледу просечних садржаја појединачних *HS* испарљивих компоненти листа стабла, очигледну доминацију показали су 1,8-цинеол (*A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. coarctata*, *A. crithmifolia*, *A. distans*, *A. millefolium, A. pseudopectinata* и *A.* x *vandasii*), β-пинен (*A. collina u A. lingulata*), камфор (*A. grandifolia*), хризантенон (*A. nobilis*) и *trans*-сабинил-ацетат (*A, ageratifolia*) (**слике 5-10**, **5-10а** и **5-10б**). Осим тога, *A. distans*, *A. millefolium* и *A. collina* (A. millefolium agg.) садржале су 1,8-цинеол (46,9%, 42,4% и 24,2%, респ.) и β-пинен (35,9%, 19,6% и 68,2%, респ.) као прве две *HS* испарљиве компоненте листа стабла. Такође, 1,8-цинеол (67,0%) и β-пинен (16,3%) биле су главне *HS* испарљиве компоненте листа стабла код *A.* x *vandasii*. Доминација 1,8-цинеола (83,8% и 55,3%, респ.) и α-пинена (8,5% и 9,8%, респ.) одликовала је *HS* профил *A. coarctata* и *A. chrysocoma*, а 1,8-цинеол (50,8% и 53,75%, респ.) и *cis*-тујон (19,8% и 40,7%) *HS* профил *A. crithmifolia* и *A. clypeolata*. Доминантне *HS* испарљиве компоненте листа стабла код *A. pseudopectinata* и *A. grandifolia* биле су 1,8-цинеол (67,9% и 21,8%, респ.) и камфор (21,6% и 41,9%, респ.). Међутим, хризантенон и α-пинен (63,1% и 10,2%, респ.) су биле најиспарљивије *HS* компоненте *A. nobilis*. Са друге стране, *A. ageratifolia* (*Anthemoideae*) имала је потпуно различиту дистрибуцију лако испарљивих компоненти

листа стабла са *trans*-сабинил-ацетатом и 1,7,7-триметилбицикло [2,2,1] хепт-5-ен-2-оном (67,2% и 13,0%, респ.) као главним компонентама, које су биле потпуно одсутне у осталим испитиваним *HS* узорцима. Међутим, слично као и у случају узорака стабла, у испарљивој *HS* фракцији листа стабла врсте *A. lingulata* (*Anthemoideae*) детектована су свега три једињења, од којих је једино β-пинен присутан у концентрацији >5%.

Према нашим сазнањима, до сада нису истраживане *HS* испарљиве компоненте листа стабла врста рода *Achillea*. Стога, добијени резултати су упоређивани са литературним подацима о хемијском саставу уља листа *Achillea* врста. *Sampietro* и сар. (2016) објавили су да су 1,8-цинеол и β-тујон доминантне компоненте уља листа *A. nobilis*, за разлику од испитиваног узорка у коме су прве две најзаступљеније *HS* компоненте хризантенон и α-пинен. Слично резултатима ове докторске дисертације, *Tzakou* и сар. (2009) указали су на доминацију 1,8-цинеола и α-пинена у етарском уљу листа *A. coarctata*, али се као друга најзаступљенија компонента издвојио камфор, који је био потпуно одсутан у испитиваном узорку. Веће слагање са литературним подацима уочено је у случају хемијског састава етарског уља листа *A. millefolium* (Conti et al., 2010) и испитиваних *HS* испарљивих компоненти; у оба случаја 1,8-цинеол и β-пинен су две главне компоненте.

Резултати дескриптивне статистике показали су да се већина компоненти налази у оквиру високог (50<CV%<100) и јако високог степена варијабилности (CV%>100). Ипак, неке компоненте су се издвојиле као ниско варијабилне (CV<10%): 1,8-цинеол код *A. collina* и *A. pseudopectinata*; α-пинен, камфен, сабинен и β-пинен код *A. collina* и хризантенон код *A. nobilis* (**табеле 5-5**, **5-5а**, **5-5б**, **5-5в** и **5-5г**). У оквиру умереног степена варијабилности (10<CV%<50), код четири врсте (*A. coarctata*, *A. crithmifolia*, *A. millefolium* и *A.* x *vandasii*) налазио се 1,8-цинеол. Умереним степеном варијабилности одликовао се још β-пинен код три врсте (*A. crithmifolia*, *A. nobilis* и *A.* x *vandasii*); α-пинен код *A. nobilis* и *A.* x *vandasii*; камфен код *A. pseudopectinata* и *A.* x *vandasii*; сабинен и α-терпинеол код *A. distans*; *cis*-сабинен-хидрат, *trans*-сабинен-хидрат, филифолон, пинокравон, терпинен-4-ол и *cis*-хризантенил-ацетат код *A. nobilis*; камфор код *A. pseudopectinata* и (*E*)-кариофилен код *A. lingulata.* Најниже вредности овог коефицијента, утврђене су за камфен, β-пинен, α-пинен и сабинен (0,9%, 2,9%, 7,5% и 8,4% респ.) који су могу сматрати најстабилнијим *HS* компонентама листа стабла код *A. collina*; 1,8-цинеол (5,0% и 7,1%, респ.) који се може сматрати најстабилнијом *HS* компонентом

листа стабла код *A. pseudopectinata* и *A. collina* и хризантенон (6,4%) који се може сматрати најстабилнијом *HS* компонентом листа стабла код *A. nobilis.*

Табела 5-5. Резултати дескриптивне статистике за *HS* испарљиве компоненте листа стабла *A. chrysocoma*, *A. clypeolata* и *A. coarctata*.

				A. chrysocoma					***A. clypeolata***					***A. coarctata***				
Р. бр.	**Компоненте**	**RI[1]**	**LI[2]**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**
1.	2-метил-1-бутанетиол	788	787	-					-					-				
2.	хексанал	795	801	-					-					-				
3.	5,5-диметил-2-етил-1,3-циклопентадиен	809	812[2a]	-					-					-				
4.	1,6-диметилхепта- 1,3,5-триен	843	837[2a]	-					-					-				
5.	(*Z*)-салвен	847	847	-					-					-				
6.	сантолинатриен	905	906	-					-					-				
7.	трициклен	915	921	-					-					-				
8.	α-пинен	932	932	9,8	4,1	18,0	5,7	57,9	-					8,5	1,2	22,6	8,9	105,5
9.	камфен	946	946	-					0,2	0,0	0,6	0,3	104,6	0,9	0,0	1,6	0,6	65,8
10.	сабинен	971	969	1,5	0,0	2,1	0,9	63,9	-					-				
11.	β-пинен	975	974	2,8	0,0	5,9	2,2	78,4	0,3	0,0	1,0	0,5	149,1	5,4	0,0	17,9	8,0	149,1
12.	мирцен	988	988	-					-					-				
13.	α-терпинен	1015	1014	-					-					-				
14.	*p*-цимен	1016	1020	-					-					-				
15.	*o*-цимен	1022	1022	-					-					-				
16.	лимонен	1026	1024	0,3	0,0	1,1	0,5	149,1	-					-				
17.	**1,8-цинеол**	**1029**	**1026**	**55,3**	**1,5**	**87,8**	**35,9**	**64,9**	**53,7**	**27,9**	**99,0**	**29,9**	**55,6**	**83,8**	**56,1**	**96,0**	**17,7**	**21,2**
18.	γ-терпинен	1057	1054	-					-					-				
19.	*cis*-сабинен-хидрат	1065	1065	0,4	0,0	0,9	0,4	104,6	0,2	0,0	0,7	0,3	149,1	-				
20.	неидентификовано*	1079		-					-					-				
21.	*p*-мента-2,4(8)-диен	1082	1085	-					-					-				
22.	линалоол	1090	1095	-					-					-				
23.	*trans*-сабинен-хидрат	1090	1098	-					-					-				
24.	филифолон	1102	1106[2a]	-					-					-				
25.	***cis*-туjон**	**1108**	**1101**	-					**40,7**	**0,0**	**64,1**	**26,9**	**66,1**	0,8	0,0	2,6	1,2	149,1
26.	1,7,7-триметилбицикло [2,2,1] хепт-5-ен-2-он	1108	1102	-					-					-				
27.	*cis-p*-мент-2-ен-1-ол	1113	1117[2a]	0,5	0,0	1,6	0,7	149,1	-					-				
28.	*trans*-туjон	1116	1112	-					4,5	0,0	7,4	3,0	67,3	-				
29.	хризантенон	1127	1124	-					-					-				
30.	*trans-p*-мент-2-ен-1-ол	1131	1135[2a]	0,3	0,0	1,1	0,5	149,1	-					-				
31.	*trans*-сабинол	1138	1137	-					-					-				

32.	камфор	1144	1141	-					0,3	0,0	0,7	0,3	104,6	-				
33.	*cis*-хризантенол	1160	1160	-					-					-				
34.	пинокарвон	1162	1160	-					-					-				
35.	борнеол	1165	1160	-					-					0,8	0,0	1,9	0,8	104,6
36.	терпинен-4-ол	1168	1174	-					-					-				
37.	α-терпинеол	1189	1186	-					-					-				
38.	*cis*-хризантенил-ацетат	1260	1261	-					-					-				
39.	изоборнил-ацетат	1277	1283	-					-					-				
40.	*trans*-сабинил-ацетат	1284	1289	-					-					-				
41.	(*E*)-кариофилен	1422	1417	-					-					-				
42.	гермакрен D	1483	1480	-					-					-				
43.	кариофилен-оксид	1576	1582	-					-					-				
	Укупно			70,9	5,6	100,0	41,9	59,0	100,0	100,0	100,0	0,0	0,0	100,1	100,0	100,1	0,0	0,0
	Монотерпенски угљоводоници (МУ)			14,5	4,1	26,0	8,3	57,4	0,5	0,0	1,0	0,4	74,2	14,7	2,8	41,4	17,0	115,1
	Оксигеновани монотерпени (ОМ)			56,4	1,5	90,5	36,8	65,3	99,5	99,0	100,0	0,4	0,4	85,3	58,7	97,3	16,9	19,9
	Сесквитерпенски угљоводоници (СУ)			-					-					-				
	Оксигеновани сесквитепени (ОС)			-					-					-				
	Остало (О)			-					-					-				
	Неидентификовано			-					-					-				

[1]RI: експериментални линеарни ретенциони индекси у односу на *n*-алкане C_8-C_{40}. [2]LI: литературни индекси - Адамсови ретенциони индекси (Adams, 2007) и [2a] - складу са NIST базом података. *неидентификована компонента. Компоненте које нису детектоване су означене као (-). Компоненте заступљене у просечној концентрацији ≥10% су болдиране.

Табела 5-5а. Резултати дескриптивне статистике за *HS* испарљиве компоненте листа стабла *A. collina*, *A. crithmifolia* и *A. distans*.

				A. collina					***A. crithmifolia***					***A. distans***				
Р. бр.	**Компоненте**	**RI[1]**	**LI[2]**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**
1.	2-метил-1-бутанетиол	788	787	-					-					1,1	0,0	3,5	1,6	149,1
2.	хексанал	795	801	-					-					0,3	0,0	0,9	0,4	149,1
3.	5,5-диметил-2-етил-1,3-циклопентадиен	809	812[2a]	-					-					-				
4.	1,6-диметилхепта- 1,3,5-триен	843	837[2a]	-					-					-				
5.	(*Z*)-салвен	847	847	-					0,3	0,0	1,1	0,5	149,1	-				
6.	сантолинатриен	905	906	-					0,3	0,0	0,9	0,4	104,6					
7.	трициклен	915	921	-					-					-				
8.	α-пинен	932	932	2,7	2,4	2,9	0,2	7,5	5,3	0,0	12,2	4,8	91,6	5,4	2,4	11,4	3,8	70,2
9.	камфен	946	946	1,3	1,3	1,3	0,0	0,9	1,4	0,0	3,5	1,4	100,4	-				
10.	сабинен	971	969	2,3	2,0	2,5	0,2	8,4	0,3	0,0	1,1	0,5	149,1	3,8	2,6	5,1	1,0	25,6
11.	**β-пинен**	**975**	**974**	**68,2**	**65,4**	**70,3**	**1,9**	**2,9**	1,0	0,7	1,3	0,2	21,1	**35,9**	**4,7**	**64,4**	**23,6**	**65,9**
12.	мирцен	988	988	-					-					-				
13.	α-терпинен	1015	1014	-					0,3	0,0	1,1	0,5	149,1	-				
14.	*p*-цимен	1016	1020	-					-					2,0	0,0	4,2	1,6	79,7
15.	*o*-цимен	1022	1022	0,3	0,0	0,9	0,4	149,1	5,2	1,9	9,5	3,1	59,1	-				
16.	лимонен	1026	1024	-					-					-				
17.	**1,8-цинеол**	**1029**	**1026**	**24,2**	**22,1**	**26,5**	**1,7**	**7,1**	**50,8**	**22,2**	**69,2**	**19,3**	**38,0**	**46,9**	**7,2**	**77,5**	**28,2**	**60,2**
18.	γ-терпинен	1057	1054	-					0,7	0,0	2,2	1,0	149,1	-				
19.	*cis*-сабинен-хидрат	1065	1065	-					0,9	0,0	2,9	1,3	149,1	-				
20.	неидентификовано*	1079		-					-					-				
21.	*p*-мента-2,4(8)-диен	1082	1085	-					-					-				
22.	линалол	1090	1095	-					0,4	0,0	1,5	0,6	149,1	-				
23.	*trans*-сабинен-хидрат	1090	1098	-					-					-				
24.	филифолон	1102	1106[2a]	-					-					-				
25.	*cis*-тујон	1108	1101	-					**19,8**	**0,0**	**65,9**	**29,5**	**149,1**					
26.	1,7,7-триметилбицикло [2,2,1] хепт-5-ен-2-он	1108	1102	-					-					-				
27.	*cis*-*p*-мент-2-ен-1-ол	1113	1117[2a]	-					-					-				
28.	*trans*-тујон	1116	1112	-					1,4	0,0	4,6	2,1	149,1	-				
29.	хризантенон	1127	1124	-					0,7	0,0	2,5	1,1	149,1	-				
30.	*trans*-*p*-мент-2-ен-1-ол	1131	1135[2a]	-					-					-				
31.	*trans*-сабинол	1138	1137	-					-					-				

32.	камфор	1144	1141	-					0,9	0,0	2,1	0,9	104,6	-						
33.	*cis*-хризантенол	1160	1160	-					7,0	0,0	17,4	7,3	104,6	-						
34.	пинокарвон	1162	1160	-					-					-						
35.	борнеол	1165	1160	0,5	0,0	0,8	0,3	63,9	2,1	0,0	4,8	1,9	89,9	1,2	0,0	3,9	1,7	149,1		
36.	терпинен-4-ол	1168	1174	-					1,2	0,0	2,8	1,1	95,8	-						
37.	α-терпинеол	1189	1186	-					-					1,2	0,9	1,5	0,2	20,8		
38.	*cis*-хризантенил-ацетат	1260	1261	-					-					-						
39.	изоборнил-ацетат	1277	1283	-					-					-						
40.	*trans*-сабинил-ацетат	1284	1289	-					-					-						
41.	(*E*)-кариофилен	1422	1417	-					-					-						
42.	гермакрен D	1483	1480	-					-					-						
43.	кариофилен-оксид	1576	1582	-					-					0,7	0,0	2,4	1,1	149,1		
	Укупно			99,4	99,1	100,0	0,4	0,4	100,0	100,0	100,0	0,0	0,0	98,2	93,8	100,1	2,8	2,9		
	Монотерпенски угљоводоници (МУ)			74,7	72,7	77,0	1,7	2,3	14,5	4,8	18,9	6,2	42,9	47,0	15,4	80,7	25,8	55,0		
	Оксигеновани монотерпени (ОМ)			24,7	22,1	27,3	2,0	8,2	85,1	80,6	95,2	6,4	7,5	49,2	12,6	78,4	26,3	53,5		
	Сесквитерпенски угљоводоници (СУ)			-					-					-						
	Оксигеновани сесквитерпени (ОС)			-					-					0,7	0,0	2,4	1,1	149,1		
	Остало (О)			-					0,3	0,0	0,9	0,4	104,6	1,3	0,0	4,4	2,0	149,1		
	Неидентификовано			-					-					-						

[1]RI: експериментални линеарни ретенциони индекси у односу на *n*-алкане C_8-C_{40}. [2]LI: литературни индекси - Адамсови ретенциони индекси (Adams, 2007) и [2a] - складу са NIST базом података. *неидентификована компонента. Компоненте које нису детектоване су означене као (-). Компоненте заступљене у просечној концентрацији ≥10% су болдиране.

Табела 5-5б. Резултати дескриптивне статистике за *HS* испарљиве компоненте листа стабла *A. grandifolia*, *A. millefolium* и *A. nobilis*.

				A. grandifolia					***A. millefolium***					***A. nobilis***				
Р. бр.	**Компоненте**	**RI[1]**	**LI[2]**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**
1.	2-метил-1-бутанетиол	788	787	-					-					-				
2.	хексанал	795	801	-					-					-				
3.	5,5-диметил-2-етил-1,3-циклопентадиен	809	812[2a]	-					-					0,3	0,0	0,8	0,3	104,6
4.	1,6-диметилхепта- 1,3,5-триен	843	837[2a]	-					-					0,4	0,0	1,0	0,4	104,6
5.	(*Z*)-салвен	847	847	-					-					-				
6.	сантолинатриен	905	906	-					-					-				
7.	трициклен	915	921	0,4	0,0	1,3	0,6	149,1	-					-				
8.	**α-пинен**	**932**	**932**	4,9	2,3	10,0	3,2	64,6	**14,0**	**5,4**	**24,1**	**7,4**	**53,1**	**10,2**	**6,2**	**14,3**	**3,2**	**31,7**
9.	**камфен**	**946**	**946**	**11,8**	**0,0**	**25,5**	**10,1**	**86,1**	3,2	0,0	5,5	2,2	70,2	-				
10.	сабинен	971	969	-					0,7	0,0	1,3	0,5	70,3	0,3	0,0	0,7	0,3	104,6
11.	**β-пинен**	**975**	**974**	0,6	0,0	2,0	0,9	149,1	**19,6**	**2,8**	**55,7**	**22,9**	**116,6**	6,4	4,5	7,4	1,3	19,7
12.	мирцен	988	988	-					0,6	0,0	1,4	0,5	84,0	-				
13.	α-терпинен	1015	1014	-					-					0,3	0,0	0,8	0,3	104,6
14.	*p*-цимен	1016	1020	-					-					2,4	0,0	6,1	2,6	104,6
15.	*o*-цимен	1022	1022	-					-					2,6	0,0	4,6	1,8	70,3
16.	лимонен	1026	1024	0,5	0,0	1,6	0,7	149,1	2,1	0,0	3,8	1,5	71,5	0,2	0,0	0,6	0,3	104,6
17.	**1,8-цинеол**	**1029**	**1026**	**21,8**	**5,1**	**60,1**	**24,4**	**111,7**	**42,4**	**35,6**	**51,7**	**6,5**	**15,3**	0,4	0,0	0,9	0,4	104,6
18.	γ-терпинен	1057	1054	-					-					0,5	0,0	1,2	0,5	104,6
19.	*cis*-сабинен-хидрат	1065	1065	-					0,2	0,0	0,6	0,3	149,1	3,2	2,6	3,8	0,4	13,8
20.	неидентификовано*	1079		-					-					0,4	0,0	1,1	0,5	104,6
21.	*p*-мента-2,4(8)-диен	1082	1085	-					-					-				
22.	линалол	1090	1095	-					-					-				
23.	*trans*-сабинен-хидрат	1090	1098	-					-					0,8	0,7	0,9	0,1	13,9
24.	филифолон	1102	1106[2a]	-					-					1,5	0,9	2,2	0,5	33,2
25.	*cis*-тујон	1108	1101	8,7	0,0	29,0	13,0	149,1	-					-				
26.	1,7,7-триметилбицикло [2,2,1] хепт-5-ен-2-он	1108	1102	-					-					0,5	0,0	1,1	0,4	75,7
27.	*cis*-*p*-мент-2-ен-1-ол	1113	1117[2a]	-					-					-				
28.	*trans*-тујон	1116	1112	1,7	0,0	5,6	2,5	149,1	-					-				
29.	**хризантенон**	**1127**	**1124**	-					-					**63,1**	**58,8**	**69,5**	**4,1**	**6,4**
30.	*trans*-*p*-мент-2-ен-1-ол	1131	1135[2a]	-					-					-				
31.	*trans*-сабинол	1138	1137	-					-					0,6	0,0	1,2	0,5	70,7

32.	**камфор**	**1144**	**1141**	**41,9**	**0,0**	**74,5**	**27,8**	**66,3**	-					-				
33.	*cis*-хризантенол	1160	1160	-					-					-				
34.	пинокарвон	1162	1160	-					-					0,9	0,8	1,1	0,1	12,5
35.	**борнеол**	**1165**	**1160**	7,5	0,0	14,5	5,7	76,4	**15,8**	**0,0**	**24,0**	**10,0**	**63,1**	-				
36.	терпинен-4-ол	1168	1174	-					-					1,8	1,3	2,6	0,5	28,2
37.	α-терпинеол	1189	1186	-					0,6	0,0	1,0	0,4	63,1	-				
38.	*cis*-хризантенил-ацетат	1260	1261	-					-					1,7	1,3	2,5	0,5	30,3
39.	изоборнил-ацетат	1277	1283	0,3	0,0	1,0	0,4	149,1	-					-				
40.	*trans*-сабинил-ацетат	1284	1289	-					-					-				
41.	(*E*)-кариофилен	1422	1417	-					-					-				
42.	гермакрен D	1483	1480	-					0,6	0,0	1,5	0,5	89,7	-				
43.	кариофилен-оксид	1576	1582	-					-					-				
	Укупно			100,1	100,1	100,1	0,0	0,0	99,9	99,6	100,0	0,2	0,2	98,7	98,1	99,0	0,4	0,4
	Монотерпенски угљоводоници (МУ)			18,2	5,4	38,4	13,6	74,9	40,2	23,4	61,1	14,0	34,8	22,9	14,6	26,5	5,3	23,1
	Оксигеновани монотерпени (ОМ)			81,9	61,7	94,7	13,6	16,6	59,0	37,5	76,6	14,5	24,6	74,6	69,4	83,5	5,6	7,5
	Сесквитерпенски угљоводоници (СУ)			-					0,6	0,0	1,5	0,5	89,7	-				
	Оксигеновани сесквитерпени (ОС)			-					-					-				
	Остало (О)			-					-					7,2	0,0	1,1	0,5	104,6
	Неидентификовано			-					-					0,4	0,0	1,1	0,5	104,6

[1]RI: експериментални линеарни ретенциони индекси у односу на *n*-алкане C_8-C_{40}. [2]LI: литературни индекси - Адамсови ретенциони индекси (Adams, 2007) и [2a] - складу са NIST базом података. *неидентификована компонента. Компоненте које нису детектоване су означене као (-). Компоненте заступљене у просечној концентрацији ≥10% су болдиране.

Табела 5-5в. Резултати дескриптивне статистике за *HS* испарљиве компоненте листа стабла *A. pseudopectinata*, *A.* x *vandasii* и *A. ageratifolia*.

				A. pseudopectinata					***A.* x *vandasii***					***A. ageratifolia***				
Р. бр.	**Компоненте**	**RI[1]**	**LI[2]**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**
1.	2-метил-1-бутанетиол	788	787	-					-					-				
2.	хексанал	795	801	-					-					-				
3.	5,5-диметил-2-етил-1,3-циклопентадиен	809	812[2a]	-					-					-				
4.	1,6-диметилхепта- 1,3,5-триен	843	837[2a]	-					-					5,2	0,0	17,3	7,7	149,1
5.	(*Z*)-салвен	847	847	-					-					2,0	0,0	6,7	3,0	149,1
6.	сантолинатриен	905	906	0,3	0,0	1,1	0,5	149,1	-					1,9	0,0	6,2	2,8	149,1
7.	трициклен	915	921	-					-					-				
8.	α-пинен	932	932	1,2	0,0	3,1	1,3	104,6	9,4	4,3	12,9	3,5	37,2	-				
9.	камфен	946	946	4,2	1,9	5,4	1,5	35,7	3,2	1,6	4,8	1,3	39,1	0,4	0,0	1,4	0,6	149,1
10.	сабинен	971	969	0,8	0,0	1,2	0,5	63,1	-					-				
11.	**β-пинен**	**975**	**974**	1,0	0,0	2,5	1,0	104,6	**16,3**	**12,9**	**22,1**	**3,8**	**23,6**	-				
12.	мирцен	988	988	-					-					-				
13.	α-терпинен	1015	1014	-					-					-				
14.	*p*-цимен	1016	1020	-					0,2	0,0	0,7	0,3	149,1	4,4	0,0	14,8	6,6	149,1
15.	*o*-цимен	1022	1022	-					-					-				
16.	лимонен	1026	1024	-					-					-				
17.	**1,8-цинеол**	**1029**	**1026**	**67,9**	**65,6**	**73,2**	**3,4**	**5,0**	**67,0**	**48,4**	**81,2**	**13,2**	**19,7**	2,8	0,0	5,2	1,9	68,7
18.	γ-терпинен	1057	1054	-					-					-				
19.	*cis*-сабинен-хидрат	1065	1065	0,7	0,0	1,2	0,5	70,8	-					-				
20.	неидентификовано*	1079		-					-					-				
21.	*p*-мента-2,4(8)-диен	1082	1085	-					-					-				
22.	линалоол	1090	1095	-					-					-				
23.	*trans*-сабинен-хидрат	1090	1098	0,3	0,0	0,9	0,4	149,1	-					-				
24.	филифолон	1102	1106[2a]	-					-					1,1	0,0	3,5	1,6	149,1
25.	*cis*-тујон	1108	1101	-					1,9	0,0	6,4	2,9	149,1	-				
26.	**1,7,7-триметилбицикло [2,2,1] хепт-5-ен-2-он**	**1108**	**1102**	-					-					**13,0**	**0,0**	**43,2**	**19,3**	**149,1**
27.	*cis*-*p*-мент-2-ен-1-ол	1113	1117[2a]	-					-					-				
28.	*trans*-тујон	1116	1112	-					-					-				
29.	хризантенон	1127	1124	-					-					-				
30.	*trans*-*p*-мент-2-ен-1-ол	1131	1135[2a]	-					-					-				
31.	*trans*-сабинол	1138	1137	-					-					1,2	0,0	4,0	1,8	149,1

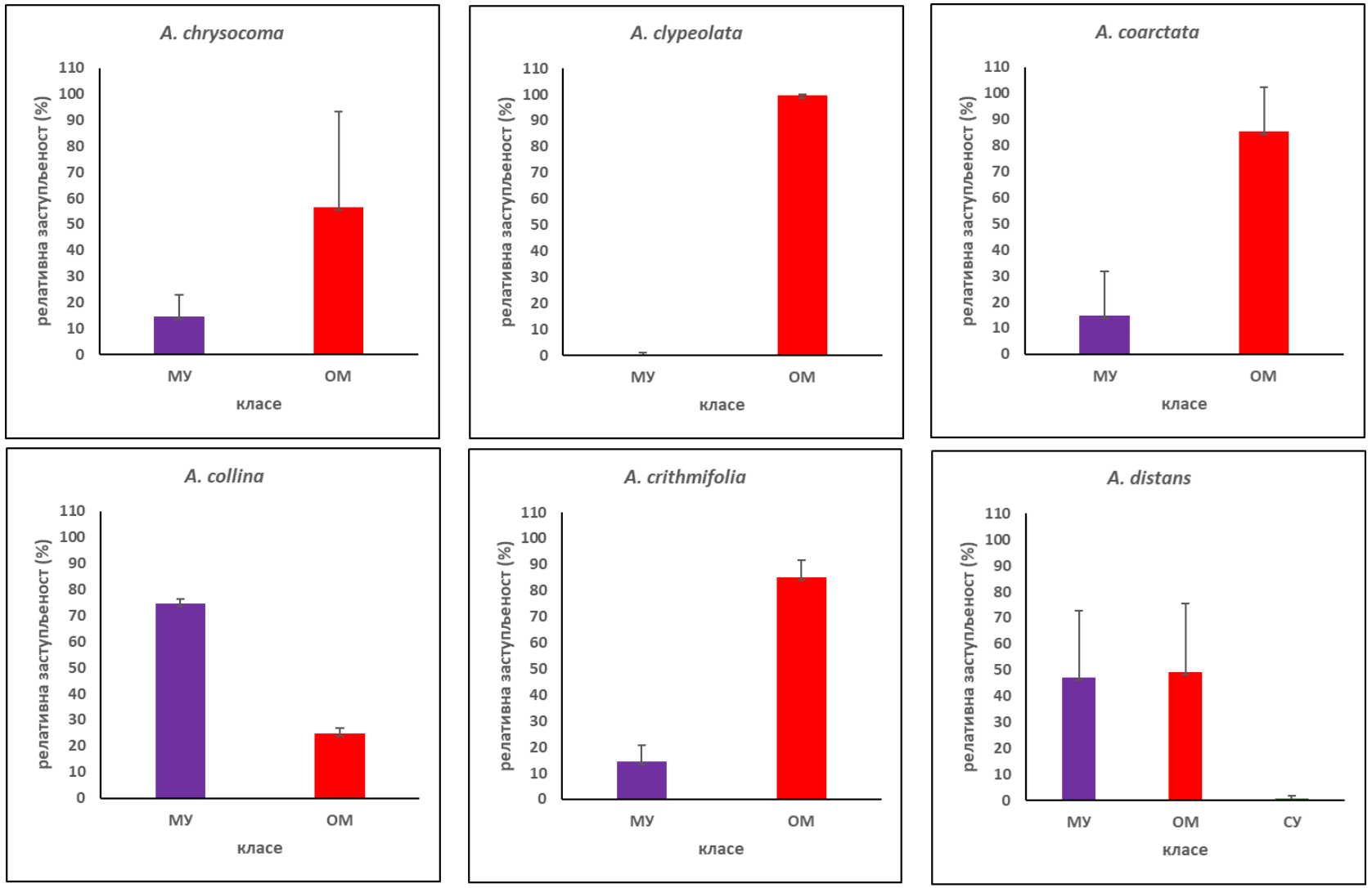
32.	**камфор**	**1144**	**1141**	**21,6**	**18,5**	**27,8**	**3,9**	**18,1**	0,2	0,0	0,8	0,4	149,1	-				
33.	*cis*-хризантенол	1160	1160	-					-					-				
34.	пинокарвон	1162	1160	-					-					-				
35.	борнеол	1165	1160	1,4	0,0	2,6	1,0	70,2	1,6	0,0	3,3	1,3	84,4	-				
36.	терпинен-4-ол	1168	1174	0,7	0,0	1,1	0,4	68,8	-					-				
37.	α-терпинеол	1189	1186	-					-					-				
38.	*cis*-хризантенил-ацетат	1260	1261	-					-					-				
39.	изоборнил-ацетат	1277	1283	-					-					0,5	0,0	1,7	0,8	149,1
40.	***trans*-сабинил-ацетат**	**1284**	**1289**	-					-					**67,2**	**0,0**	**97,6**	**43,1**	**64,2**
41.	(*E*)-кариофилен	1422	1417	-					-					-				
42.	гермакрен D	1483	1480	-					0,2	0,0	0,6	0,3	149,1	-				
43.	кариофилен-оксид	1576	1582	-					-					-				
	Укупно			100,0	100,0	100,1	0,0	0,0	100,0	100,0	100,1	0,0	0,0	99,6	98,8	100,0	0,5	0,5
	Монотерпенски угљоводоници (МУ)			7,2	2,9	11,8	3,3	46,5	29,2	18,8	40,5	8,6	29,5	6,9	0,0	22,9	10,2	149,1
	Оксигеновани монотерпени (ОМ)			92,5	88,3	97,1	3,3	3,5	70,7	58,9	81,2	8,8	12,5	85,7	52,4	100,0	21,3	24,8
	Сесквитерпенски угљоводоници (СУ)			-					0,2	0,0	0,6	0,3	149,1	-				
	Оксигеновани сесквитерпени (ОС)			-					-					-				
	Остало (О)			0,3	0,0	1,1	0,5	149,1	-					7,1	0,0	23,5	10,5	149,1
	Неидентификовано			-					-					-				

[1]RI: експериментални линеарни ретенциони индекси у односу на *n*-алкане C_8-C_{40}. [2]LI: литературни индекси - Адамсови ретенциони индекси (Adams, 2007) и [2a] - складу са NIST базом података. *неидентификована компонента. Компоненте које нису детектоване су означене као (-). Компоненте заступљене у просечној концентрацији ≥10% су болдиране.

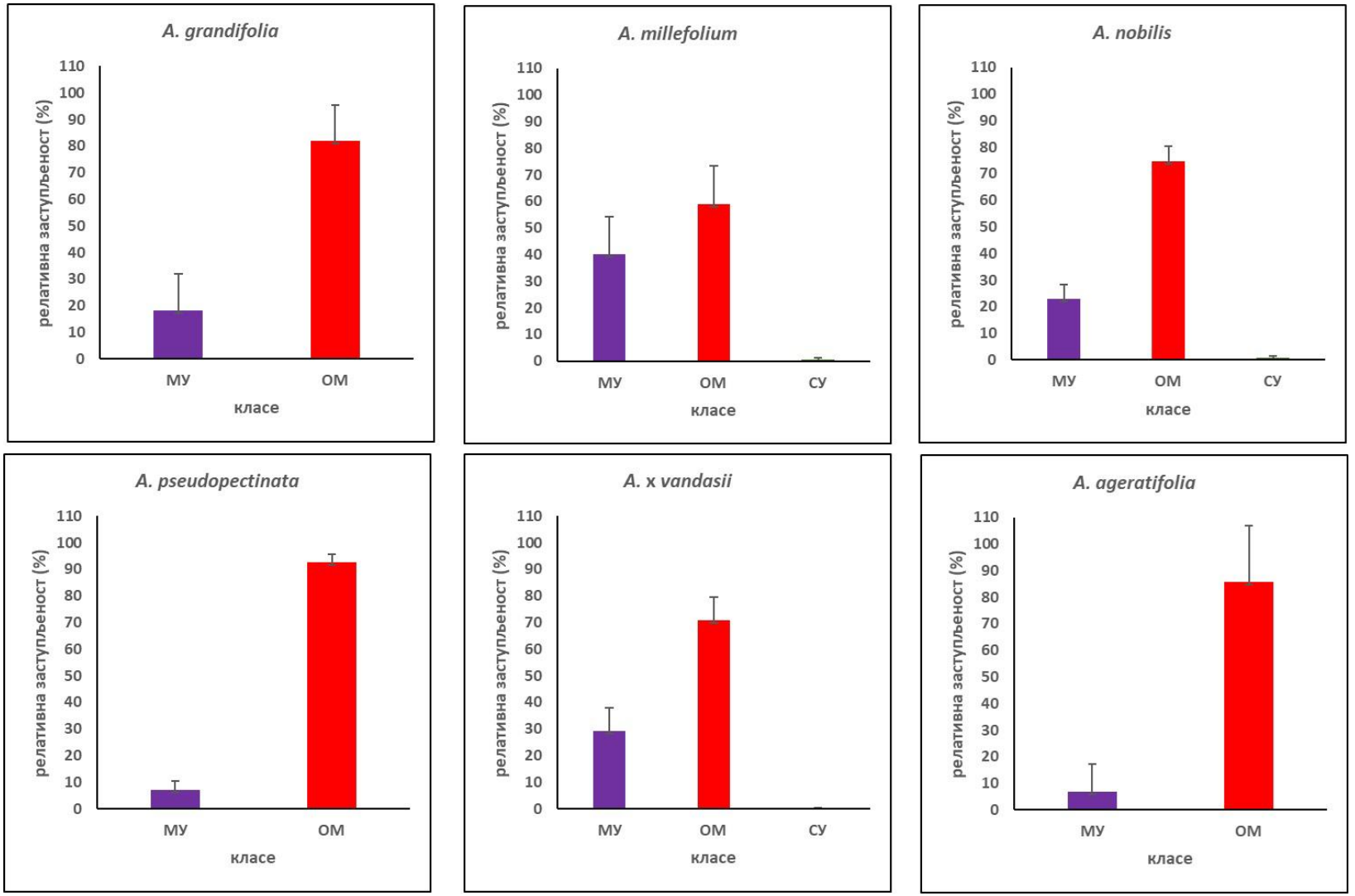
Табела 5-5г. Резултати дескриптивне статистике за *HS* испарљиве компоненте листа стабла *A. lingulata.*

				A. lingulata				
Р. бр.	**Компоненте**	**RI[1]**	**LI[2]**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**
1.	2-метил-1-бутанетиол	788	787	-				
2.	хексанал	795	801	-				
3.	5,5-диметил-2-етил-1,3-циклопентадиен	809	812[2a]	-				
4.	1,6-диметилхепта- 1,3,5-триен	843	837[2a]	-				
5.	(*Z*)-салвен	847	847	-				
6.	сантолинатриен	905	906	-				
7.	трициклен	915	921	-				
8.	α-пинен	932	932	-				
9.	камфен	946	946	-				
10.	сабинен	971	969	-				
11.	β-пинен	975	974	7,2	0,0	24,1	10,8	149,1
12.	мирцен	988	988	-				
13.	α-терпинен	1015	1014	-				
14.	*p*-цимен	1016	1020	-				
15.	*o*-цимен	1022	1022	-				
16.	лимонен	1026	1024	-				
17.	1,8-цинеол	1029	1026	-				
18.	γ-терпинен	1057	1054	-				
19.	*cis*-сабинен-хидрат	1065	1065	-				
20.	неидентификовано*	1079		-				
21.	*p*-мента-2,4(8)-диен	1082	1085	-				
22.	линалоол	1090	1095	-				
23.	*trans*-сабинен-хидрат	1090	1098	-				
24.	филифолон	1102	1106[2a]	-				
25.	*cis*-тујон	1108	1101	-				
26.	1,7,7-триметилбицикло [2,2,1] хепт-5-ен-2-он	1108	1102	-				
27.	*cis*-*p*-мент-2-ен-1-ол	1113	1117[2a]	-				
28.	*trans*-тујон	1116	1112	-				
29.	хризантенон	1127	1124	-				
30.	*trans*-*p*-мент-2-ен-1-ол	1131	1135[2a]	-				
31.	*trans*-сабинол	1138	1137	-				
32.	камфор	1144	1141	-				
33.	*cis*-хризантенол	1160	1160	-				
34.	пинокарвон	1162	1160	-				
35.	борнеол	1165	1160	-				
36.	терпинен-4-ол	1168	1174	-				
37.	α-терпинеол	1189	1186	-				
38.	*cis*-хризантенил-ацетат	1260	1261	-				
39.	изоборнил-ацетат	1277	1283	-				
40.	*trans*-сабинил-ацетат	1284	1289	-				
41.	(*E*)-кариофилен	1422	1417	2,6	1,3	4,3	1,2	45,6
42.	гермакрен D	1483	1480	4,1	0,0	6,3	2,7	65,3
43.	кариофилен-оксид	1576	1582	-				
	Укупно			13,9	7,6	28,4	9,2	66,3
	Монотерпенски угљоводоници (МУ)			7,2	0,0	24,1	10,8	149,1
	Оксигеновани монотерепни (ОМ)			-				
	Сесквитерпенски угљоводоници (СУ)			6,7	4,3	7,9	1,5	22,8
	Оксигеновани сесквитерпени (ОС)			-				
	Остало (О)			-				
	Неидентификовано			-				

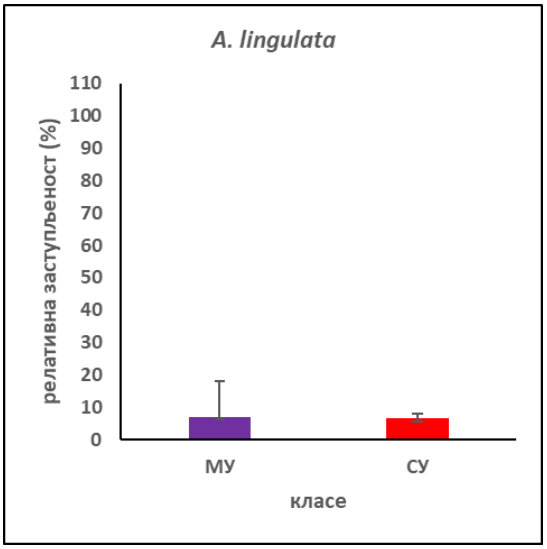
[1]RI: експериментални линеарни ретенциони индекси у односу на *n*-алкане C_8-C_{40}. [2]LI: литературни индекси - Адамсови ретенциони индекси (Adams, 2007) и [2a] - складу са NIST базом података. *неидентификована компонента. Компоненте које нису детектоване су означене као (-). Компоненте заступљене у просечној концентрацији ≥10% су болдиране.



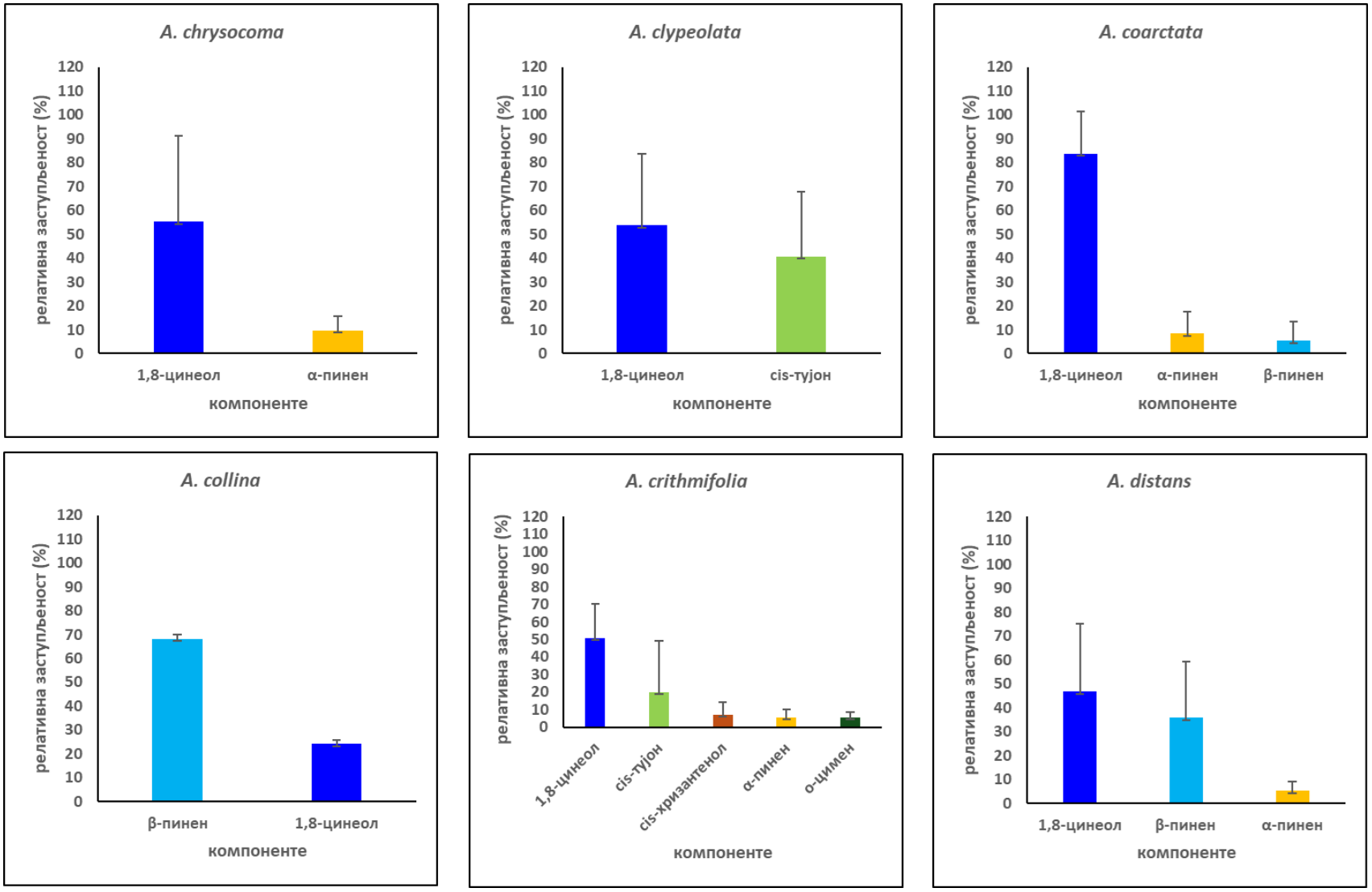
Слика 5-9. Средње вредности са стандардним девијацијама различитих класа *HS* испарљивих компоненти листа стабла *A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. coarctata*, *A. collina*, *A. crithmifolia* и *A. distans*. МУ - монотерпенски угљоводоници; ОМ - оксигеновани монотерпени; СУ - сесквитерпенски угљоводоници.



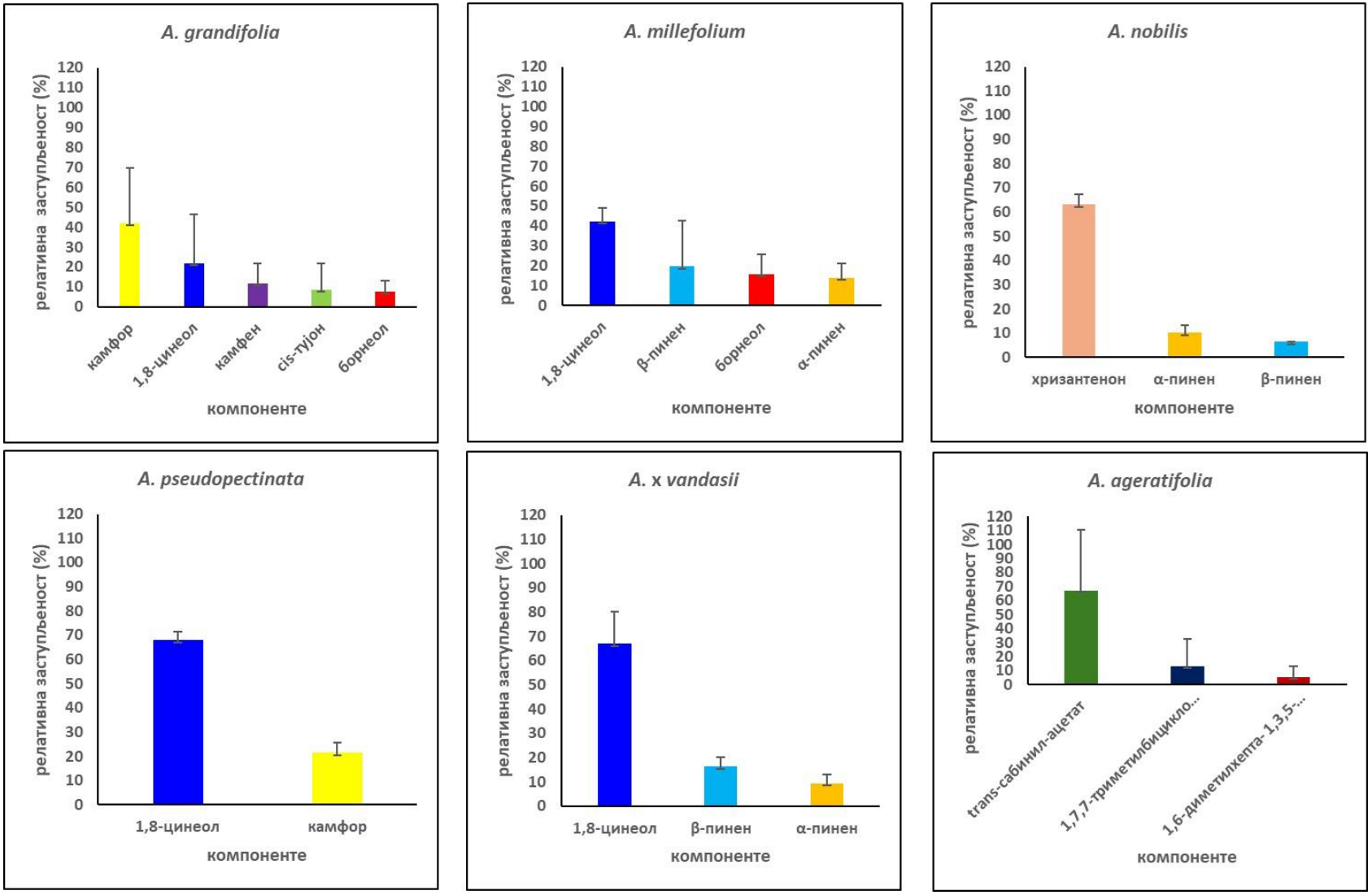
Слика 5-9а. Средње вредности са стандардним девијацијама различитих класа *HS* испарљивих компоненти листа стабла *A. grandifolia*, *A. millefolium*, *A. nobilis*, *A. pseudopectinata*, *A.* x *vandasii* и *A. ageratifolia*. МУ - монотерпенски угљоводоници; ОМ - оксигеновани монотерпени; СУ - сесквитерпенски угљоводоници.



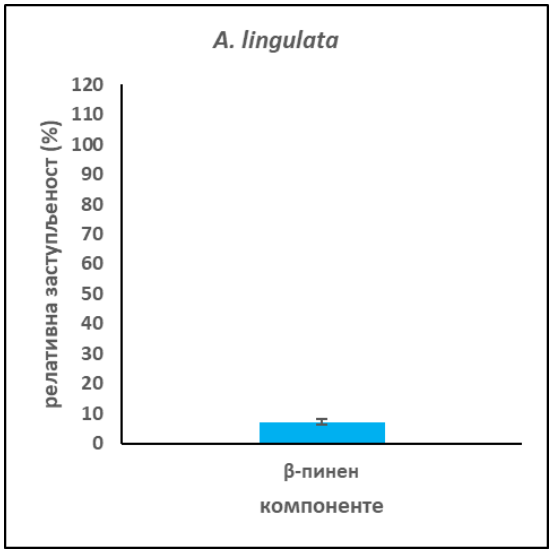
Слика 5-9б. Средње вредности са стандардним девијацијама различитих класа *HS* испарљивих компоненти листа стабла *A. lingulata*. МУ - монотерпенски угљоводоници; СУ - сесквитерпенски угљоводоници.



Слика 5-10. Средње вредности са стандардним девијацијама доминантних *HS* испарљивих компоненти листа стабла (релативни садржај ≥5%) *A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. coarctata*, *A. collina*, *A. crithmifolia* и *A. distans*.



Слика 5-10а. Средње вредности са стандардним девијацијама доминантних *HS* испарљивих компоненти листа стабла (релативни садржај ≥5%) *A. grandifolia*, *A. millefolium*, *A. nobilis*, *A. pseudopectinata*, *A.* x *vandasii* и *A. ageratifolia*.



Слика 5-10б. Средња вредност са стандардном девијацијом доминантне *HS* испарљиве компоненте (релативни садржај ≥5%) листа стабла *A. lingulata*.

5.2.4. Варијабилност хемијског састава лако испарљивих (*HS*) компоненти приземног листа испитиваних врста рода *Achillea*

Резултати анализе *HS* испарљивих компоненти приземног листа 65 јединки из по једне популације свих 13 испитиваних *Achillea* врста показали су присуство 37 компоненти **(табеле 5-6**, **5-6а**, **5-6б** и **5-6в**).

Као и у случају *HS* испарљивих компоненти осталих биљних органа, оксигеновани монтерпени представљали су доминантну класу *HS* испарљиве фракције приземног листа код већине анализираних врста, варирајући у опсегу од око 50% (*A. distans*) до преко 70% (*A. clypeolata*, *A. coarctata*, *A. crithmifolia*, *A. grandifolia*, *A. nobilis*, *A. pseudopectinata* и *A. ageratifolia*) **(слика 5-11**, **5-11а** и **5-11б**). Садржај испарљивијих монотерпенских угљоводоника био је нижи, осим код *A. collina, A.* x *vandasii* и *A. millefolium* (60,2%, 56,8% и 50,4%, респ.) код којих су били доминанто застуљени. Сесквитерпени су били присутни у количини <1% или одсутни, осим код *A. millefolium* (3,7%) и *A. lingulata* (2,8%).

У погледу просечних садржаја појединачних *HS* испарљивих компоненти приземног листа, очигледну доминацију показали су 1,8-цинеол (*A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. coarctata*, *A. crithmifolia*, *A. distans*, *A. pseudopectinata* и *A.* x *vandasii*), β-пинен (*A. collina*, *A. millefolium* и *A. lingulata*), камфор (*A. grandifolia*), хризантенон (*A. nobilis*) и *trans*-сабинил-ацетат (*A. ageratifolia*) (**слике 5-12**, **5-12а** и **5-12б**). Осим тога, *A. collina* и *A. millefolium* (*A. millefolium* agg.) садржале су β-пинен (55,4% и 27,0%, респ.) и 1,8-цинеол (11,7% и 25,6%, респ.) као прве две *HS* испарљиве компоненте приземног листа. Међутим, *HS* профил *A. distans* (*A. millefolium* agg.) одликује само доминација 1,8-цинеол (56,1%), док је β-пинен присутан у концентрацији <5%. Доминација 1,8-цинеола (72,3% и 38,6%, респ.) и α-пинена (14,2% и 27,4%, респ.) одликовала је *HS* профил *A. coarctata* и *A.* x *vandasii*, а доминација 1,8-цинеол (52,4% и 41,8%, респ.) и *cis*-тујона (39,1% и 25,7%) *HS* профил *A. clypeolata* и *A. crithmifolia*. Доминантне *HS* испарљиве компоненте приземног листа *A. pseudopectinata* и *A. grandifolia* биле су 1,8-цинеол (62,8% и 22,1%, респ.) и камфор (24,1% и 26,9%, респ.). Међутим, хризантенон и α-пинен (67,6% и 11,4%, респ.) су биле најиспарљивије *HS* компоненте *A. nobilis*. *A. ageratifolia* (*Anthemoideae*) садржи *trans*-сабинил-ацетат и 1,8-цинеол (35,6% и 28,9%, респ.) као

главне *HS* испарљиве компоненте приземног листа, док се као најиспарљивије једињење *A. lingulata* (*Anthemoideae*) издвојио β-пинен (17,2%).

Резултати дескриптивне статистике показали су да се већина компоненти налази у оквиру високог (50<CV%<100) и јако високог степена варијабилности (CV%>100). Ипак, неке компоненте су се издвојиле као ниско варијабилне (CV<10%): 1,8-цинеол код *A. pseudopectinata* и хризантенон код *A. nobilis* **(табеле 5-6**, **5-6а**, **5-6б** и **5-6в**). У оквиру умереног степена варијабилности (10<CV%<50), код три врсте (*A. coarctata*, *A.* x *vandasii* и *A. ageratifolia*) налазио се 1,8-цинеол. Умереним степеном варијабилности одликовао се још α-пинен и β-пинен код три врсте (*A. crithmifolia*, *A. nobilis* и *A.* x *vandasii*); камфен код *A. pseudopectinata* и *A.* x *vandasii*; *o*-цимен и терпинен 4-ол код *A. crithmifolia*; филифолон, пинокарвон и *cis*-хризантенил-ацетат код *A. nobilis*; гермакрен D код *A. millefolium*; камфор код *A. pseudopectinata* и хризантенон код *A. ageratifolia*. Најниже вредности овог коефицијента, утврђене су за хризантенон (8,3%) који се може сматрати најстабилнијом *HS* компонентом приземног листа код *A. nobilis* и 1,8-цинеол (9,5%) који се може сматрати најстабилнијом *HS* компонентом приземног листа код *A. pseudopectinata.*

Табела 5-6. Резултати дескриптивне статистике за *HS* испарљиве компоненте приземног листа *A. chrysocoma*, *A. clypeolata* и *A. coarctata*.

				A. chrysocoma					***A. clypeolata***					***A. coarctata***				
Р. бр.	**Компоненте**	**RI[1]**	**LI[2]**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**
1.	2-метил-1-бутанетиол	788	787	**-**					**-**					**-**				
2.	(*Z*)-салвен	847	847	**-**					**-**					**-**				
3.	сантолинатриен	905	906	**-**					**-**					**-**				
4.	трициклен	915	921	**-**					**-**					**-**				
5.	**α-пинен**	**936**	**932**	3,8	0,6	6,3	2,3	60,7	-					**14,2**	**2,0**	**27,4**	**10,1**	**70,9**
6.	камфен	946	946	-					0,5	0,0	0,7	0,3	66,1	0,9	0,0	3,1	1,4	149,1
7.	сабинен	971	969	-					1,1	0,0	3,0	1,2	106,8	-				
8.	β-пинен	975	947	-					0,6	0,0	1,4	0,5	83,3	5,7	0,0	17,1	7,4	131,1
9.	мирцен	988	988	-					-					-				
10.	2-карен	988	995	-					-					-				
11.	*p*-цимен	1016	1020	-					-					-				
12.	о-цимен	1022	1022	-					-					-				
13.	лимонен	1026	1024	-					-					-				
14.	**1,8-цинеол**	**1029**	**1026**	**10,6**	**0,0**	**34,7**	**15,4**	**145,1**	**52,4**	**31,9**	**95,6**	**27,8**	**53,1**	**72,3**	**34,3**	**93,1**	**24,9**	**34,5**
15.	γ-терпинен	1057	1054	-					-					-				
16.	*cis*-сабинен хидрат	1065	1065	-					0,4	0,0	1,2	0,6	149,1	-				
17.	*p*-мента-2,4(8)-диен	1082	1085	-					-					-				
18.	*trans*-сабинен-хидрат	1096	1098	-					-					-				
19.	филифолон	1102	1106[2a]	-					-					-				
20.	***cis*-туjон**	**1108**	**1101**	-					**39,1**	**0,0**	**57,7**	**24,8**	**63,4**	5,1	0,0	17,1	7,6	149,1
21.	*trans*-туjон	1116	1112	-					4,7	0,0	7,3	3,1	65,5	-				
22.	хризантенон	1127	1124	-					-					-				
23.	*trans*-сабинол	1138	1137	-					-					-				
24.	камфор	1144	1141	-					-					-				
25.	албен	1157	1152[2a]	0,3	0,0	1,1	0,5	149,1	-					-				
26.	*cis*-хризантенол	1160	1160	-					-					-				

27.	пинокарвон	1162	1160	-					-					-					
28.	борнеол	1165	1165	-					0,8	0,0	2,8	1,2	149,1	0,5	0,0	1,8	0,8	149,1
29.	терпинен 4-ол	1168	1174	-					0,4	0,0	1,3	0,6	149,1	-				
30.	α-терпинеол	1189	1186	-					-					-				
31.	миртенал	1195	1195	-					-					-				
32.	*trans*-хризантенил-ацетат	1226	1235	-					-					-				
33.	*cis*-хризантенил-ацетат	1260	1261	-					-					-				
34.	*trans*-сабинил-ацетат	1284	1289	-					-					-				
35.	(*E*)-кариофилен	1422	1471	-					-					-				
36.	гермакрен D	1483	1480	-					-					-				
37.	кариофилен-оксид	1576	1582	-					-					-				
	Укупно			14,7	2,3	41,0	16,9	115,5	100,0	100,0	100,0	0,0	0,0	98,8	95,9	100,0	1,8	1,9
	Монотерпенски угљоводоници (МУ)			3,8	0,6	6,3	2,3	60,7	2,2	0,6	4,4	1,4	64,5	20,8	5,1	44,5	16,1	77,7
	Оксигеновани монотерпени (ОМ)			10,6	0,0	34,7	15,4	145,1	97,8	95,6	99,4	1,4	1,5	78,0	51,4	94,9	17,9	23,0
	Сесквитерпенски угљоводоници (СУ)			0,3	0,0	1,1	0,5	149,1	-					-				
	Оксигеновани сесквитерпени (ОС)			-					-					-				
	Остало (О)			-					-					-				

[1]RI: експериментални линеарни ретенциони индекси у односу на *n*-алкане C_8-C_{40}. [2]LI: литературни индекси - Адамсови ретенциони индекси (Adams, 2007) и [2a] - складу са NIST базом података. Компоненте које нису детектоване су означене као (-). Компоненте заступљене у просечној концентрацији ≥10% су болдиране.

Табела 5-6а. Резултати дескриптивне статистике за *HS* испарљиве компоненте приземног листа *A. collina*, *A. crithmifolia* и *A. distans*.

				A. collina					***A. crithmifolia***					***A. distans***				
Р. бр.	**Компоненте**	**RI[1]**	**LI[2]**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**
1.	2-метил-1-бутанетиол	788	787	-					-					2,1	0,0	5,3	2,2	104,6
2.	(*Z*)-салвен	847	847	-					0,8	0,0	2,1	0,9	104,6	-				
3.	сантолинатриен	905	906	-					4,7	0,0	10,9	4,4	92,8	-				
4.	трициклен	915	921	-					-					-				
5.	α-пинен	936	932	2,1	0,0	3,1	1,4	64,7	1,0	0,6	1,3	0,3	26,2	1,9	0,0	3,9	1,5	79,4
6.	камфен	946	946	1,0	0,0	1,5	0,6	63,3	0,7	0,0	1,3	0,5	70,7	-				
7.	сабинен	971	969	1,4	0,0	3,1	1,2	90,5	0,7	0,0	1,0	0,4	64,9	1,5	0,0	2,5	1,0	63,8
8.	**β-пинен**	**975**	**947**	**55,4**	**5,2**	**78,8**	**31,9**	**57,5**	1,3	1,0	1,6	0,3	20,2	2,2	0,0	4,1	1,5	69,5
9	мирцен	988	988	-					-					-				
10.	2-карен	988	995	-					2,0	0,0	6,7	3,0	149,1	-				
11.	*p*-цимен	1016	1020	-					-					2,2	0,0	3,5	1,4	63,3
12.	*o*-цимен	1022	1022	0,3	0,0	0,8	0,3	104,6	3,0	2,1	3,8	0,7	22,6	-				
13.	лимонен	1026	1024	-					-					-				
14.	**1,8-цинеол**	**1029**	**1026**	**11,7**	**1,1**	**17,9**	**7,0**	**60,3**	**41,8**	**20,1**	**82,3**	**25,5**	**61,1**	**56,1**	**0,8**	**88,2**	**36,6**	**65,3**
15.	γ-терпинен	1057	1054	-					0,1	0,0	0,4	0,2	149,1	-				
16.	*cis*-сабинен хидрат	1065	1065	-					0,2	0,0	0,5	0,2	149,1	-				
17.	*p*-мента-2,4(8)-диен	1082	1085	-					9,4	0,0	31,2	14,0	149,1	-				
18.	*trans*-сабинен хидрат	1096	1098	-					0,5	0,0	1,0	0,4	78,1	-				
19.	филифолон	1102	1106[2a]	-					-					-				
20.	***cis*-туjон**	**1108**	**1101**	-					**25,7**	**0,0**	**61,8**	**25,2**	**97,8**	-				
21.	*trans*-туjон	1116	1112	-					1,7	0,0	3,8	1,5	87,5	-				
22.	хризантенон	1127	1124	-					1,3	0,0	2,7	1,1	80,4	-				
23.	*trans*-сабинол	1138	1137	-					-					-				
24.	камфор	1144	1141	-					1,6	0,0	5,3	2,4	149,1	-				
26.	албен	1157	1152[2a]	-					-					-				
27.	*cis*-хризантенол	1160	1160	-					-					-				

28.	пинокарвон	1162	1160	-					-					-				
29.	борнеол	1165	1165	-					1,7	0,0	3,5	1,3	77,0	-				
25.	терпинен 4-ол	1168	1174	-					1,3	1,1	1,5	0,1	11,1	-				
30.	α-терпинеол	1189	1186	-					-					-				
31.	миртенал	1195	1195	-					-					-				
32.	*trans*-хризантенил-ацетат	1226	1235	-					-					1,2	0,0	1,9	0,8	63,1
33.	*cis*-хризантенил-ацетат	1260	1261	-					-					-				
34.	*trans*-сабинил-ацетат	1284	1289	-					-					-				
35.	(*E*)-кариофилен	1422	1471	-					-					-				
36.	гермакрен D	1483	1480	-					-					-				
37.	кариофилен-оксид	1576	1582	-					-					0,4	0,0	1,0	0,4	104,6
	Укупно			71,9	6,3	100,0	41,9	58,3	99,4	98,9	100,0	0,4	0,4	67,6	2,4	95,6	41,6	61,6
	Монотерпенски угљоводоници (МУ)			60,2	5,2	85,1	35,0	58,1	19,0	7,1	45,0	16,7	88,3	7,7	0,0	14,0	5,2	67,2
	Оксигеновани монотерпени (ОМ)			11,7	1,1	17,9	7,0	60,3	75,7	42,9	92,1	21,3	28,1	57,3	2,4	88,2	36,2	63,1
	Сесквитерпенски угљоводоници (СУ)			-					-					-				
	Оксигеновани угљоводоници (ОС)			-					-					0,4	0,0	1,0	0,4	104,6
	Остало (О)			-					4,7	0,0	10,9	4,4	92,8	2,1	0,0	5,3	2,2	104,6

[1]RI: експериментални линеарни ретенциони индекси у односу на *n*-алкане C_8-C_{40}. [2]LI: литературни индекси - Адамсови ретенциони индекси (Adams, 2007) и [2a] - складу са NIST базом података. Компоненте које нису детектоване су означене као (-). Компоненте заступљене у просечној концентрацији ≥10% су болдиране.

Табела 5-6б. Резултати дескриптивне статистике за *HS* испарљиве компоненте приземног листа *A. grandifolia*, *A. millefolium* и *A. nobilis*.

				A. grandifolia					***A. millefolium***					***A. nobilis***				
Р. бр.	**Компоненте**	**RI[1]**	**LI[2]**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**
1.	2-метил-1-бутанетиол	788	787	**-**					**-**					**-**				
2.	(*Z*)-салвен	847	847	**-**					**-**					**-**				
3.	сантолинатриен	905	906	**-**					**-**					**-**				
4.	трициклен	915	921	0,6	0,0	1,4	0,6	90,3	-					**-**				
5.	**α-пинен**	**936**	**932**	6,2	1,8	11,5	3,9	62,9	**15,9**	**9,8**	**18,8**	**3,8**	**24,1**	**11,4**	**7,3**	**15,2**	**3,1**	**27,5**
6.	**камфен**	**946**	**946**	**14,5**	**0,0**	**23,2**	**9,7**	**66,6**	2,3	0,0	3,9	1,5	63,9	-				
7.	сабинен	971	969	-					1,0	0,0	3,3	1,5	149,1	-				
8.	**β-пинен**	**975**	**947**	0,3	0,0	1,0	0,4	149,1	**27,0**	**6,5**	**73,6**	**29,8**	**110,4**	8,4	5,2	11,7	2,6	30,9
9	мирцен	988	988	-					0,3	0,0	1,0	0,4	149,1	-				
10.	2-карен	988	995	-					-					-				
11.	*p*-цимен	1016	1020	-					-					1,4	0,0	4,7	2,1	149,1
12.	*o*-цимен	1022	1022	-					-					2,5	0,0	4,1	1,6	63,4
13.	лимонен	1026	1024	0,8	0,0	2,2	0,9	111,9	4,0	0,0	8,5	3,4	84,9	0,2	0,0	0,6	0,3	149,1
14.	**1,8-цинеол**	**1029**	**1026**	**22,1**	**4,6**	**59,6**	**24,1**	**109,4**	**25,6**	**11,4**	**51,3**	**16,8**	**65,7**	0,2	0,0	0,7	0,3	149,1
15.	γ-терпинен	1057	1054	-					-					-				
16.	*cis*-сабинен хидрат	1065	1065	-					-					1,3	0,0	2,2	0,9	68,8
17.	*p*-мента-2,4(8)-диен	1082	1085	-					-					-				
18.	*trans*-сабинен хидрат	1096	1098	-					-					-				
19.	филифолон	1102	1106[2a]	-					-					1,4	0,9	2,2	0,5	37,9
20.	*cis*-тујон	1108	1101	9,2	0,0	30,5	13,6	149,1	-					-				
21.	*trans*-тујон	1116	1112	2,1	0,0	7,1	3,2	149,1	-					0,3	0,0	0,9	0,4	104,6
22.	**хризантенон**	**1127**	**1124**	-					-					**67,6**	**60,2**	**74,4**	**5,6**	**8,3**
23.	*trans*-сабинол	1138	1137	-					-					0,9	0,0	1,9	0,8	81,3
24.	**камфор**	**1144**	**1141**	**26,9**	**0,0**	**56,2**	**22,3**	**82,7**	-					-				
25.	албен	1157	1152[2a]	-					-					-				
26.	*cis*-хризантенол	1160	1160	-					-					0,7	0,0	1,1	0,5	68,7

27.	пинокарвон	1162	1160	-					-					1,0	0,8	1,3	0,2	21,4
28.	**борнеол**	**1165**	**1165**	**17,4**	**0,0**	**42,8**	**17,7**	**101,6**	6,0	0,0	10,6	4,0	65,7	-				
29.	терпинен 4-ол	1168	1174	-					-					-				
30.	α-терпинеол	1189	1186	-					0,4	0,0	1,2	0,6	149,1	-				
31.	миртенал	1195	1195	-					-					0,3	0,0	0,9	0,4	149,1
32.	*trans*-хризантенил-ацетат	1226	1235	-					-					-				
33.	*cis*-хризантенил-ацетат	1260	1261	-					-					2,4	1,5	3,8	0,9	38,5
34.	*trans*-сабинил-ацетат	1284	1289	-					-					-				
35.	(*E*)-кариофилен	1422	1471	-					-					-				
36.	гермакрен D	1483	1480	-					3,7	1,1	5,3	1,8	47,4	-				
37.	кариофилен-оксид	1576	1582	-					-					-				
	Укупно			100,1	100,0	100,1	0,0	0,0	86,2	66,0	100,0	14,1	16,3	100,0	99,9	100,0	0,0	0,0
	Монотерпенски угљоводоници (МУ)			22,4	2,8	38,3	14,2	63,2	50,4	33,7	83,4	20,8	41,2	23,8	15,4	32,2	6,6	27,8
	Оксигеновани монотерпени (ОМ)			77,7	61,8	97,2	14,1	18,2	32,1	11,4	58,5	18,9	58,9	76,1	67,7	84,6	6,7	8,8
	Сесквитерпенски угљоводоници (СУ)			-					3,7	1,1	5,3	1,8	47,4	-				
	Оксигеновани сесквитерпени (ОС)			-					-					-				
	Остало (ОС)			-					-					-				

[1]RI: експериментални линеарни ретенциони индекси у односу на *n*-алкане C_8-C_{40}. [2]LI: литературни индекси - Адамсови ретенциони индекси (Adams, 2007) и [2a] - складу са NIST базом података. Компоненте које нису детектоване су означене као (-). Компоненте заступљене у просечној концентрацији ≥10% су болдиране.

Табела 5-6в. Резултати дескриптивне статистике за *HS* испарљиве компоненте приземног листа *A. pseudopectinata*, *A.* x *vandasii* и *A. ageratifolia*.

				A. pseudopectinata					***A.* x *vandasii***					***A. ageratifolia***				
Р. бр.	**Компоненте**	**RI[1]**	**LI[2]**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**
1.	2-метил-1-бутанетиол	788	787	**-**					**-**					**-**				
2.	(*Z*)-салвен	847	847	**-**					**-**					**-**				
3.	сантолинатриен	905	906	0,6	0,0	2,1	0,9	149,1	**-**					3,9	0,0	13,0	5,8	149,1
4.	трициклен	915	921	**-**					-					**-**				
5.	**α-пинен**	**936**	**932**	1,2	0,0	3,1	1,3	104,6	**27,4**	**19,3**	**30,9**	**5,1**	**18,8**	1,2	0,5	2,5	0,8	73,0
6.	камфен	946	946	4,1	2,1	5,7	1,3	32,5	3,4	0,9	5,3	1,6	48,3	1,3	0,0	4,2	1,9	149,1
7.	сабинен	971	969	1,1	0,0	1,6	0,7	63,9	-					3,9	0,0	5,6	2,5	64,0
8.	**β-пинен**	**975**	**947**	1,1	0,0	2,8	1,2	104,6	**25,6**	**21,9**	**29,7**	**3,0**	**11,6**	0,5	0,0	0,7	0,3	65,7
9	мирцен	988	988	-					-					**-**				
10.	2-карен	988	995	-					-					**-**				
11.	*p*-цимен	1016	1020	-					0,5	0,0	1,1	0,4	89,7	**-**				
12.	о-цимен	1022	1022	-					-					**-**				
13.	лимонен	1026	1024	-					-					-				
14.	**1,8-цинеол**	**1029**	**1026**	**62,8**	**54,6**	**69,5**	**5,9**	**9,5**	**38,6**	**27,1**	**57,9**	**12,8**	**33,2**	**28,9**	**11,3**	**37,0**	**11,3**	**39,1**
15.	γ-терпинен	1057	1054	0,3	0,0	1,0	0,4	149,1	-					-				
16.	*cis*-сабинен хидрат	1065	1065	1,5	0,0	3,4	1,4	93,6	-					0,2	0,0	0,6	0,3	149,1
17.	*p*-мента-2,4(8)-диен	1082	1085	-					-					-				
18.	*trans*-сабинен хидрат	1096	1098	0,4	0,0	1,4	0,6	149,1	-					-				
19.	филифолон	1102	1106[2a]	**-**					-					-				
20.	*cis*-туjон	1108	1101	**-**					1,3	0,0	4,3	1,9	149,1	-				
21.	*trans*-туjон	1116	1112	**-**					-					-				
22.	хризантенон	1127	1124	0,4	0,0	1,3	0,6	149,1	-					3,3	2,1	5,9	1,6	48,9
23.	*trans*-сабинол	1138	1137	-					-					2,3	0,0	3,8	1,6	67,1
24.	**камфор**	**1144**	**1141**	**24,1**	**18,3**	**31,7**	**5,0**	**20,8**	-					**18,5**	**0,0**	**61,8**	**27,6**	**149,1**
25.	албен	1157	1152[2a]	-					-					-				
26.	*cis*-хризантенол	1160	1160	-					-					-				

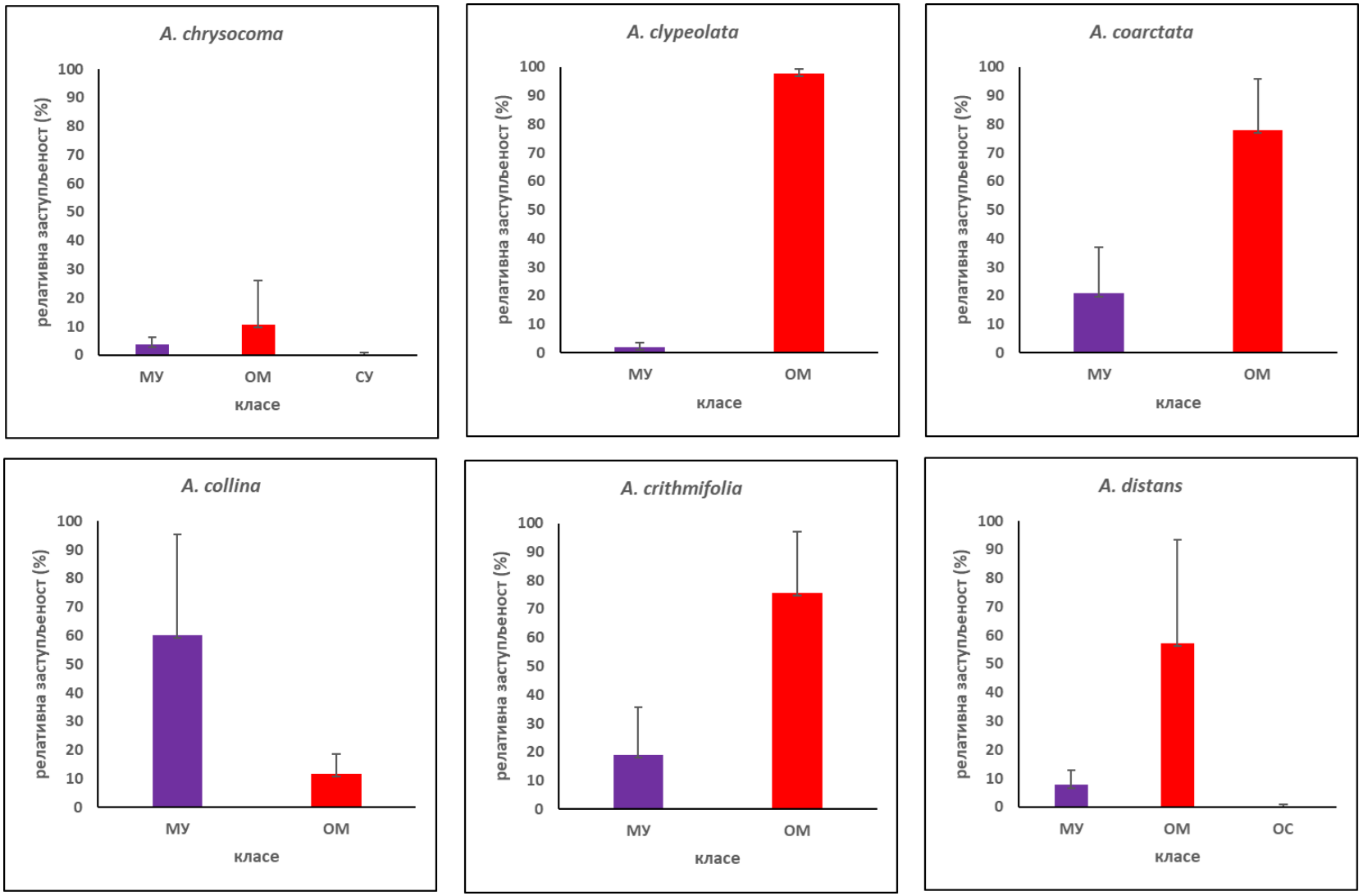
27.	пинокарвон	1162	1160	-					-					-				
28.	борнеол	1165	1165	1,3	0,0	2,8	1,1	79,8	0,7	0,0	1,0	0,4	65,0	0,4	0,0	1,3	0,6	149,1
29.	терпинен 4-ол	1168	1174	1,0	0,0	2,2	0,9	89,7	-					-				
30.	α-терпинеол	1189	1186	-					-					-				
31.	миртенал	1195	1195	-					-					-				
32.	*trans*-хризантенил-ацетат	1226	1235	-					-					-				
33.	*cis*-хризантенил-ацетат	1260	1261	-					-					-				
34.	***trans*-сабинил-ацетат**	**1284**	**1289**	-					-					**35,6**	**0,0**	**52,2**	**22,6**	**63,5**
35.	(*E*)-кариофилен	1422	1471	-					-					-				
36.	гермакрен D	1483	1480	-					1,2	0,0	3,9	1,7	149,1	-				
37.	кариофилен-оксид	1576	1582	-					-					-				
	Укупно			100,0	99,9	100,0	0,0	0,0	98,6	95,2	100,0	2,1	2,2	100,0	100,0	100,0	0,0	0,0
	Монотерпенски угљоводоници (МУ)			7,9	4,1	13,2	3,7	46,6	56,8	42,1	66,3	9,4	16,5	6,8	6,6	7,0	0,2	2,3
	Оксигеновани монотерпени (ОМ)			91,4	86,8	95,3	3,3	3,6	40,6	32,4	57,9	11,2	27,5	89,4	80,3	93,4	5,8	6,4
	Сесквитерпенски угљоводоници (СУ)			-					1,2	0,0	3,9	1,7	149,1	-				
	Оксигеновани сесквитерпени (ОС)			-					-					-				
	Остало (О)			0,6	0,0	2,1	0,9	149,1	-					3,9	0,0	13,0	5,8	149,1

[1]RI: експериментални линеарни ретенциони индекси у односу на *n*-алкане C_8-C_{40}. [2]LI: литературни индекси - Адамсови ретенциони индекси (Adams, 2007) и [2a] - складу са NIST базом података. Компоненте које нису детектоване су означене као (-). Компоненте заступљене у просечној концентрацији ≥10% су болдиране.

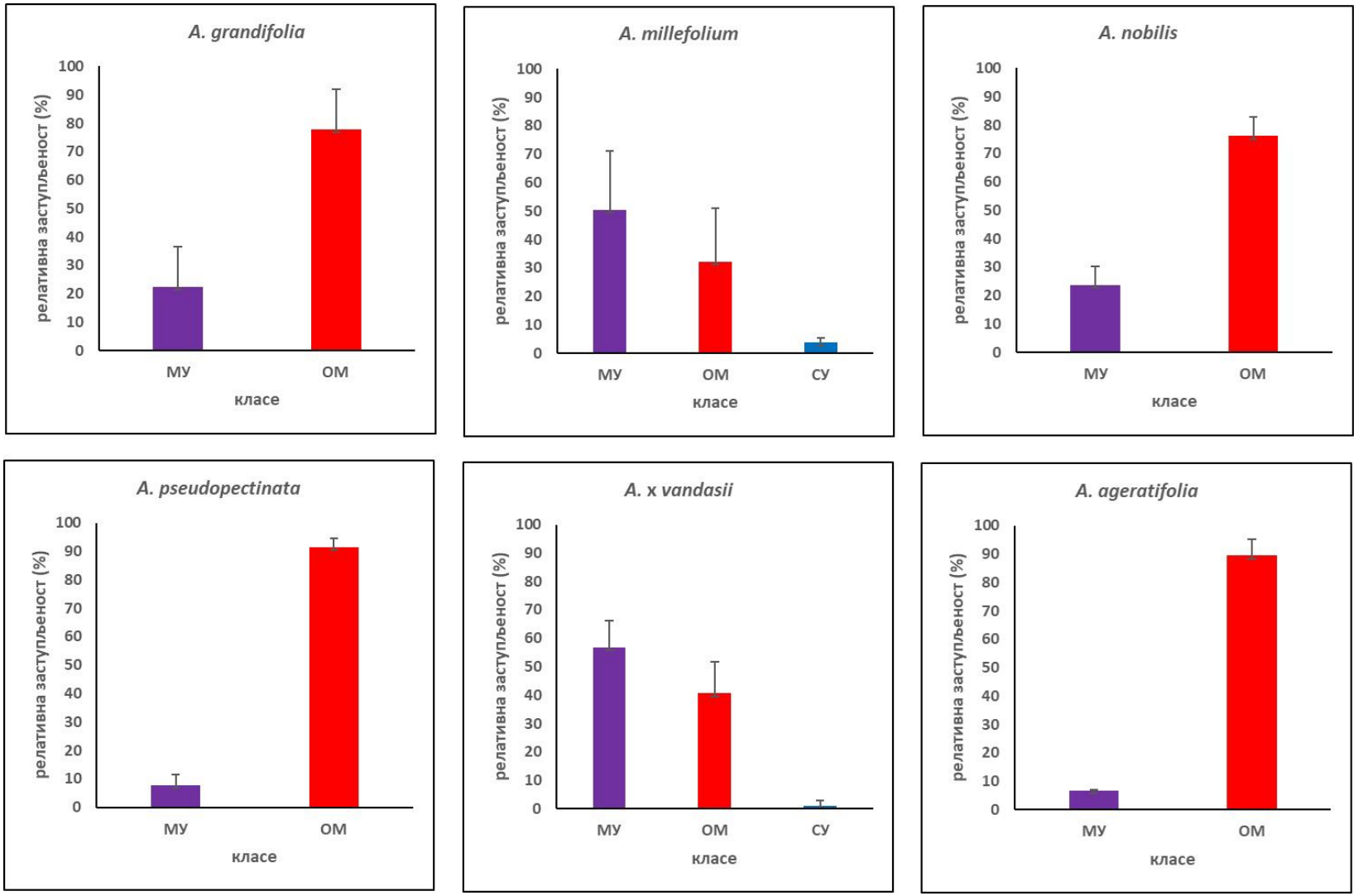
Табела 5-6г. Резултати дескриптивне статистике за *HS* испарљиве компоненте приземног листа *A. lingulata*.

				A. lingulata				
Р. бр.	**Компоненте**	**RI[1]**	**LI[2]**	**Avg**	**Min**	**Max**	**SD**	**CV**
1.	2-метил-1-бутанетиол	788	787	**-**				
2.	(*Z*)-салвен	847	847	**-**				
3.	сантолинатриен	905	906	**-**				
4.	трициклен	915	921	**-**				
5.	α-пинен	936	932	1,3	0,0	4,2	1,9	149,1
6.	камфен	946	946	-				
7.	сабинен	971	969	-				
8.	**β-пинен**	**975**	**947**	**17,2**	**0,0**	**53,9**	**23,6**	**137,2**
9	мирцен	988	988	-				
10.	2-карен	988	995	-				
11.	*p*-цимен	1016	1020	-				
12.	о-цимен	1022	1022	-				
13.	лимонен	1026	1024	-				
14.	1,8-цинеол	1029	1026	-				
15.	γ-терпинен	1057	1054	-				
16.	*cis*-сабинен хидрат	1065	1065	-				
17.	*p*-мента-2,4(8)-диен	1082	1085	-				
18.	*trans*-сабинен хидрат	1096	1098	-				
19.	филифолон	1102	1106[2a]	-				
20.	*cis*-тујон	1108	1101	-				
21.	*trans*-тујон	1116	1112	-				
22.	хризантенон	1127	1124	-				
23.	*trans*-сабинол	1138	1137	-				
24.	камфор	1144	1141	-				
25.	албен	1157	1152[2a]	0,8	0,0	1,9	0,8	104,6
26.	*cis*-хризантенол	1160	1160	-				
27.	пинокарвон	1162	1160	-				
28.	борнеол	1165	1165	-				
29.	терпинен 4-ол	1168	1174	-				
30.	α-терпинеол	1189	1186	-				
31.	миртенал	1195	1195	-				
32.	*trans*-хризантенил-ацетат	1226	1235	-				
33.	*cis*-хризантенил-ацетат	1260	1261	-				
34.	*trans*-сабинил-ацетат	1284	1289	-				
35.	(*E*)-кариофилен	1422	1471	1,2	0,0	2,2	0,8	67,0
36.	гермакрен D	1483	1480	0,8	0,0	2,7	1,2	149,1
37.	кариофилен-оксид	1576	1582	-				
	Укупно			21,3	3,9	58,1	23,7	111,6
	Монотерпенски угљоводоници (МУ)			18,5	0,0	58,1	25,5	138,0
	Оксигеновани монотерпени (ОМ)			-				
	Сесквитерпенски угљоводоници (СУ)			2,8	0,0	4,1	1,8	63,5
	Оксигеновани сесквитерпени (ОС)			-				
	Остало (О)			-				

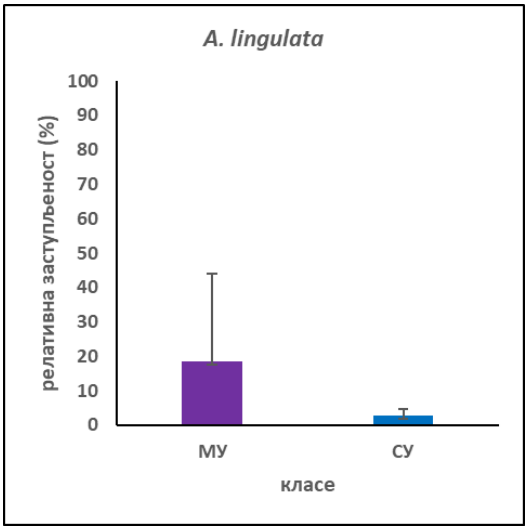
[1]RI: експериментални линеарни ретенциони индекси у односу на *n*-алкане C_8-C_{40}. [2]LI: литературни индекси - Адамсови ретенциони индекси (Adams, 2007) и [2a] - складу са NIST базом података. Компоненте које нису детектоване су означене као (-). Компоненте заступљене у просечној концентрацији ≥10% су болдиране.



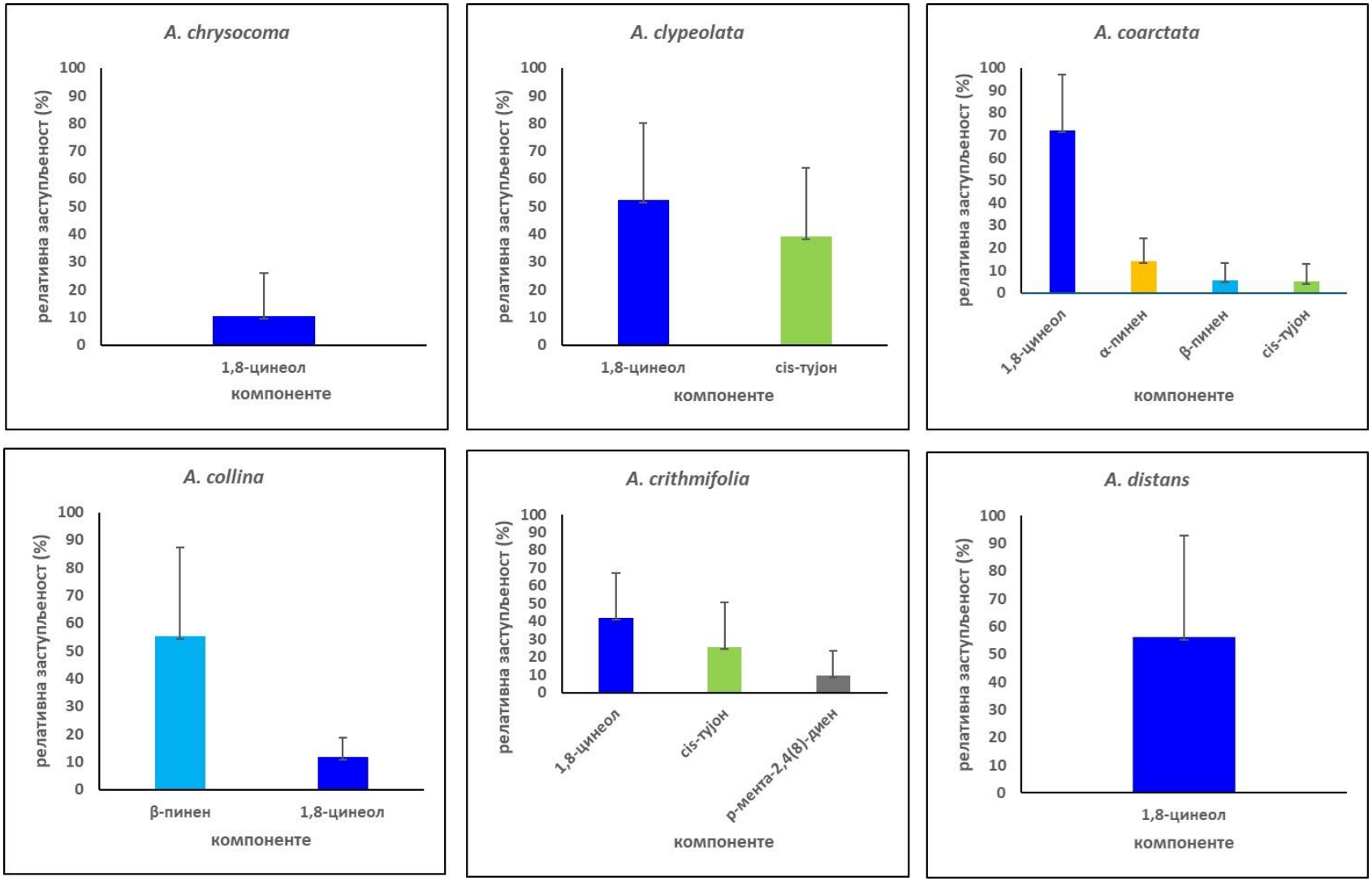
Слика 5-11. Средње вредности са стандардним девијацијама различитих класа *HS* испарљивих компоненти приземног листа *A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. coarctata*, *A. collina*, *A. crithmifolia* и *A. distans*. МУ - монотерпенски угљоводоници; ОМ - оксигеновани монотерпени; СУ - сесквитерпенски угљоводоници; ОС - оксигеновани сесквитерпени.



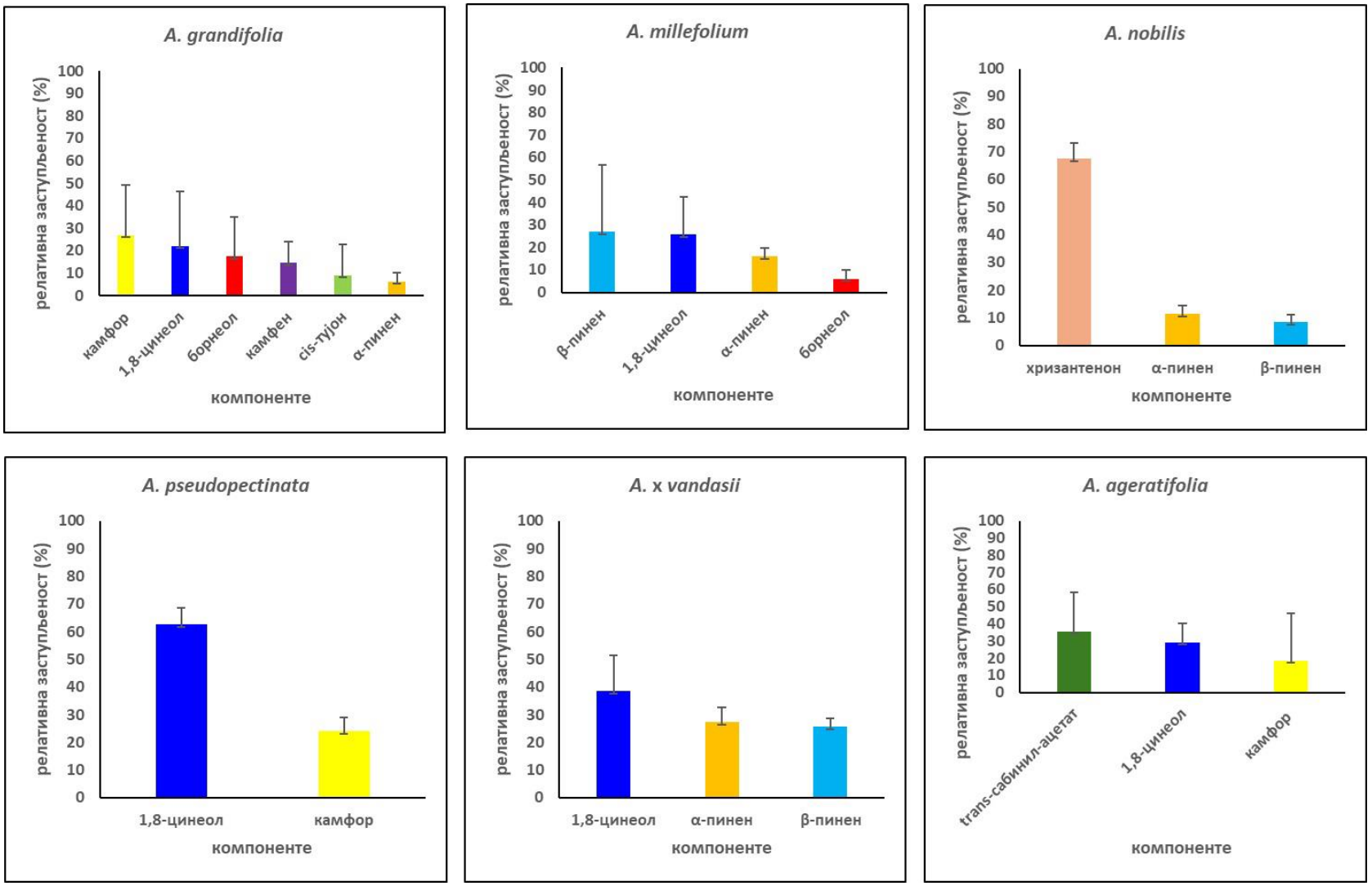
Слика 5-11а. Средње вредности са стандардним девијацијама различитих класа *HS* испарљивих компоненти приземног листа *A. grandifolia*, *A. millefolium*, *A. nobilis*, *A. pseudopectinata*, *A.* x *vandasii* и *A. ageratifolia*. МУ - монотерпенски угљоводоници; ОМ - оксигеновани монотерпени; СУ - сесквитерпенски угљоводоници.



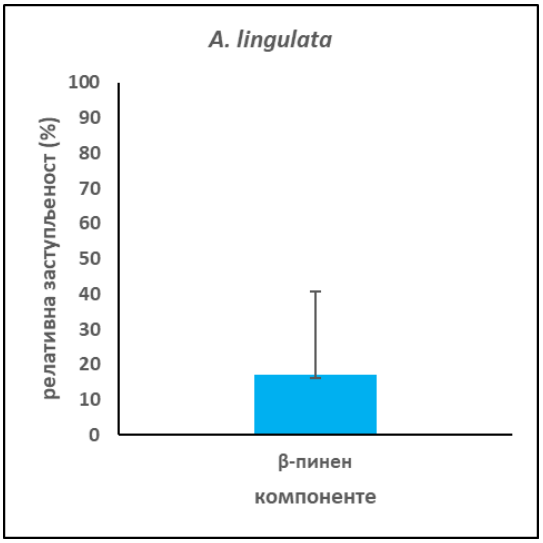
Слика 5-11б. Средње вредности са стандардним девијацијама различитих класа *HS* испарљивих компоненти приземног листа *A. lingulata.* МУ - монотерпенски угљоводоници; СУ - сесквитерпенски угљоводоници.



Слика 5-12. Средње вредности са стандардним девијацијама доминантних *HS* испарљивих компоненти приземног листа (релативни садржај ≥5%) *A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. coarctata*, *A. collina*, *A. crithmifolia* и *A. distans*.



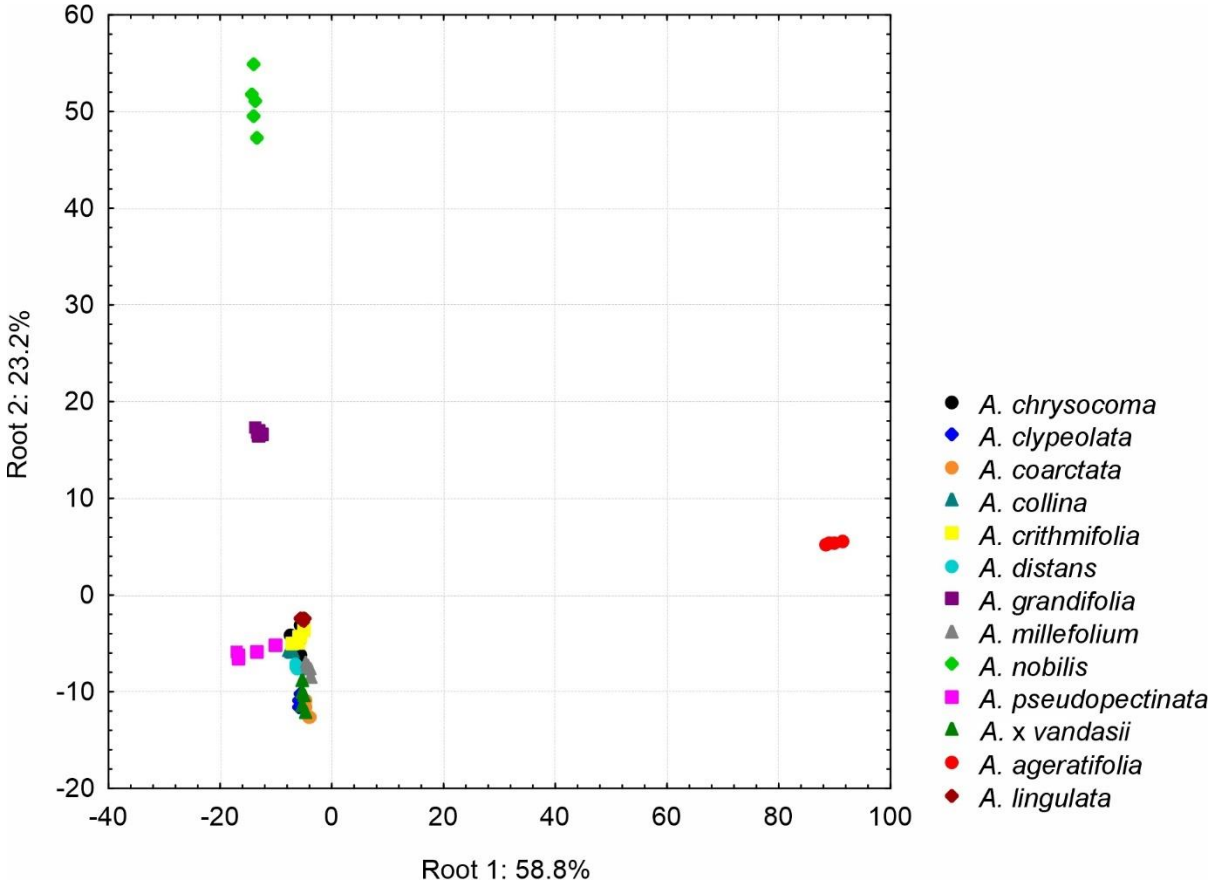
Слика 5-12а. Средње вредности са стандардним девијацијама доминантних *HS* испарљивих компоненти приземног листа (релативни садржај ≥5%) *A. grandifolia*, *A. millefolium*, *A. nobilis*, *A. pseudopectinata*, *A.* x *vandasii* и *A. ageratifolia.*



Слика 5-12б. Средња вредност са стандардном девијацијом доминантне *HS* испарљиве компоненте приземног листа (релативни садржај ≥5%) *A. lingulata*.

5.2.5. Мултиваријационе статистичке анализе (CDA и CA) лако испарљивих (*HS*) компоненти цвета испитиваних врста рода *Achillea*

Канонијска дискриминантна анализа заснована на 16 *HS* испарљивих компоненти цвета 13 врста рода *Achillea* показала је да прве две канонијске осе учествују у 82,0% укупне дискриминације, од чега је прва оса (CA1) чинила 58,8% (**слика 5-13**, **табела 5-7**). Добијени дијаграм расипања (**слика 5-13**) показао је да се *A. ageratifolia* из секције *Anthemoideae*, у односу на CA1 осу, која уједно описује највећи проценат дискриминације, јасно раздваја од испитиваних врста секције *Achillea sensu lato*. Наиме, позиција јединки врста из секције *Achillea sensu lato* била је у негативном делу прве канонијске осе. Јединке *A. ageratifolia*, из секције *Anthemoideae*, формирале су групу у позитивном делу ове осе. Међутим, јединке *A. lingulata*, друге испитиване врсте секције *Anthemoideae* груписане су заједно са јединкама врста секције *Achillea sensu lato* у негативном делу CA1. Упркос позиционирању јединки врста из секције *Achillea sensu lato* у негативном делу прве канонијске осе, формиране су три групе које су јасно одвојене дуж друге канонијске осе. У позитивном делу CA2, прву групу чине јединке *A. nobilis*, док другу јединке *A. grandifolia.* Трећа група, са негативним вредностима за CA2, обухвата јединке других врста из ове секције. Значајан утицај на обе канонијске осе имало је пет компоненти: β-пинен, 1,8-цинеол, *cis*-тујон, камфор и *trans*-сабинил-ацетат. Са друге стране, камфен и изоборнил-ацетат су значајно утицале само на CA1, док су сантолинатриен, *trans*-тујон и лавандулол имале утицај на CA2 (**табела 5-7**). Већину анализираних врста одликује већи садржај 1,8-цинеола (*A. chrysocoma, A. clypeolata, A. coarctata, A. crithmifolia*, *A. distans*, *A. millefolium, A.* x *vandasii*), β-пинена (*A. collina* и *A. lingulata*), камфора (*A. grandifolia* и *A. pseudopectinata*), хризантенона (*A. nobilis*) и *trans*-сабинил-ацетата (*A. ageratifolia*). Према томе, већи садржај хризантенона код *A. nobilis* и камфора код *A. grandifolia* вероватно су допринели њиховом одвајању од осталих врста секције *Achillea sensu lato*. Осим тога, положај *A. lingulata* (секција *Anthemoideae*) међу врстама из секције *Achillea sensu lato* се може објаснити тиме што се одликује сличним *HS* профилом испарљивих компоненти цвета као врсте из поменуте секције. На одвајање *A. ageratifolia* у позитивном делу CA1 осе допринео је већи садржај *trans*-сабинил-ацетата. Ово је донекле и очекивано, с обзиром на то да је *trans*-сабинил-ацетат био присутан само код ове врсте.

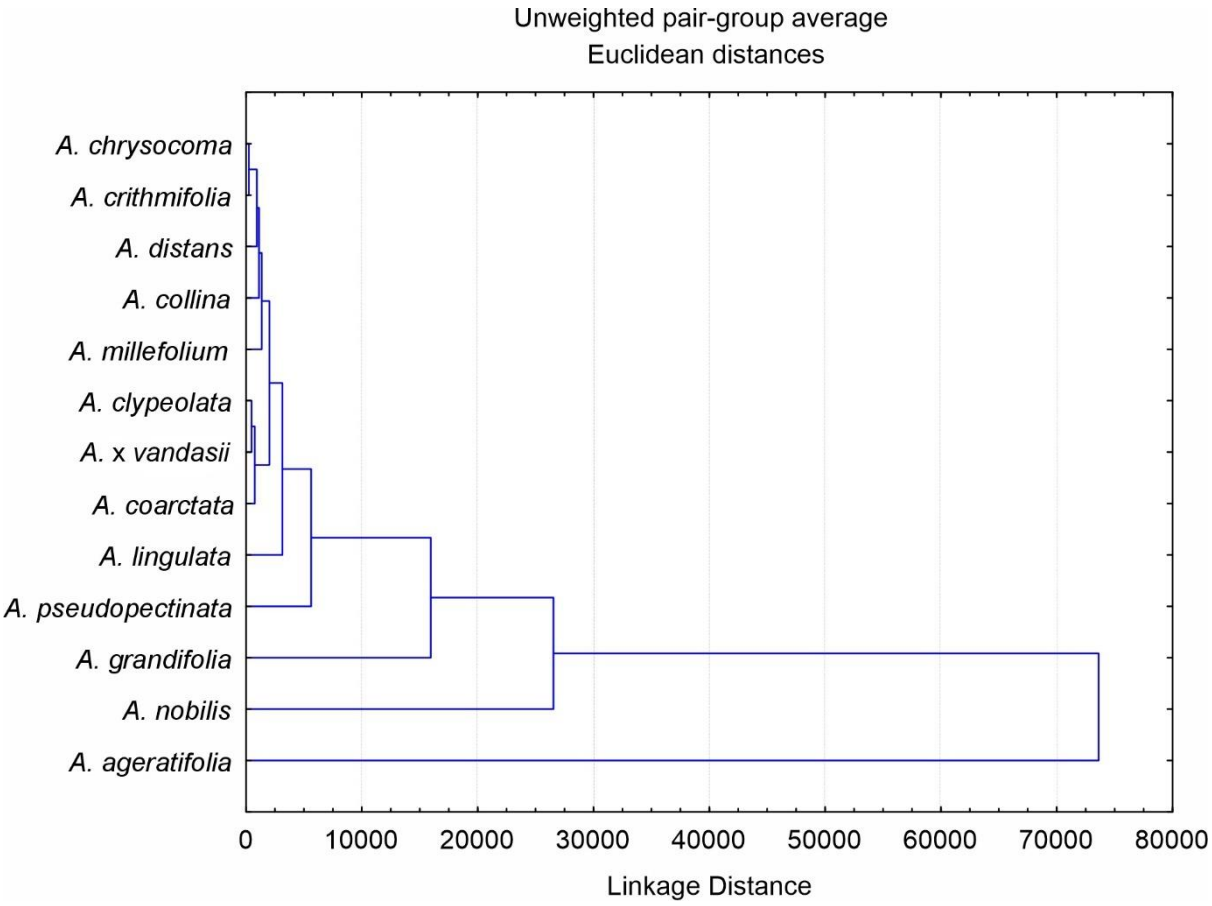


Слика 5-13. CDA на основу 16 *HS* испарљивих компоненти цвета испитиваних врста рода *Achillea.*

Табела 5-7. Стандардизовани коефицијенти за прве две канонијске осе (CA) 16 *HS* испарљивих компоненти цвета на основу CDA испитиваних врста рода *Achillea.* Значајни коефицијенти су болдирани.

Варијабле	**CA1**	**CA2**
сантолинатриен	0,390	**-1,825**
α-пинен	0,762	-0,940
камфен	**1,031**	-0,674
сабинен	0,259	-0,795
β-пинен	**1,052**	**-2,069**
p-цимен	-0,274	0,801
1,8-цинеол	**1,488**	**-3,954**
cis-тујон	**1,590**	**-2,341**
trans-тујон	-0,020	**-1,914**
хризантенон	-0,010	0,810
камфор	**-1,125**	**-1,372**
лавандулол	0,541	**-1,734**
борнеол	0,613	-0,373
аскаридол	0,284	-0,065
изоборнил-ацетат	**12,669**	0,628
trans-сабинил-ацетат	**13,083**	**-1,322**
Eigen-вредности	856,493	337,846
Кумулативни % објашњене дискриминације	0,588	0,820

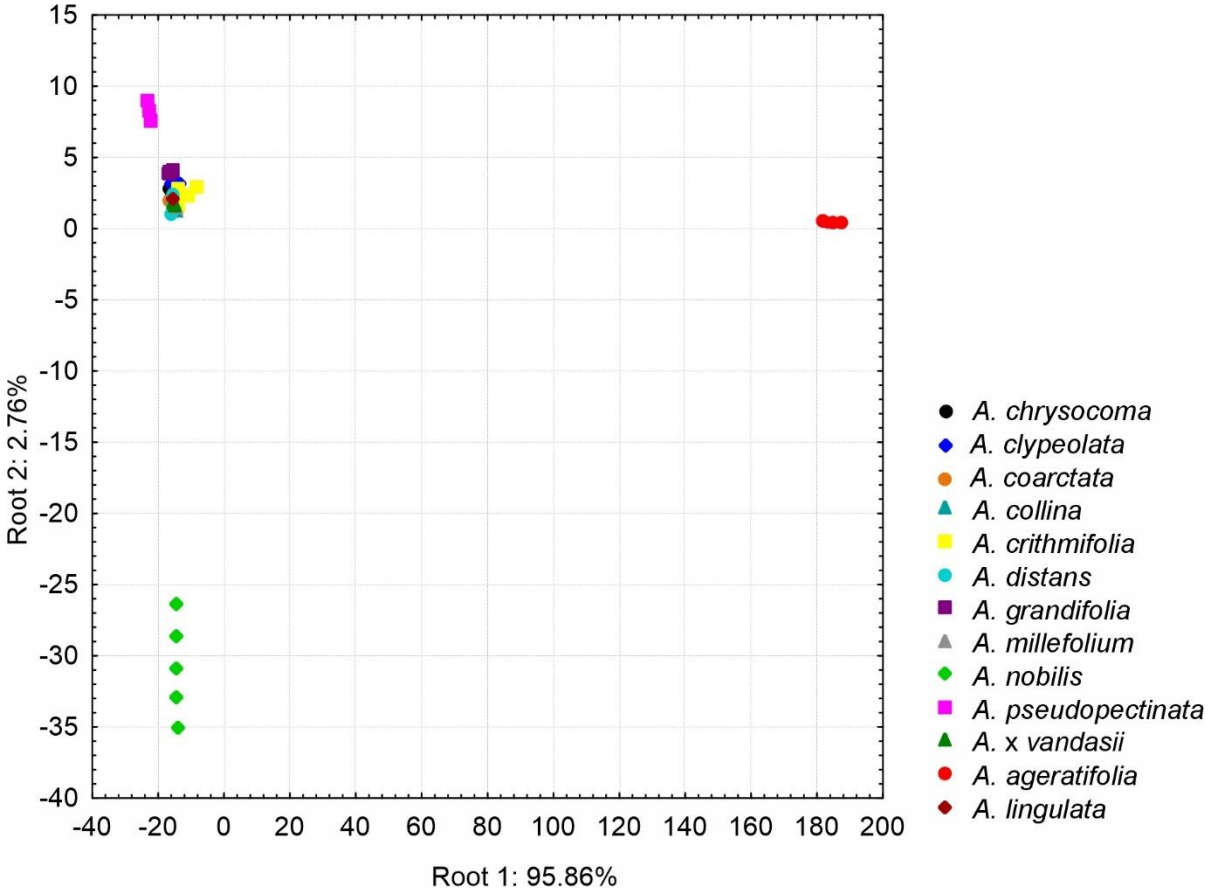
Кластер анализа је такође показала тенденцију да се испитиване врсте рода *Achillea* поделе на сличан начин. Наиме, добијени дијаграм је предложио да се испитиване врсте поделе у четири групе: 1) *A. ageratifolia*; 2) *A. nobilis*; 3) *A. grandifolia* и 4) друге испитиване врсте (**слика 5-14**).



Слика 5-14. Кластер анализа 13 *Achillea* врста базирана на 16 *HS* испарљивих компоненти цвета.

5.2.6. Мултиваријационе статистичке анализе (CDA и CA) лако испарљивих (*HS*) компоненти стабла испитиваних врста рода *Achillea*

Канонијска дискриминантна анализа заснована на 10 *HS* испарљивих компоненти стабла 13 врста рода *Achillea* показала је да прве две канонијске осе учествују у 98,62% укупне дискриминације, од чега је прва оса (CA1) чинила 95,86% (**слика 5-15**, **табела 5-8**). Добијени дијаграм расипања (**слика 5-15**) показао је да се *A. ageratifolia* из секције *Anthemoideae*, по CA1, која описује највећи проценат дискриминације, јасно одваја од врста из секције *Achillea sensu lato*. Наиме, позиција свих јединки врста из секције *Achillea sensu lato* била је у негативном делу прве канонијске осе. Јединке *A. ageratifolia*, из секције *Anthemoideae*, формирале су групу у позитивном делу ове осе. Међутим, јединке *A. lingulata*, друге испитиване врсте секције *Anthemoideae* груписане су заједно са јединкама врста секције *Achillea sensu lato*. Упркос позиционирању јединки врста из секције *Achillea sensu lato* у негативном делу прве осе, формиране су две групе које су јасно одвојене дуж друге канонијске осе. Прва група, са негативним вредностима за CA2 обухвата јединке врсте *A. nobilis*, док су јединке других врста из исте секције формирале другу групу, показујући позитивне вредности за CA2. Значајан утицај на обе канонијске осе имале су компоненте сантолинатриен и камфор. Са друге стране, компоненте које највише доприносе диференцијацији по првој канонијској оси су камфен и *trans*-сабинил-ацетат, док је хризантенон највише допринео диференцијацији врста по другој канонијској оси. Већину анализираних врста одликује већи садржај 1,8-цинеола (*A. chrysocoma, A. clypeolata, A. crithmifolia*, *A. grandifolia, A. pseudopectinata* и *A.* x *vandasii*), β-пинена (*A. collina, A. distans, A. millefolium*), α-пинена (*A. coarctata*), хризантенона (*A. nobilis*) и *trans*-сабинил-ацетата (*A. ageratifolia*). Стога, већи садржај хризантенона код *A. nobilis* вероватно су допринели његовом одвајању од осталих врста секције *Achillea sensu lato*. Са друге стране, на одвајање *A. ageratifolia* у позитивном делу CA1 осе допринео је већи садржај *trans*-сабинил-ацетата. Делом и очекивано, будући да је *trans*-сабинил-ацетат био присутан само код ове врсте.

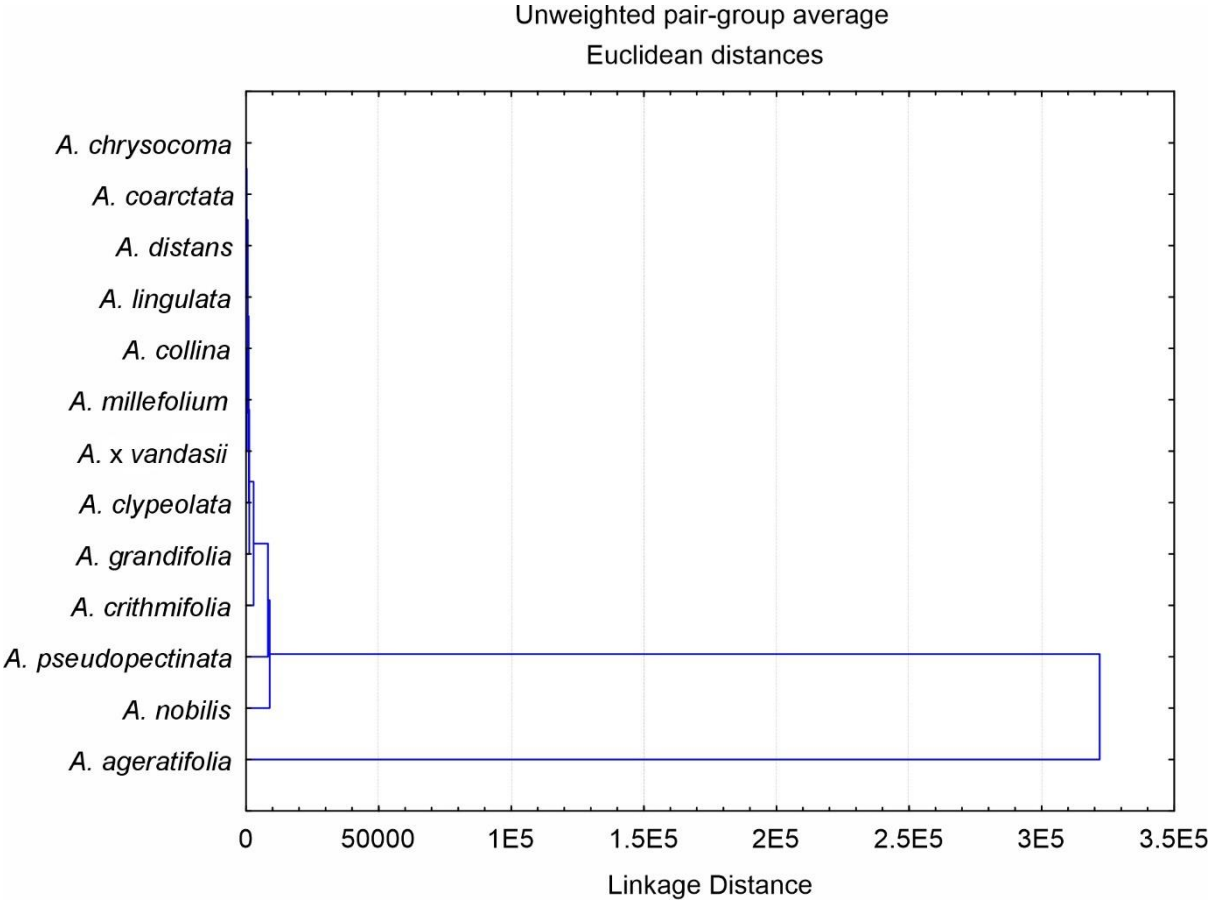


Слика 5-15. CDA на основу 10 *HS* испарљивих компоненти стабла испитиваних врста рода *Achillea.*

Табела 5-8. Стандардизовани коефицијенти за прве две канонијске осе (CA) 10 *HS* испарљивих компоненти стабла на основу CDA испитиваних врста рода *Achillea.* Значајни коефицијенти су болдирани.

Варијабле	**CA1**	**CA2**
сантолинатриен	**26,166**	**-1,045**
α-пинен	-0,224	-0,049
камфен	**1,223**	-0,701
β-пинен	0,095	-0,072
1,8-цинеол	-0,112	0,178
cis-тујон	0,372	0,123
хризантенон	0,045	**-1,005**
камфор	**-1,920**	**1,429**
trans-сабинил-ацетат	**24,896**	-0,224
гермакрен D	0,027	0,021
Eigen-вредности	3559,243	102,522
Кумулативни % објашњене дискриминације	0,959	0,986

Кластер анализа је показала сличну диференцијацију испитиваних врста као CDA, с обзиром на јасно издвајање врсте *A. ageratifolia* у посебан кластер у односу на остале испитиване врсте. Ипак, за разлику од CDA, ова анализа није указала и на јасну диференцијацију врсте *A. nobilis*, с обзиром да је припала истом кластеру као и остале испитиване врсте (**слика 5-16**).



Слика 5-16. Кластер анализа 13 *Achillea* врста базирана на 10 *HS* испарљивих компоненти стабла.

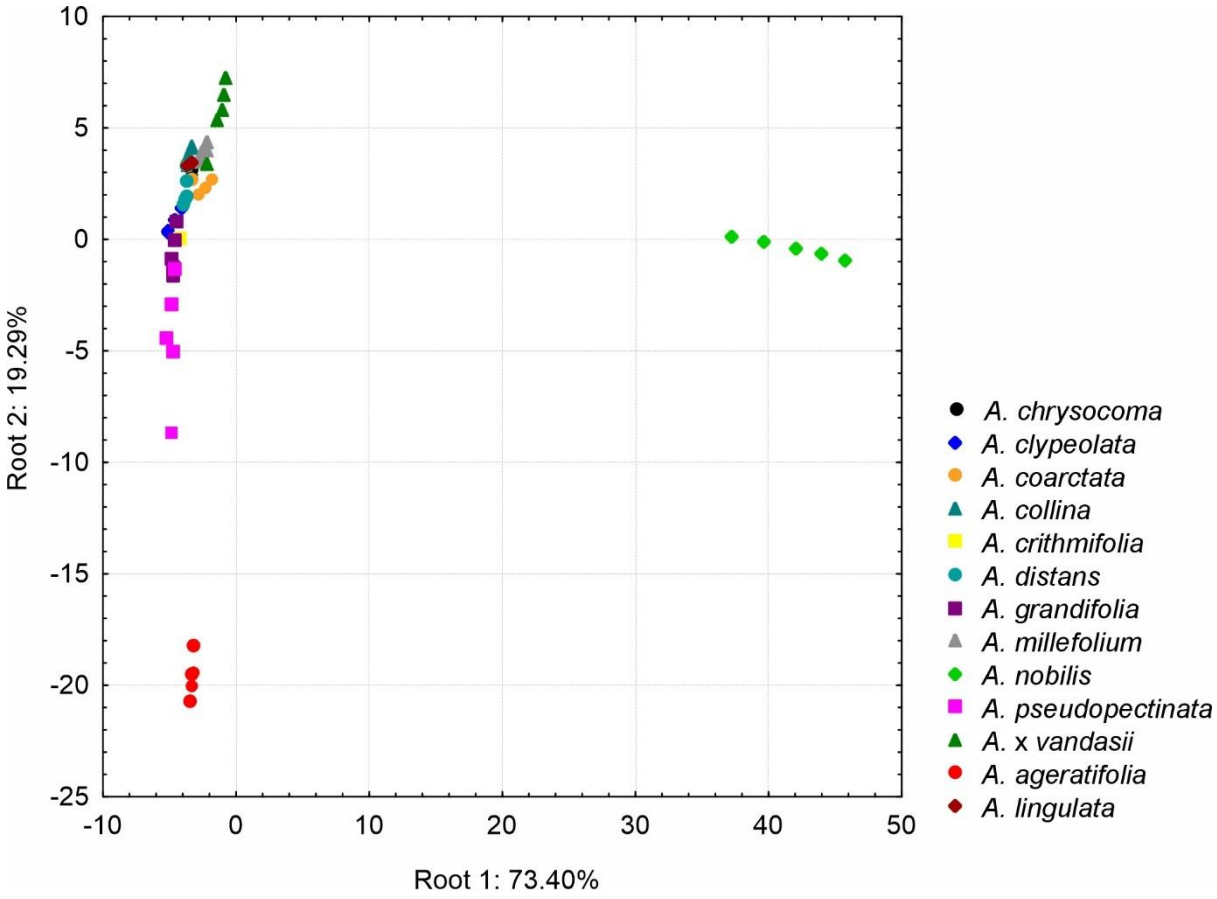
5.2.7. Мултиваријационе статистичке анализе (CDA и CA) лако испарљивих (*HS*) компоненти листа стабла испитиваних врста рода *Achillea*

Мултиваријационе статистичке анализе (CDA и CA) лако испарљивих (*HS*) компоненти листа стабла испитиваних врста рода *Achillea* нису урађене услед недостатка варијансе.

5.2.8. Мултиваријационе статистичке анализе (CDA и CA) лако испарљивих (*HS*) компоненти приземног листа испитиваних врста рода *Achillea*

Канонијска дискриминантна анализа заснована на 10 *HS* испарљивих компоненти приземног листа 13 врста рода *Achillea* показала је да прве две канонијске осе учествују у 92,69% укупне дискриминације, од чега прва оса (CA1) са 73,40% (**слика 5-17**, **табела 5-9**). Добијени дијаграм расипања (**слика 5-17**) показао је да се *A. nobilis* из секције *Achillea sensu lato*, по CA1, јасно одваја од осталих испитиваних врста из обе секције. Наиме, позиција јединки већине врста секције *Achillea sensu lato* била је у негативном делу прве канонијске осе, заједно са јединкама *A. lingulata* и *A. ageratifolia* из секције *Anthemoideae*. Са друге стране, јединке *A. nobilis* (*Achillea sensu lato*) формирале су групу у позитивном делу ове осе. Поред тога, *A. nobilis* је додатно одвојена и по CA2, с обзиром на то да се њене јединке налазе у негативном делу ове осе. Са друге стране, иако се *A. ageratifolia*, из секције *Anthemoideae*, налазила заједно са другим врстама у позитивном делу CA1, формирала је групу која се јасно раздваја дуж друге канонијске осе. Значајан утицај на обе канонијске осе имале су компоненте α-пинен и камфен, док је хризантенон највише допринео диференцијацији врста по првој канонијској оси. Са друге стране, камфор и *trans*-сабинил-ацетат највише су допринели диференцијацији врста по другој канонијској оси. Већину анализираних врста одликује већи садржај 1,8-цинеола (*A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. coarctata*, *A. crithmifolia*, *A. distans*, *A. pseudopectinata* и *A.* x *vandasii*), β-пинена (*A. collina*, *A. millefolium* и *A. lingulata*), камфора (*A. grandifolia*), хризантенона (*A. nobilis*) и *trans*-сабинил-ацетата (*A. ageratifolia*). Према томе, већи садржај хризантенона код *A. nobilis* је вероватно утицао на његово одвајање од осталих врста секције *Achillea sensu lato*. Са друге стране, на одвајање *A. ageratifolia* у негативном

делу CA2 осе допринео је већи садржај *trans*-сабинил-ацетата. Донекле и очекивано, с обзиром на то да је *trans*-сабинил-ацетат искључиво био присутан код ове врсте.

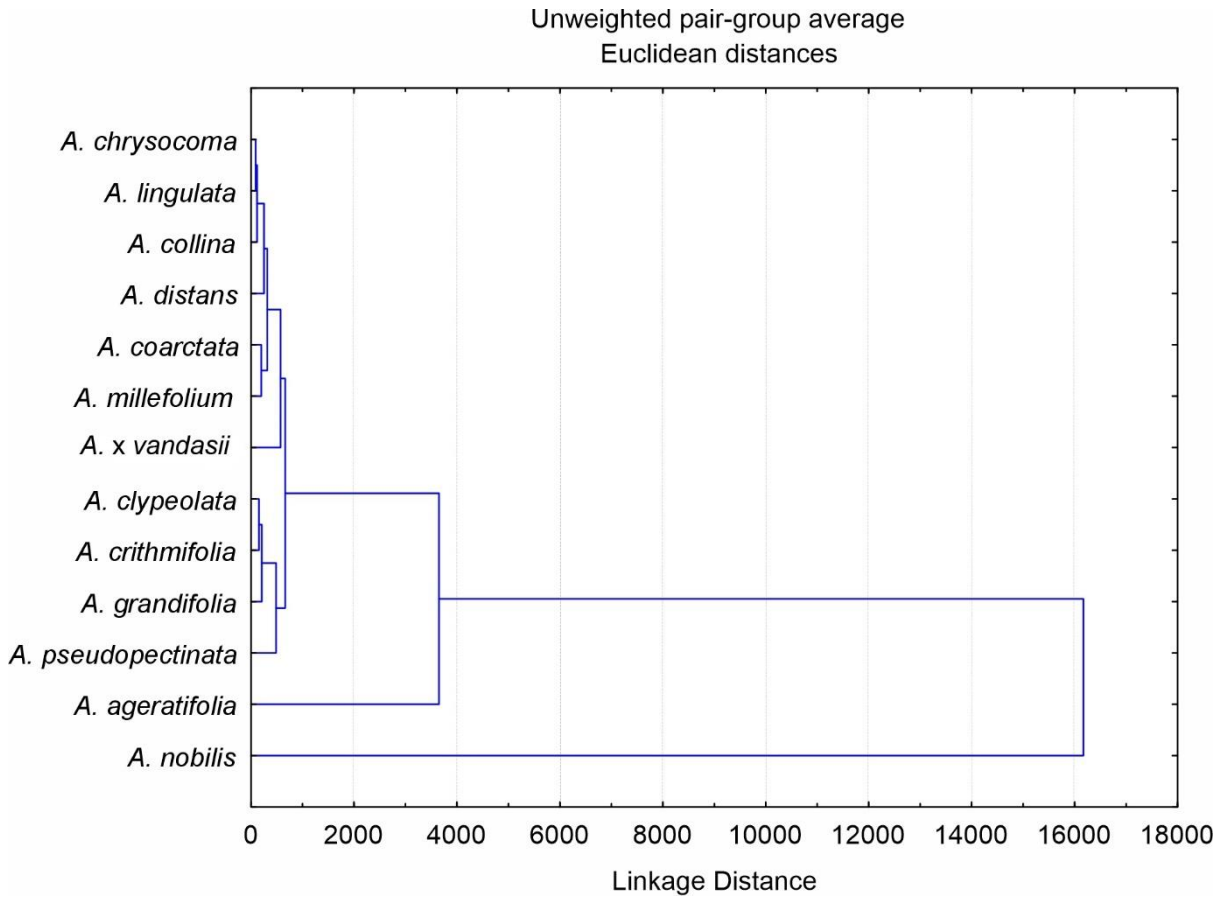


Слика 5-17. CDA на основу 10 *HS* испарљивих компоненти приземног листа испитиваних врста рода *Achillea.*

Табела 5-9. Стандардизовани коефицијенти за прве две канонијске осе (CA) 10 *HS* испарљивих компоненти приземног листа на основу CDA испитиваних врста рода *Achillea.* Значајни коефицијенти су болдирани.

Варијабле	**CA1**	**CA2**
α-пинен	**0,329**	**0,112**
камфен	**0,177**	**2,058**
β-пинен	0,009	0,004
1,8-цинеол	-0,080	-0,393
p-мента-2,4(8)-диен	-0,272	-0,328
cis-тујон	-0,238	-0,494
хризантенон	**1,087**	-0,100
камфор	-0,612	**-3,842**
борнеол	-0,139	-0,966
trans-сабинил-ацетат	-0,122	**-2,789**
Eigen-вредности	182,932	48,083
Кумулативни % објашњене дискриминације	0,734	0,927

Кластер анализа је такође показала тенденцију да се испитиване врсте рода *Achillea* поделе на сличан начин, с обзиром на јасно издвајање врсте *A. ageratifolia* и *A. nobilis* у посебне кластере у односу на остале испитиване врсте. Дакле, добијени дијаграм је предложио да се испитиване врсте поделе у три групе: 1) *A. nobilis*; 2) *A. ageratifolia* и 3) друге испитиване врсте (**слика 5-18**).



Слика 5-18. Кластер анализа 13 *Achillea* врста базирана на 10 *HS* испарљивих компоненти приземног листа.

5.3. Етарска уља

5.3.1. Варијабилност хемијског састава етарског уља надземног дела испитиваних врста рода *Achillea*

Хидродестилацијом надземног дела 13 врста рода *Achillea* добијена су етарска уља светло жуте (*A. collina*, *A. crithmifolia* и *A. lingulata*), жуте (*A. chrysocoma, A. clypeolata, A. grandifolia, A. nobilis* и *A. pseudopectinata*), светло зелено-плаве (*A. coarctata* и *A. distans*), светло плаве (*A. ageratifolia, A.* x *vandasii*) и тамно плаве боје (*A. millefolium*).

Приноси добијених етарских уља су се кретали у опсегу од 0,01% (w/w) код *A. collina* до 0,30% (w/w) код *A. nobilis* (**табела 4-3**). Оксигеновани монотерпени представљали су доминантну класу једињења у десет од тринаест испитиваних уља, варирајући у опсегу од око 50% (*A. millefolium*, *A. nobilis* и *A. lingulata*) до преко 70% (*A. ageratifolia, A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. crithmifolia*, *A. distans*, *A. grandifolia* и *A. pseudopectinata*) (**слике 5-19**, **5-19а** и **5-19б**, **табеле 5-10** и **5-11**). Са друге стране, етарско уље *A. coarctata, A. collina* и *A.* x *vandasii* одликовала је доминација оксигенованих сесквитерпена са преко 70% док су окигеновани монотерпени детектовани у концентрацији око 7% код *A.* x *vandasii* или су били у концентрацији ≤1% код *A. coacrtata* и *A. collina* (**слике 5-19**, **5-19а** и **5-19б**, **табела 5-11**). Међутим, другу најзаступљенију класу једињења представљали су монотерпенски угљоводоници (*A. crithmifolia* и *A. grandifolia*), оксигеновани сесквитерпени (*A. distans*, *A. clypeolata*, *A. millefolium*, *A. nobilis* и *A. lingulata*) или сесквитерпенски угљоводоници (*A.* x *vandasii*).

Различити фитохемијски профили доминантних једињења етарских уља су одређени за сваку врсту **(слике 5-20**, **5-20а** и **5-20б)**. Најзаступљеније компоненте биле су борнеол (*A. distans, A. lingulata* и *A. millefolium*), 1,8-цинеол (*A. chrysocoma*, *A. clypeolata* и *A. crithmifolia*), камфор (*A. grandifolia* и *A. pseudopectinata*), артемизија-кетон (*A. nobilis*), α-бисаболол (*A. collina*), виридифлорол (*A. coarctata*), кариофилен-оксид (*A.* x *vandasii*) и *trans*-хризантенил-ацетат (*A. ageratifolia*). Поред тога, етарска уља *A. millefolium* и *A. distans*, две филогенетски сродне врсте из A. millefolium agg., садржале су борнеол (36,1% и 12,8%, респ.) и 1,8-цинеол (14,6% и 9,9%, респ.) као прве две доминантне компоненте. Међутим, етарско уље *A. lingulata* из секције *Anthemoideae,* одликовала је доминација борнеола (22,1%) и γ-палмитолактона (7,2%). Даље, 1,8-цинеол (14,4%) и терпинен-4-ол (9,8%) су биле две главне компоненте у уљу *A.*

chrysocoma, 1,8-цинеол (18,2%) и камфор (16,7%) у уљу *A. clypeolata*, а 1,8-цинеол (17,7%) и артемизија алкохол (16,6%) у уљу *A. crithmifolia*. Затим, камфор (24,1%) и аскаридол (14,6%) биле су доминантне компоненте уља *A. grandifolia*, а камфор (49,9%) и 1,8-цинеол (16,0%) уља *A. pseudopectinata.* Артемизија-кетон (38,9%) и *cis*-кадин-4-ен-7-ол (7,7%) издвојиле су се као прве две доминатне компоненте уља *A. nobilis*. Супротно, етарско уље *A. coarctata* одликовала је доминација оксигенованих сесквитерпена са виридифлоролом (18,4%) и *cis*-кадин-4-ен-7-олом (13,2%) као главним компонентама. Такође, представници ове класе једињења са α-бисабололом (36,7%) и 14-хидрокси-(*Z*)-кариофилена (20,2%) као главним компонентама одликовала су етарско уље *A. collina,* а кариофилен-оксида (22,9%) и гермакрена D (12,7%) уље *A.* x *vandasii*. Са друге стране, главне компоненте етарског уља *A. ageratifolia*, друге испитиване врсте из секције *Anthemoideae*, биле су *trans*-хризантенил-ацетат (42,5%) и камфор (17,7%). (6*E*,10*E*)-псеудофитол је био једино идентификовано једињење дитерпена, присутно само у уљу *A. lingulata* у концентрацији >1%. Такође, уочена је ограничена дистрибуција испарљивих лактона (>5%), у уљу *A. coarctata* (мусколактон) и у уљу *A. lingulata* (γ-палмитолактон).

Табела 5-10. Хемијски састав етарских уља *A. crithmifolia*, *A. distans*, *A. grandifolia*, *A. millefolium*, *A. nobilis* и *A. lingulata*.

Р. бр.	Компонента	RI[1]	LI[2]	Класа једињења[3]	Садржај (%)					
					A. crithmifolia	*A. distans*	*A. grandifolia*	*A. millefolium*	*A. nobilis*	*A. lingulata*
1.	сантолинатриен	909	906	МУ	1,8	-	-	-	2,7	-
2.	α-пинен	936	932	МУ	1,3	1,8	0,7	2,0	-	-
3.	камфен	950	946	МУ	0,6	2,0	1,2	0,2	-	-
4.	сабинен	976	969	МУ	1,4	1,7	1,0	2,2	-	-
5.	β-пинен	979	974	МУ	0,9	2,5	0,3	5,3	-	-
6.	дехидро-1,8-цинеол	993	988	МУ	0,2	0,5	-	-	-	-
7.	2-пентилфуран	993	984	О	-	-	-	0,4	-	-
8.	δ-2-карен	998	1001	МУ	0,5	-	-	-	-	-
9.	јомоги-алкохол	1003	999	ОМ	5,9	-	-	-	-	-
10.	α-терпинен	1019	1014	МУ	2,3	0,3	4,1	0,4	-	-
11.	*p*-цимен	1027	1022	МУ	1,2	0,4	4,2	0,2	-	-
12.	β-феландрен	1031	1025	МУ	-	-	-	0,7	-	-
13.	лимонен	1032	1024	МУ	-	-	0,4	-	-	-
14.	**1,8-цинеол**	**1036**	**1026**	**ОМ**	**17,7**	**14,6**	8,5	9,9	1,1	0,2
15.	бензенацеталдехид	1046	1036	О	-	0,3	-	0,5	-	0,4
16.	γ-терпинен	1061	1054	МУ	1,2	0,7	0,5	0,8	-	0,3
17.	**артемизија-кетон**	**1063**	**1056**	**ОМ**	3,0	-	-	-	**38,9**	-
18.	*cis*-сабинен-хидрат	1070	1065	ОМ	0,9	-	0,3	0,6	-	-
19.	хотриенол	1073	1065	ОМ	0,2	-	-	-	-	-
20.	**артемизија-алкохол**	**1089**	**1080**	**ОМ**	**16,6**	-	-	-	1,4	-
21.	терпинолен	1091	1086	МУ	0,3	-	0,7	0,2	-	0,6
22.	линалол	1101	1095	ОМ	-	0,7	-	-	-	-
23.	*trans*-сабинен-хидрат	1103	1098	ОМ	0,8	-	-	0,5	-	-
24.	*n*-нонал	1106		О	-	-	-	-	-	0,3
25.	филифолон	1107	1106[2a]	ОМ	-	-	-	-	0,6	-
26.	***cis*-тујон**	**1112**	**1101**	**ОМ**	9,7	-	**14,1**	-	-	2,2
27.	*trans*-тујон	1120	1112	ОМ	0,9	-	2,1	-	-	0,5

28.	*cis-p*-мент-2-ен-1-ол	1125	1118	ОМ	-	0,2	0,7	0,3	-	-
29.	дехидро-сабина-кетон	1125	1117	ОМ	0,3	-	-	0,5	-	0,5
30.	хризантенон	1130	1124	ОМ	1,2	-	-	-	2,3	-
31.	*cis-p*-мента-2,8-диен-1-ол	1143	1133	ОМ	0,9	-	-	-	-	-
32.	*trans*-пинокарвеол	1144	1135	ОМ	-	1,1	-	1,1	-	6,9
33.	7-хидроксихотриенол	1146		ОМ	0,4	-	-	-	-	-
34.	**камфор**	**1150**	**1141**	**ОМ**	4,4	5,8	**24,1**	2,8	2,3	2,3
35.	албен	1161	1167[2a]	СУ	-	-	-	-	-	0,5
36.	хризантемол	1163	1163[2a]	ОМ	-	-	-	1,6	-	-
37.	*cis*-хризантенол	1167	1160	ОМ	-	-	-	1,5	-	-
38.	пинокарвон	1168	1160	ОМ	3,6	0,2	-	-	-	3,9
39.	лавандулол	1169	1165	ОМ	-	-	-	-	1,8	-
40.	дихидрокарвеол	1172	1192	ОМ	6,6	-	-	-	-	-
41.	**борнеол**	**1175**	**1165**	**ОМ**	-	**36,1**	7,9	**12,8**	-	**22,1**
42.	терпинен-4-ол	1183	1174	ОМ	3,8	1,9	1,6	2,3	0,6	3,0
43.	α-терпинеол	1195	1186	ОМ	2,0	6,0	1,1	3,1	-	0,4
44.	миртенол	1200	1194	ОМ	0,3	1,7	-	0,8	-	4,9
45.	γ-терпинеол	1211	1199	ОМ	-	-	-	0,2	-	-
46.	*trans*-карвеол	1214	1215	ОМ	-	-	-	0,3	-	-
47.	*iso*-гераниол	1236		ОМ	-	-	-	0,9	-	-
48.	*trans*-хризантенил-ацетат	1239	1235	ОМ	-	-	-	2,2	-	-
49.	(*E*)-оцименон	1244	1235	ОМ	1,0	-	-	-	-	-
50.	**аскаридол**	**1248**	**1234**	**ОМ**	-	-	**14,6**	-	-	-
51.	пиперитон	1259	1249	ОМ	1,7	-	-	5,0	-	-
52.	*cis*-хризантенил-ацетат	1266	1261	ОМ	1,0	-	-	-	-	0,3
53.	борнил-ацетат	1290	1287	ОМ	0,3	3,5	0,6	-	-	2,2
54.	лавандулил-ацетат	1294	1288	ОМ	-	1,9	-	1,5	-	-
55.	*iso*-аскаридол	1313	1305[2a]	ОМ	-	-	5,8	-	-	-
56.	пресилперфол-7-ен	1339	1334	СУ	-	-	-	-	-	0,3
57.	силфинен	1351	1345	СУ	-	-	-	-	-	0,2
58.	α-лонгипинен	1358	1350	СУ	-	-	-	-	-	0,3
59.	еугенол	1361	1365	ОМ	-	-	0,6	-	-	-
60.	нерил-ацетат	1365	1359	ОМ	-	-	-	0,2	-	-

61.	силфиперфол-6-ен	1382	1377	СУ	-	-	-	-	-	0,7
62.	линалол-изобутаноат	1383		ОМ	-	-	-	-	0,5	-
63.	модхеф-2-ен	1387	1382	СУ	-	-	-	-	-	0,5
64.	α-изокомен	1395	1387	СУ	-	-	-	-	-	0,4
65.	(*Z*)-јасмон	1403	1392	ОМ	0,7	-	2,3	-	-	-
66.	(*E*)-кариофилен	1428	1417	СУ	0,4	1,1	-	4,0	-	3,6
67.	(*E*)-β-фарнезен	1460	1454	СУ	0,2	-	-	-	-	0,4
68.	α-хумулен	1462	1452	СУ	-	-	-	0,5	-	0,3
69.	аморфа-4,11-диен	1467	1449	СУ	-	-	-	-	0,5	-
70.	γ-куркумен	1485	1481	СУ	-	-	-	0,7	-	-
71.	гермакрен D	1490	1484	СУ	1,6	2,4	0,6	3,6	1,8	5,4
72.	индипон	1502	1496	ОС	-	-	-	-	1,5	-
73.	бициклогермакрен	1505	1500	СУ	-	-	-	0,2	0,4	2,3
74.	лавандулил-изовалерат	1513	1509	ОМ	-	-	-	-	0,5	-
75.	β-бисаболен	1514	1505	СУ	-	-	-	-	-	0,4
76.	лавандулил-2-метил-бутаноат	1514	1511	ОМ	-	-	-	-	0,5	-
77.	β-куркумен	1522	1514	СУ	-	-	-	-	-	0,5
78.	δ-кадинен	1530	1522	СУ	-	0,3	-	0,3	0,5	1,3
79.	(*E*)-γ-бисаболен	1548	1529	СУ	-	-	-	-	-	0,3
80.	β-ветивен	1552	1554	СУ	-	-	-	-	0,4	-
81.	силфиперфол-5-ен-3-он B	1553	1550	ОС	-	-	-	3,2	-	-
82.	елемол	1556	1548	ОС	-	-	-	2,5	-	-
83.	неролидол	1567	1561	ОС	-	-	-	0,2	-	-
84.	10-α-еудезма-1,3-диен-11-ол	1569	1550	ОС	-	-	-	-	-	5,8
85.	малиол	1578	1566	ОС	-	-	-	-	-	2,4
86.	спатуленол	1586	1577	ОС	0,3	1,3	-	2,7	-	1,0
87.	α-гвајен	1590	1600	СУ	-	-	-	-	3,2	-
88.	кариофилен-оксид	1593	1582	ОС	0,5	2,9	0,5	3,5	0,9	1,9
89.	виридифлорол	1602	1592	ОС	-	-	-	0,3	4,9	-
90.	хелифолен-12-ал	1613	1592	ОС	-	0,5	-	-	-	-
91.	хумулен-епоксид	1614	1608	ОС	-	-	-	-	1,5	-
92.	гвајол	1618	1600	ОС	-	-	-	-	4,0	-
93.	ториленол	1620	1604[2a]	ОС	-	0,3	-	0,5	-	-

94.	10-*epi*-γ-еудезмол	1630	1622	ОС	-	-	-	-	0,7	-
95.	1,10-di-*epi*-кубенол	1637	1618	ОС	-	-	-	-	-	0,6
96.	1-|*epi*|-кубенол	1638	1627	ОС	-	-	-	-	0,9	-
97.	еремолигенол	1640	1629	ОС	-	-	0,7	-	-	-
98.	γ-еудезмол	1641	1630	ОС	-	-	-	1,1	-	-
99.	*epi*-α-муролол (=τ-муролол	1641	1640	ОС	-	-	-	-	5,1	-
100.	*cis*-кадин-4-ен-7-ол	1643	1635	ОС	-	-	-	1,4	7,7	-
101.	кариофила-4(12),8(13)-диен-5-β-ол	1643	1639	ОС	-	0,3	-	0,4	-	-
102.	*allo*-аромадендрен-епоксид	1647	1639	ОС	-	1,2	-	-	-	-
103.	α-муролол	1649	1644	ОС	-	-	-	-	-	5,3
104.	*epi*-α-кадинол (=τ-кадинол)	1650	1638	ОС	-	0,4	-	-	-	-
105.	химахалол	1658	1652	ОС	-	-	-	0,2	0,7	-
106.	β-еудезмол	1660	1649	ОС	-	-	-	0,6	-	-
107.	1-охо-α-лонгипинен	1661	1649	ОС	-	-	-	-	-	0,6
108.	α-кадинол	1663	1652	ОС	-	-	-	-	-	1,5
109.	α-еудезмол	1664	1652	ОС	-	-	-	4,6	-	-
110.	селин-11-ен-4-α-ол (еудезм-11-ен-4-ол, 4α-H)	1665	1658	ОС	-	1,3	-	-	3,0	-
111.	7-*epi*-α-еудезмол	1670	1662	ОС	-	0,5	-	-	-	-
112.	гваја-3,10(14)-диен-11-ол	1675	1676	ОС	-	-	-	-	0,7	-
113.	(*Z*)-неролидил-ацетат	1676	1676	ОМ	-	-	-	-	-	0,5
114.	14-хидрокси-9-*epi*-(*E*)-кариофилен	1679	1668	ОС	-	-	-	0,3	-	-
115.	14-хидрокси-(*Z*)-кариофилен	1680	1666	ОС	-	0,5	-	-	-	-
116.	валеранон	1684	1674	ОС	-	-	-	-	0,6	-
117.	*cis*, *cis*-фарнезол	1690	1698	ОС	-	-	-	-	-	0,5
118.	α-бисаболон	1690	1685	ОС	-	-	-	0,7	-	-
119.	хелифоленол B	1692	1677	ОС	-	0,2	-	-	-	-
120.	10-nor-каламенен-10-он	1693	1702	ОС	-	-	-	-	1,0	-

121.	гермакра-4(15),5,10(14)-триен-1-α-ол	1695	1685	ОС	-	-	-	0,4	-	-
122.	еудезма-4(15),7-диен-1β-ол	1696	1687	ОС	-	0,9	-	-	-	-
123.	пентадеканал	1716	1715[2a]	О	-	-	-	0,2	-	0,8
124.	5-хидрокси-*cis*-каламенен	1729	1713	ОС	-	-	-	-	0,7	-
125.	хамазулен	1741	1730	СУ	-	-	-	3,8	-	-
126.	γ-еудезмол-ацетат	1785	1783	ОС	-	-	-	-	1,0	-
127.	γ-палмитолактон	2107	2105[2a]	О	-	-	-	-	-	7,2
128.	(6*E*,10*E*)-псеудофитол	2114	2058	ОД	-	-	-	-	-	0,5
129.	трикозан	2295	2300	О	-	-	-	-	-	0,6
	Укупно				98,6	98,0	99,2	96,9	94,9	97,6
	Монотерпенски угљоводоници (МУ)				11,5	9,4	13,1	12,0	2,7	0,9
	Оксигеновани монотерпени (ОМ)				84,1	74,2	84,3	48,1	50,5	49,9
	Сесквитерпенски угљоводоници (СУ)				2,2	3,8	0,6	13,1	6,8	17,4
	Оксигеновани сесквитерпени (ОС)				0,8	10,3	1,2	22,6	34,9	19,6
	Оксигеновани дитерпени (ОД)				-	-	-	-	-	0,5
	Остало (О)				-	0,3	-	1,1	-	9,3

[1]RI: Експериментални линеарни ретенциони индекси у односу на *n*-алкане C_8-C_{40}. [2]LI: Литературни индекси - Адамсови ретенциони индекси (Adams, 2007) и [2a]- индекси у складу са *NIST* базом података. [3]Монотерпенски угљоводоници (МУ), оксигеновани монотерпени (ОМ), сесквитерпенски угљоводоници (СУ), оксигеновани сесквитерпени (ОС), оксигеновани дитерпени (ОД), остало (О). Компоненте које нису детектоване су означене као (-). Компоненте које су заступљене у концентрацији ≥ 10% су болдиране

Табела 5-11. Хемијски састав етарских уља *A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. coarctata*, *A. collina*, *A. pseudopectinata*, *A.* x *vandasii* и *A. ageratifolia*.

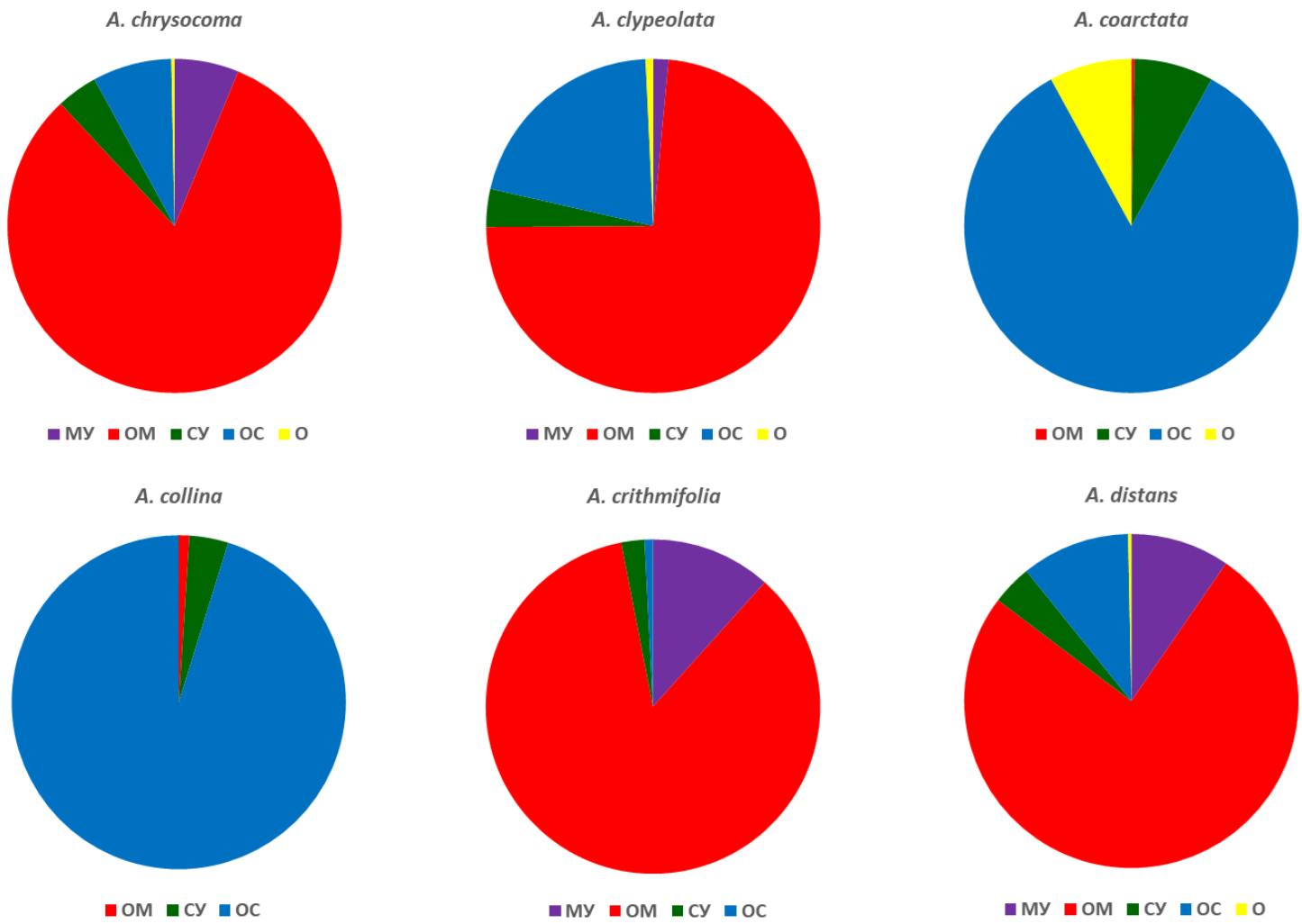
Р. бр.	Компонента	RI[1]	LI[2]	Класа једињења[3]	Садржај (%)						
					A. chrysocoma	*A. clypeolata*	*A. coarctata*	*A. collina*	*A. pseudopectinata*	*A.* x *vandasii*	*A. ageratifolia*
1.	α-пинен	925	932	МУ	0,7	0,2	-	-	-	-	-
2.	камфен	940	946	МУ	0,2	0,3	-	-	-	-	-
3.	бензалдехид	951	952	О	-	0,2	-	-	-	-	-
4.	сабинен	964	969	МУ	0,4	-	-	-	-	-	-
5.	β-пинен	967	974	МУ	1,4	-	-	-	-	-	-
6.	дехидро-1,8-цинеол	982	988	ОМ	0,2	0,4	-	-	-	-	-
7.	α-феландрен	995	1002	МУ	0,2	-	-	-	-	-	-
8.	α-терпинен	1008	1014	МУ	1,0	-	-	-	-	-	-
9.	*o*-цимен	1015	1022	МУ	0,5	0,4	-	-	-	-	-
10.	β-феландрен	1020	1025	МУ	0,6	-	-	-	-	-	-
11.	**1,8-цинеол**	**1023**	**1026**	**ОМ**	**14,4**	**18,2**	-	**-**	**16,0**	1,4	6,6
12.	бензенацеталдехид	1034	1036	О	-	0,3	-	-	-	-	-
13.	γ-терпинен	1049	1054	МУ	1,2	0,5	-	-	-	-	-
14.	артемизија-кетон	1051	1056	ОМ	-	-	-	-	-	-	0,6
15.	*cis*-сабинен-хидрат	1058	1065	ОМ	1,6	1,1	-	-	5,1	-	0,7
16.	артемизија-алкохол	1074	1080	ОМ	-	-	-	-	-	-	0,6
17.	*trans*-сабинен-хидрат	1092	1098	ОМ	1,4	1,3	-	-	5,2	-	0,8
18.	*n*-нонал	1094	1100	О	0,3	-	-	-	-	-	-
19.	***cis*-тујон**	**1096**	**1101**	**ОМ**	-	**11,7**	-	-	1,1	0,3	0,9
20.	*trans*-тујон	1107	1112	ОМ	-	1,6	-	-	-	-	0,8
21.	*cis-p*-мент-2-ен-1-ол	1112	1118	ОМ	9,5	0,3	-	-	-	-	-
22.	хризантенон	1119	1124	ОМ	-	-	-	-	1,2	-	0,6
23.	α-камфоленал	1117	1122	ОМ	0,4	-	-	-	-	-	-
24.	*trans-p*-мент-2-ен-1-ол	1130	1135[2a]	ОМ	9,2	-	-	-	-	-	-
25.	*trans*-пинокарвеол	1130	1135	ОМ	-	0,5	-	-	-	-	-
26.	*trans*-вербенол	1133	1140	ОМ	-	2,1	-	-	-	0,8	-
27.	***trans*-сабинол**	**1135**	**1137**	**ОМ**	-	-	-	-	-	**-**	**16,0**

28.	**камфор**	**1136**	**1141**	**ОМ**	6,5	**16,7**	-	-	**49,9**	**-**	**17,7**
29.	*p*-мент-3-ен-8-ол	1141	1145	ОМ	-	0,6	-	-	-	-	-
30.	*cis*-хризантенол	1154	1160	ОМ	-	1,2	-	-	0,5	-	2,3
31.	пинокарвон	1154	1160	ОМ	1,2	-	-	-	-	-	-
32.	борнеол	1159	1165	ОМ	8,1	6,0	-	-	7,7	2,6	1,9
33.	терпинен-4-ол	1168	1171	ОМ	9,8	3,7	-	-	3,9	0,3	1,3
34.	туј-3-ен-10-ал	1175	1181	ОМ	-	-	-	-	-	-	0,5
35.	*p*-цимен -8-ол	1175	1179	ОМ	0,2	-	-	-	-	-	-
36.	α-терпинеол	1181	1186	ОМ	5,4	2,1	0,3	-	3,7	1,3	1,1
37.	миртенол	1187	1194	ОМ	4,7	0,4	-	-	-	0,5	-
38.	*trans*-пиперитол	1199	1207	ОМ	5,9	-	-	-	-	-	-
39.	вербенон	1200	1204	ОМ	-	0,3	-	-	-	-	-
40.	нерол	1220	1227	ОМ	-	0,3	-	-	-	-	-
41.	*izo*-гераниол	1223	1232[2a]	ОМ	-	1,1	-	1,0	-	-	-
42.	аскаридол	1230	1234	ОМ	0,7	0,2	-	-	-	-	-
43.	пиперитон	1245	1249	ОМ	0,9	-	-	-	-	-	-
44.	*cis*-хризантенил-ацетат	1255	1261	ОМ	0,2	-	-	-	-	-	0,5
45.	борнил-ацетат	1281	1287	ОМ	0,2	-	-	-	1,0	-	0,7
46.	тимол	1282	1289	ОМ	-	0,3	-	-	-	-	-
47.	***trans*-хризантенил-ацетат**	**1287**	**1289**	**ОМ**	-	-	-	-	-	**-**	**42,5**
48.	δ-елемен	1328	1335	СУ	-	0,3	-	-	-	-	-
49.	β-елемен	1383	1389	СУ	0,5	-	-	-	-	-	-
50.	(*Z*)-јасмон	1388	1392	СУ	-	0,3	0,4	-	-	-	-
51.	(*E*)-кариофилен	1411	1417	СУ	1,2	-	-	-	-	0,3	-
52.	α-хумулен	1445	1452	СУ	0,3	-	-	-	-	-	-
53.	*allo*-аромадендрен	1459	1468	СУ	0,3	0,3	-	-	-	0,4	-
54.	**гермакрен D**	**1473**	**1480**	**СУ**	1,0	2,2	4,7	3,2	3,2	**12,7**	-
55.	индипон	1488	1496	ОС	-	-	0,4	-	-	-	-
56.	бициклогермакрен	1488	1500	СУ	-	-	0,4	0,5	-	0,9	-
57.	γ-кадинен	1505	1513	СУ	0,4	0,2	0,7	-	-	1,5	-
58.	δ-кадинен	1513	1522	СУ	0,2	0,3	0,4	-	-	0,7	-
59.	(*E*)-γ-бисаболен	1523	1529	СУ	-	-	0,6	-	-	-	-
60.	елемол	1539	1548	ОС	-	-	0,4	-	-	-	-

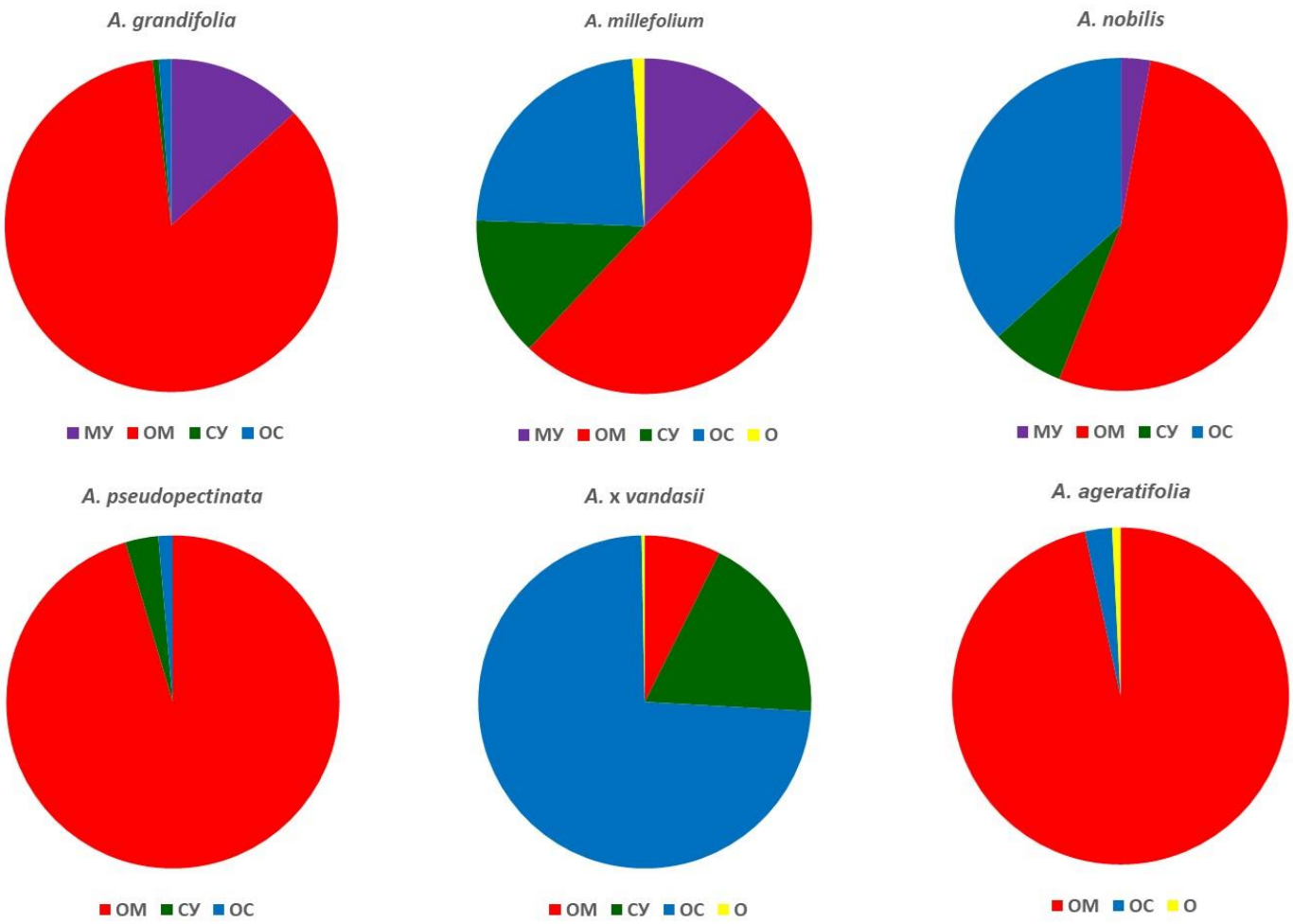
61.	салвиадиенол	1545	1549[2a]	OC	-	-	0,5	-	-	-	-
62.	(*E*)-неролидол	1551	1561	OC	-	-	1,3	-	-	0,6	-
63.	палустрол	1560	1567	OC	-	-	0,5		-	-	-
64.	спатуленол	1569	1577	OC	-	-	2,1	3,3	-	5,4	-
65.	**кариофилен-оксид**	**1576**	**1582**	**OC**	4,4	0,8	9,7	8,3	-	**22,9**	1,8
66.	**виридифлорол**	**1585**	**1592**	**OC**	-	-	**18,4**	-	-	6,6	-
67.	**копаборнеол**	**1596**	**1593[2a]**	**OC**	0,5	-	**11,0**	-	-	-	-
68.	α-гвајен	1596	1600	OC	-	-	-	-	-	1,5	-
69.	β-оплопенон	1600	1607	OC	-	0,2	-	-	-	-	-
70.	ториленол	1602	1604[2a]	OC	-	-	1,0	-	-	1,8	-
71.	јуненол	1614	1618	OC	-	-	-	-	-	1,2	-
72.	алисмол	1620	1619[2a]	OC	-	-	1,3	-	-	-	-
73.	еремолигенол	1620	1629	OC	-	3,1	-	-	-	-	-
74.	мурола-4,10(14)-диен-1-β-ол	1620	1630	OC	-	-	-	-	-	3,3	-
75.	γ-еудезмол	1621	1630	OC	-	2,0	-	3,8	-	-	-
76.	***cis*-кадин-4-ен-7-ол**	**1625**	**1635**	**OC**	-	-	**13,2**	-	-	-	-
77.	кариофила-4(12),8(13)-диен-5-ол	1632	1637[2a]	OC	0,6	1,2	4,1	5,9	-	4,5	0,8
78.	*epi*-α-кадинол	1631	1638	OC	2,0	1,4	2,2	-	-	6,8	-
79.	кубенол	1639	1645	OC	-	-	-	-	-	0,7	-
80.	β-еудезмол	1642	1649	OC	-	3,5	2,3	0,7	1,4	0,9	-
81.	α-еудезмол	1645	1652	OC	-	5,5	-	1,2	-	-	-
82.	**α-кадинол**	**1645**	**1652**	**OC**	-	0,9	3,9	-	-	**11,4**	-
83.	селин-11-ен-4-α-ол	1651	1658	OC	-	-	0,4	-	-	-	-
84.	*cis*-каламенен -10-ол	1657	1660	OC	-	-	-	-	-	0,5	-
85.	**14-хидрокси-9-*epi*-(*E*)-кариофилен**	**1662**	**1668**	**OC**	-	0,5	1,3	**20,2**	-	1,5	-
86	**α-бисаболол**	**1672**	**1685**	**OC**	-	-	-	**36,7**	-	-	-
87.	β-бисаболол	1672	1674	OC	-	0,2	-	-	-	0,7	-
88.	еудезма-4(15),7-диен-1β-ол	1679	1687	OC	-	0,3	-	6,7	-	3,0	-
89.	8-хидрокси-изоборнил-изобутаноат	1679	1674	OC	-	-	-	4,4	-	-	-

90.	германкра-4(15),5,10(14)-триен-1-α-ол	1678	1685	OC	-	-	3,4	-	-	-	-
91.	*n*-пентадеканал	1698	1707[2a]	O	-	-	0,5	-	-	-	-
92.	(2*E*,6*Z*)-фарнезал	1705	1713	OC	-	-	0,4	-	-	-	-
93.	6R,7R-бисаболен	1734	1740	OC	-	-	-	2,4	-	-	-
94.	γ-костол	1736	1745	OC	-	-	0,6	-	-	-	-
95.	β-костол	1756	1765	OC	-	-	0,7	-	-	-	-
96.	мусколактон	1839	1839[2a]	O	-	0,2	6,2	-	-	0,3	0,8
97.	бензил-салицилат	1857	1864	O	-	-	0,8	-	-	-	-
	Укупно				97,9	95,2	94,2	98,1	100,0	97,3	99,6
	Монотерпенски угљоводонци (МУ)				6,1	1,4	6,1	1,4	-	-	-
	Оксигеновани монотерпени (ОМ)				80,2	69,9	80,2	69,9	95,4	7,2	96,2
	Сесквитерпенски угљоводоници (СУ)				3,9	3,5	3,9	3,5	3,2	18,0	-
	Оксигеновани сесквитерпени (ОС)				7,5	19,7	7,5	19,7	1,4	71,8	2,6
	Остало (О)				0,3	0,7	0,3	0,7	-	0,3	0,8

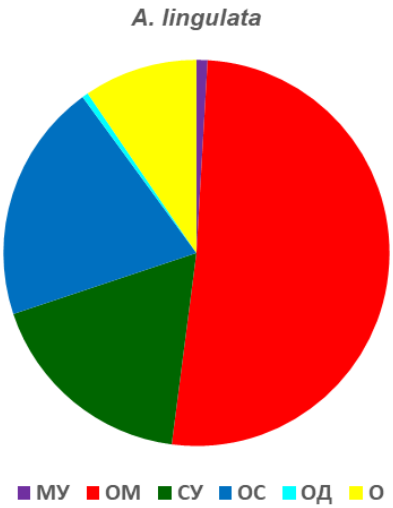
[1]RI: Експериментални линеарни ретенциони индекси у односу на *n*-алкане C_8-C_{40}. [2]LI: Литературни индекси - Адамсови ретенциони индекси (Adams, 2007) и [2a]- индекси у складу са *NIST* базом података. [3]Монотерпенски угљоводоници (МУ), оксигеновани монотерпени (ОМ), сесквитерпенски угљоводоници (СУ), оксигеновани сесквитерпени (ОС), остало (О). Компоненте које нису детектоване су означене као (-). Компоненте које су заступљене у концентрацији ≥ 10% су болдиране



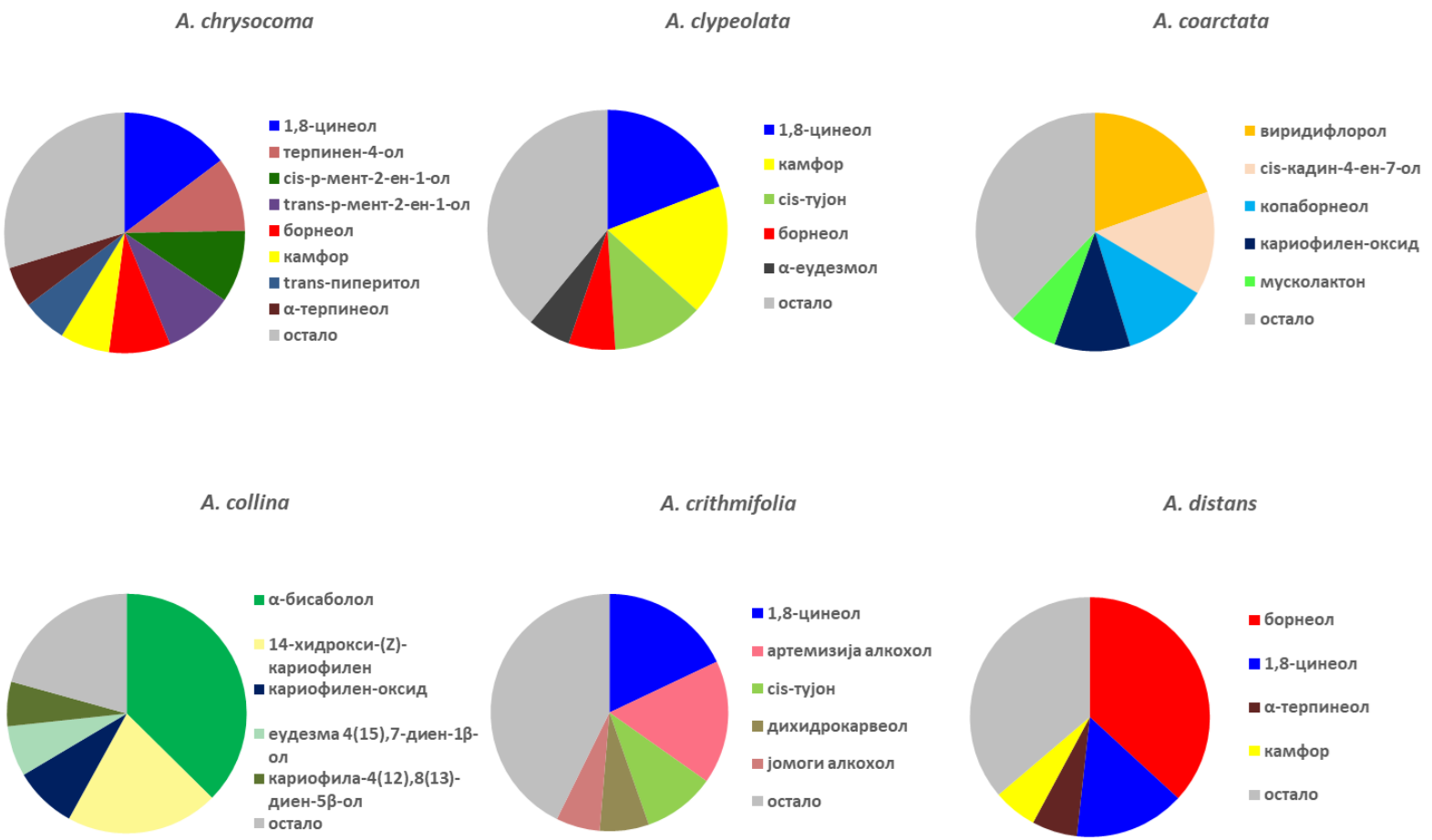
Слика 5-19. Релативни садржај (%) различитих класа терпена у етарским уљима *A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. coarctata*, *A. collina*, *A. crithmifolia* и *A. distans*. МУ - монотерпенски угљоводоници; ОМ - оксигеновани монотерпени; СУ - сесквитерпенски угљоводоници; ОС - оксигеновани сесквитерпени; О - остало.



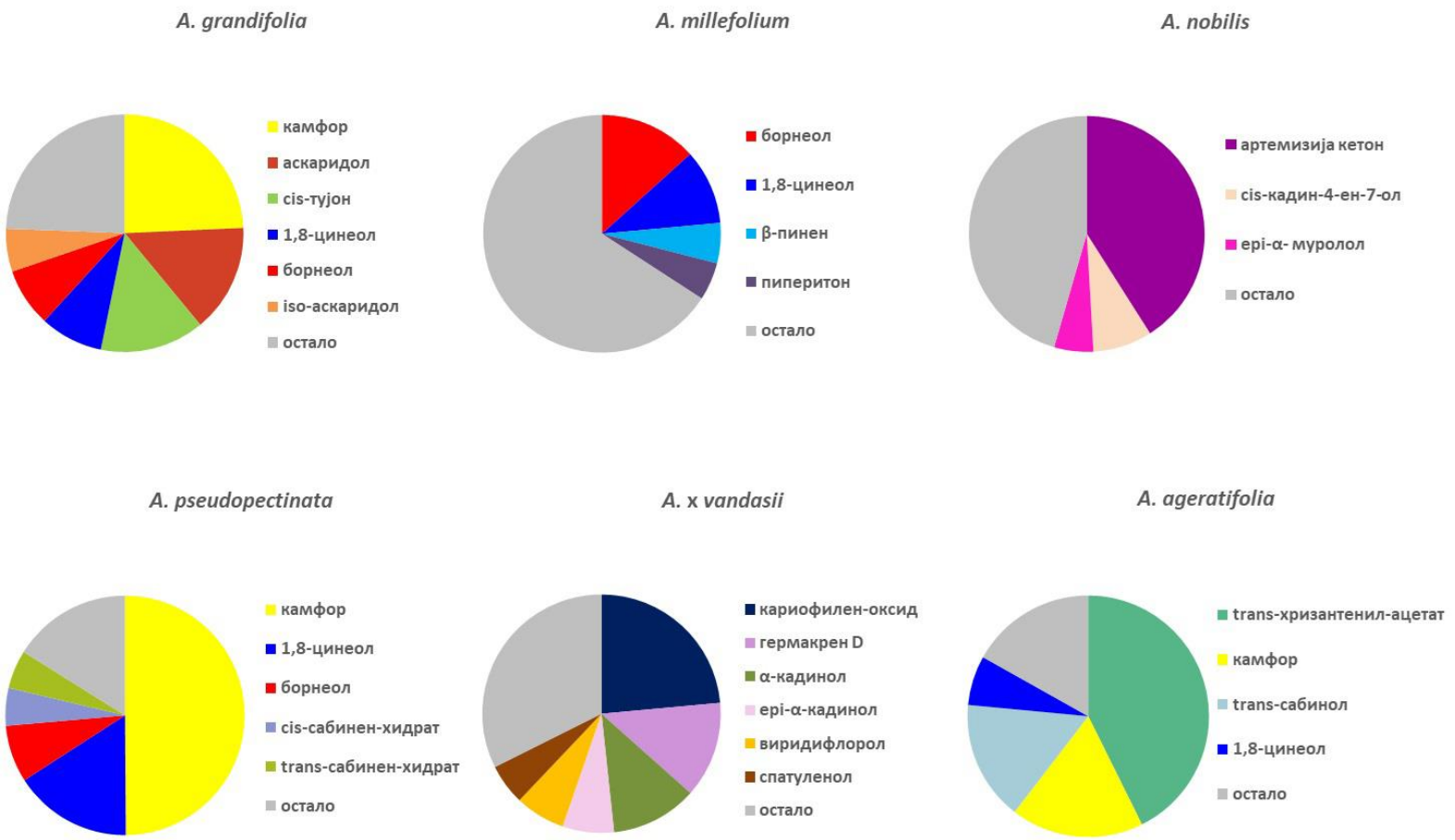
Слика 5-19а. Релативни садржај (%) различитих класа терпена у етарским уљима *A. grandifolia*, *A. millefolium*, *A. nobilis*, *A. pseudopectinata*, *A.* x *vandasii* и *A. ageratifolia.* МУ - монотерпенски угљоводоници; ОМ - оксигеновани монотерпени; СУ - сесквитерпенски угљоводоници; ОС - оксигеновани сесквитерпени; О - остало.



Слика 5-19б. Релативни садржај (%) различитих класа терпена у етарском уљу *A. lingulata*. МУ - монотерпенски угљоводоници; ОМ - оксигеновани монотерпени; СУ - сесквитерпенски угљоводоници; ОС - оксигеновани сесквитерпени; ОД - оксигеновани дитерпени; О - остало.



Слика 5-20. Релативни садржај (≥5%) доминантних компоненти у етарским уљима *A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. coarctata*, *A. collina*, *A. crithmifolia* и *A. distans*.



Слика 5-20а. Релативни садржај (≥5%) доминантних компоненти у етарским уљима *A. grandifolia*, *A. millefolium*, *A. nobilis*, *A. pseudopectinata*, *A.* x *vandasii* и *A. ageratifolia.*

Слика 5-20б. Релативни садржај (≥5%) доминантних компоненти у етарском уљу *A. lingulata*.

Хемијски састав етарских уља надземног дела одабраних врста рода *Achillea* испитивао је велики број аутора. Према нашим сазнањима, ово је прва студија о хемијском саставу етарског уља *A.* x *vandasii*.

Већина постојећих литературних података углавном је фокусирана на широко распрострањену врсту *A. millefolium*. Већина фитохемијских студија које су до сада спроведене указују на присуство изузетног хемијског полиморфизма *A. millefolium* (Verma et al., 2017). Хемијски састав етарског уља *A. millefolium* је веома сложен због постојања већег броја хемотипова (Gudaitytė & Venskutonis, 2007; Raal et al., 2012). Главне компоненте у уљима *A. millefolium* изолованим из различитих хемотипова су углавном хамазулен, сабинен, β-пинен, 1,8-цинеол, линалол, α-тујон, β-тујон, *o*-цимен, камфор, аскаридол, кариофилен-оксид, β-еудесмол и α-бисаболол (Mockuté & Judzentienė, 2003). Узимајући у обзир до сада објављене податке може се приметити да су хемијски профили етарских уља изолованих из надземног дела различитих врста прилично разнолики, како у погледу квалитативног састава, тако и по садржају појединих испарљивих једињења. Велика варијабилност једињења етарских уља вероватно је последица различитог географског порекла као и услова животне средине што може потврдити преглед литературних података о заступљености једињења у етарским уљима врста које су биле укључене као предмет истраживања докторске дисертације (**табела 5-12** и **5-12а**). С обзиром на обиље једињења у етарским уљима врста рода *Achillea*, у **табелама 5-12** и **5-12а** представљена су само једињења са садржајем ≥5% макар у једном испитиваном узорку. Из табеларно систематизованих података јасно се види изражена интра- и интерспецијска варијабилност једињења испитиваних етарских уља, као што је у случају 1,8-цинеола, чији се садржај креће од 1,6 до 41,6% (*A. millefolium*), или мање 0,1% у уљу врсте *A. lingulata*, док је ово једињење одсутно у уљу *A. distans*. Интересантно да је овако широк интервал у погледу садржаја 1,8-цинеола уочен код врста из A. millefolium agg. (*A. collina*, *A. distans, A. millefolium*). Поредећи резултате докторске дисертације са литературним подацима, у случају најчешће истраживаног таксона рода *A. millefolium*, може се приметити да се садржај 1,8-цинеола (9,9%) и β-пинена (5,3%) налази у опсегу података из литературе, садржај борнеола (12,8%) је изнад литературних вредности, док је пиперитон потпуно одсутан у претходно истраживаним уљима ове врсте (Chalchat et al., 1999; Suleimenov et al., 2001; Bošković et al., 2005; Šmelcerović et al., 2009; Falconieri et al., 2011; Mazandarini et al., 2013; El-Kalamouni et al., 2017; Aćimović et al., 2020; Miladinović et al., 2021).

Хемијски профил испитиваног етарског уља *A. coarctata,* друге најчешће истраживане врсте, разликовао се од литературних вредности у погледу већег садржаја *cis*-кадин-4-ен-7-ол (13,2%) и кариофилен-оксида (9,7%), док су копаборнеол и мусколактон једињења која нису детектована у претходно испитиваним уљима ове врсте (Simić et al., 1999; Çakıcı & Koçak, 2015; Turkmenoglu et al., 2015; Kostevski et al., 2016; Albayrak & Silahtarlıoğlu, 2019). Такође, установљено је да је етарско уље *A. coarctata* по садржају најзаступљеније компоненте испитиваног етарског уља – виридифлорола, најсличније уљу пореклом из Турске (Turkmenoglu et al., 2015).

На основу приказаних литературних података у **табелама 5-12** и **5-12а** може се видети да постоји и велики број објављених радова о хемијском саставу етарског уља *A. crithmifolia.* У појединим уљима може се приметити већи садржај 1,8-цинеола, артемизија-кетона, *p*-цимена, камфора, борнеола, терпинен-4-ола, α-терпинеола, *trans*-хризантенил-ацетата и еудезма-7(11)-ен-4-ола (**табела 5-12**), што није случај са етарским уљем исте врсте истраживаног у оквиру докторске дисертације. Супротно од литературних података, истраживано етарско уље није садржало борнеол, *trans*-хризантенил-ацетат и еудезма-7(11)-ен-4-ол, али јесте у значајном проценту једињења артемизија-алкохол (16,6%), *cis*-тујон (9,7%), дихидрокарвеол (6,6%) и јомоги-алкохол (5,9%), који су присутни у нижим концетрацијама или одсутни у претходно испитиваним етарским уљима (Chalchat et al., 1999; Palić et al., 2003; Šmelcerović et al., 2009; Stanković et al., 2016; Miladinović et al., 2021).

Балканске ендемичне врсте рода *Achillea*: *A. chrysocoma*, *A. clypeolata, A. pseudopectinata* и *A. ageratifolia* су мање истраживане у односу на претходно наведене таксоне, те су и литературни подаци о хемијском саставу уља оскудни. Наиме, постоје две студије о хемијском саставу етарског уља *A. chrysocoma* (Tasić et al., 1998; Simić et al., 2000) које су указале на прилично различите хемијске профиле етарског уља наведене врсте. Хемијски састав етарског уља (**табела 5-11**) сличнији је резултатима *Simić* и сар. (2000), који су за своје истраживање користили биљни материјал са истог локалитета. Заступљеност испарљивих једињења у уљу *A. clypeolata* је донекле у складу са литературним подацима, осим у садржају *cis*-тујона (11,7%) и α-еудезмола (5,5%) који су били одсутни у претходно објављеним радовима (Simić et al., 2004; Chalchat et al., 2005; Aćimović et al., 2020; Miladinović et al., 2021). Такође, (*E*)-γ-бисаболен и вербенол, најзаступљеније компоненте у претходно испитиваним уљима (Simić et al., 2004; Miladinović et al., 2021) биле су одсутне у нашем истраживаном уљу. Слично нашим

резултатима, *Chalchat* и сар. (2005) су показали доминацију камфора (38,7%), 1,8-цинеола (24,1%) и борнеола (6,0%) у етарском уљу *A. pseudopectinata*. Међутим, етарско уље у нашој студији је садржало *cis*-сабинен хидрат (5,1%) и *trans*-сабинен хидрат (5,2%) који су детектовани у нижим концентрацијама (1,1 и 0,1% респ.) у студији *Chalchat* и сар. (2005). Према нашим сазнањима, раније је истраживан само инфраспецијски облик типске врсте *A. ageratifolia* (*A. ageratifolia* subsp. *serbica*) (Chalchat et al., 1999; Simić et al., 2000; Mladenović & Radulović, 2016). Наиме, већи садржај β-сабинил-ацетата, *cis*-хризантенола, јомоги-алкохола, 2-пиролидинона и α-пинена је присутан у претходно истраживаним уљима (**табела 5-12а**) док су у нашем уљу ове компонентне биле потпуно одсутне. Са друге стране, хемијски профил *A. ageratifolia* (**табела 5-11**) одликује доминација *trans*-хризантенил-ацетата (42,5%) и *trans*-сабинола (16,0%) који су присутни у нижим концентрацијама или одсутни у претходно испитиваним уљима (Chalchat et al., 1999; Mladenović & Radulović, 2016).

Етарско уље *A. collina* углавном одликује већи садржај гермакрена D, 1,8-цинеола, β-пинена, хамазулена, (*E*)-кариофилена, камфора, хризантенона, нерил-ацетата и *p*-цимена (Maffei et al., 1993; Chalchat et al., 2000; Božin et al., 2008). Наши резултати су показали изразито различиту дистрибуцију једињења етарског уља ове врсте, при чему до сада није пријављен висок садржај α-бисаболола (36,7%), 14-хидрокси-(*Z*)-кариофилена (20,2%), кариофилен-оксида (8,3%), еудезма-4(15),7-диен-1β-ола (6,7%) и кариофила-4(12)8(13)-диен-5β-ола (5,9%). Садржај већине доминантних компоненти истраживаног уља *A. grandifolia* **(табела 5-10)** је био у оквиру опсега података из литературе (**табела 5-12**), само је *iso*-аскаридол присутан у концентрацији <5% или одсутан у претходним студијама (Hanlidou et al., 1992; Radulović et al., 2009; Stanković et al., 2016).

Поређењем наших резулатата са претходним студијама приметили смо да је хемијски профил етарског уља *A. nobilis* прилично разнолик у погледу доминантних једињења. Према различитим ауторима, *cis*-тујон, 1,8-цинеол, артемизија-кетон, борнеол, камфор, кадрен-β-епоксид, *trans*-тујон, α-еудезмол и сабинен су биле главне компоненте у етарском уљу ове врсте (Suleimenov et al., 2001; Palić et al., 2003; Ghani et al., 2008). Артемизија-кетон је једна од најзаступљенијих компоненти нашег истраживаног уља, док су остале компоненте присутне у нижим концентрацијама или одсутне.

Хемијски састав уља *A. lingulata* у нашој студији се у великој мери разликовао од података претходних студија (Chalchat et al., 2000; Stojanović et al., 2001; Bošković et al., 2005) осим у присуству борнеола, чији је садржај био у оквиру опсега из литературе. Према *Maffei* и сар. (1993), етарско уље *A. distans* пореклом из Италије одликује доминација бисаболен-оксида (30,2%), гермакрена D (12,7%), линалол-оксида (7,9%) и *epi*-кубенола (5,4%), што је у супротности са нашим резлтатима. Наиме, борнеол (12,8%), 1,8-цинеол (9,9%), α-терпинеол (6,0%) и камфор (5,8%) су биле најзаступљеније компоненте нашег истраживаног уља (**табела 5-10**).

Табела 5-12. Заступљеност испарљивих једињења (≥5%) у етарским уљима надземног дела *A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. coarctata*, *A. collina*, *A. crithmifolia*, *A. distans* и *A. grandifolia* - литературни преглед.

Р. бр.	Компонента	*A. chrysocoma*	*A. clypeolata*	*A. coarctata*	*A. collina*	*A. crithmifolia*	*A. distans*	*A. grandifolia*
1.	α-пинен	0,6[1]	1,4-1,8[4,6]	0,2-0,8[7-9,11]	1,0-1,8[12,13]	1,2-3,7[6,16-18]	-	0,3-0,7[18,19]
2.	сабинен	0,5[1]	-	-	0,3[12]	0,1-0,7[15,16-18]	-	0,9[19]
3.	β-пинен	1,7[1]	0,8-2,5[4,6]	0,3-2,0[7-11]	0,1-22,5[12-14]	0,4-2,0[15-18]	-	0,1-0,2[18,19]
4.	линалол-оксид	тр[2]	-	-	-	-	7,9[14]	-
5.	јомоги-алкохол	-	-	-	0,1[14]	1,2[18]	-	-
6.	*p*-цимен	2,7[1]	2,9-3,6[4,6]	0,4-0,6[7,8]	тр-6,1[12,14]	1,8-6,6[15-17]	-	0,2-6,7[19,20]
7.	1,8-цинеол	17,0[1]	16,0-45,1[3-5]	1,0-34,2[7-11]	0,3-27,6[12-14]	6,0-27,4 [15-18]	-	0,7-16,4[18-20]
8.	γ-терпинен	0,8[1]	0,9-1,3[3-5]	0,3-0,5[7-11]	тр-1,3[13,14]	0,3-0,8[15-17]	-	тр[20]
9.	артемизија-кетон	-	-	-	тр[14]	4,0-31,7[16,18]	-	-
10.	*cis*-хризантенол	-	-	-	2,7[12]	0,1[18]	-	0,1[20]
11.	*cis*-сабинен-хидрат	-	0,2[4]	1,0-8,3[10,11]	0,3[12]	0,3[16]	-	0,4[20]
12.	*trans*-линалол-оксид	-	-	0,2-7,2[7,10]	-	-	-	-
13.	терпинолен	0,7[1]	-	-	тр-0,2[12,14]	0,2[15]	-	-
14.	*cis*-тујон	-	-	0,2-0,3[7,9]	0,6[12]	2,2[18]	-	7,5-15,1[18-20]
15.	*trans*-тујон	-	-	1,0[7]	4,1[12]	0,2-1,5[15,18]	-	1,4-9,2[18-20]
16.	*cis*-*p*-мент-2-ен-1-ол	8,2[2]	0,2-0,8[4,5]	0,2-0,4[7,10]	0,6[12]	1,0[16]	-	0,8[20]
17.	хризантенон	-	-	-	8,5[12]	0,2-1,8[15,18]	-	0,3-2,9[19,20]
18.	2-пиролидинон	-	-	-	-	0,4[16]	-	-
19.	*trans*-*p*-мент-2-ен-1-ол	7,9[2]	0,3[4]	0,4-0,6[7,10]	0,5[12]	0,5[16]	-	-
20.	*trans*-сабинол	-	-	-	-	-	-	-
21.	вербенол	-	12,9[6]	-	-	-	-	-
22.	камфор	8,9[2]	5,1-19,9[3-5,6]	5,1-29,4[7-11]	1,3-9,0[12-14]	5,9-27,6[15-18]	-	15,6-45,4[18-20]
23.	борнеол	10,1[2]	2,7-11,9[3-5,6]	1,6-8,2[7-11]	тр-3,2[12,14]	2,8-21,1[15-18]	-	2,9-8,2[18-20]
24.	терпинен-4-ол	9,2[2]	2,8-8,8[3-5,6]	0,7-5,1[7,10]	0,4-1,8[12,-14]	0,5-5,8[15-18]	-	0,1-1,6[18-20]
25.	α-терпинеол	6,9[2]	2,4-5,3[3-5,6]	1,2-8,5[7-11]	-	0,1-5,3[15,6,17,18]	-	0,1-2,1[18,20]
26.	миртенол	6,7[2]	-	1,4-1,6[7,10]	0,4[14]	0,3-0,5[15,17]	-	-
27.	аскаридол	-	-	-	-	0,1-0,7[16,18]	-	0,9-15,5[18,20]
28.	*trans*-хризантенил-ацетат	-	1,4[6]	-	-	1,3-35,2[15,16]	-	тр[20]

29.	β-сабинил-ацетат	-	-	-	-	0,8[16]	-	-
30.	нерил-ацетат	-	-	-	6,4[14]	-	-	-
31.	*Z*-јасмон	-	-	0,4-1,1[7,10]	-	0,1-0,6[15,17]	-	6,4[20]
32.	(*E*)-кариофилен	6,3[1]	-	1,0[10]	14,6-14,9[13,14]	0,1-2,2[15-17]	1,5[14]	1,6[20]
33.	гермакрен-D	-	1,2[5]	0,2-12,3[7,9,10]	11,1-41,4[13,14]	0,1-0,4[15,17]	12,7[14]	-
34.	(*E*)-γ-бисаболен	-	17,9[3]	-	-	-	-	-
35.	(*E*)-неролидол	0,8[1]	-	-	0,7[14]	-	0,4[14]	3,0[20]
36.	спатуленол	-	0,2-0,4[4,5]	0,8-6,6[7,10]	0,2-0,3[12,14]	0,1[16]	0,1[14]	тр[20]
37.	кариофилен-оксид	4,5[2]	1,7-11,5[3-5,6]	4,5-9,6[7-11]	0,8-3,0[12-14]	0,4-3,0[16,17]	тр[14]	1,4[20]
38.	виридифлорол	-	-	1,8-25,9[7-10]	0,2[14]	-	тр[14]	-
39.	кадрен-β-епоксид	-	-	-	-	-	-	-
40.	*epi*-кубенол	-	-	-	0,2[14]	-	5,4[14]	-
41.	*cis*-кадин-4-ен-7-ол	-	-	6,6[10]	-	-	-	-
42.	τ-кадинол	1,0-4,2[1,2]	1,9[4]	-	-	-	-	-
43.	β-еудезмол	-	1,5-6,3[3,6]	1,0-7,6[8-10]	0,4-1,0[12,14]	-	0,6[14]	-
44.	α-еудезмол	-	-	4,0[7]	-	0,1[15]	-	-
45.	α-бисаболол	-	-	-	-	-	-	-
46.	еудезма-7(11)-ен-4-ол	-	-	-	-	6,0[17]	-	-
47.	хамазулен	-	-	-	8,7-19,4[13,14]	-	-	-
48.	15-хексадеканолид	-	-	1,3-9,4[8,9]	-	-	-	-
49.	хексадеканска киселина	-	-	8,2[8]	-	-	-	0,7[20]
50.	α-бисаболен-оксид	-	-	-	0,6[14]	-	30,2[14]	-

(1) Tasić et al., 1998; (2) Simić et al., 2000; (3) Simić et al., 2004; (4) Chalchat et al., 2005; (5) Aćimović et al., 2020; (6) Miladinović et al., 2021; (7) Simić et al., 1999; (8) Turkmenoglu et al., 2015; (9) Albayrak & Silahtarlıoğlu, 2019; (10) Kostevski et al., 2016; (11) Cakici & Kocak, 2015; (12) Chalchat et al., 2000; (13) Bozin et al., 2008; (14) Maffei et al., 1993; (15) Palić et al., 2003; (16) Chalchat et al., 1999; (17) Šmelcerović et al., 2009; (18) Stanković et al., 2016; (19) Hanlidou et al., 1992; (20) Radulović et al., 2009. Компоненте које нису присутне у етарским уљима одговарајуће врсте су означене као (-).

Табела 5-12а. Заступљеност испарљивих једињења (≥5%) у етарским уљима надземног дела *A. millefolium*, *A. nobilis*, *A. pseudopectinata*, *A. ageratifolia* и *A. lingulata* - литературни преглед.

Р. бр.	Компонента	*A. millefolium*	*A. nobilis*	*A. pseudopectinata*	*A. ageratifolia*	*A. lingulata*
1.	α-пинен	0,6-17,2[2,4,5-9]	-	1,5[12]	0,3-5,0[3,14]	6,8[16]
2.	сабинен	0,1-11,5[2,4,5-9]	5,1[10]	0,2[12]	0,1-1,0[3,14]	2,8[16]
3.	β-пинен	2,1-32,6[2,5,6-9]	-	0,8[12]	0,2-1,4[3,14]	3,4[16]
4.	линалол-оксид	-	-	-	0,4[3]	-
5.	јомоги-алкохол	-	-	-	1,1-5,1[3,14]	-
6.	*p*-цимен	0,8-1,9[4-7,9]	-	1,8[12]	0,5-1,7[3,14]	0,2-1,6[15,16]
7.	1,8-цинеол	1,6-41,6[1,2-4,5-9]	14,1[10]	24,1[12]	8,6-14,2[3,13,14]	0,1-3,3[8,15,16]
8.	γ-терпинен	0,4-6,8[1,5-9]	0,9[10]	1,2[12]	тр-0,3[3,14]	0,2-0,6[16,15]
9.	артемизија-кетон	-	14,8[11]	-	1,6-3,2[13,14]	-
10.	*cis*-хризантенол	1,1[9]	-	0,1[12]	0,8-15,9[3,14]	1,3[16]
11.	*cis*-сабинен-хидрат	0,4-0,5[1,9]	-	1,1[12]	0,1-0,6[3,14]	-
12.	*trans*-линалол-оксид	-	-	-	-	-
13.	терпинолен	0,2-81,0[1,5,8,9]	-	0,3[12]	тр-0,1[14]	0,1[16]
14.	*cis*-тујон	0,4-1,3[5,9]	25,7-34,1[10,11]	3,7[12]	тр-0,6[13,14]	0,4-6,3[16,15]
15.	*trans*-тујон	0,1-29,0[6,9]	6,6[10]	-	0,5-1,2[13,14]	0,8-2,0[15,16]
16.	*cis*-*p*-мент-2-ен-1-ол	0,2-0,5[1,6,9]	-	1,1[12]	0,2-0,3[3,14]	0,1-0,6[15,16]
17.	хризантенон	тр-0,2[1,6,9]	-	-	0,4-0,7[14]	-
18.	2-пиролидинон	-	-	-	6,3[3]	-
19.	*trans*-*p*-мент-2-ен-1-ол	0,1-0,2[1,9]	-	0,4[12]	тр-0,9[3,14]	0,3[16]
20.	*trans*-сабинол	-	-	-	5,0-6,3[14]	-
21.	вербенол	-	-	-	-	-
22.	камфор	9,7-30,0[1,2-4,5-7]	5,6-8,2[11,10]	38,7[12]	11,0-33,9[3,13,14]	0,3-3,0[8,15,16]
23.	борнеол	1,6-9,4[1,2-4,5,7-9]	0,5-9,9[11,9,10]	6,0[12]	0,8-4,7[3,13,14]	8,0-29,6[8,15,16]
24.	терпинен-4-ол	1,2-6,3[1,2,4,5-7,9]	1,5[10]	4,3[12]	0,8-1,8[3,13,14]	3,6-4,8[15,16]
25.	α-терпинеол	тр-5,9[1,2,4,6,9]	1,2[10]	0,2[12]	1,2-1,5[13,14]	0,4[15]
26.	миртенол	0,2[1,9]	-	0,2[12]	тр-0,4[3,14]	1,7-2,0[15,16]
27.	аскаридол	-	-	-	-	-
28.	*trans*-хризантенил-ацетат	0,2-15,8[1,6,7]	-	-	тр-4,4[3,14]	-
29.	β-сабинил-ацетат	-	-	-	30,7-39,9[13,14]	-
30.	нерил-ацетат	-	-	-	-	-

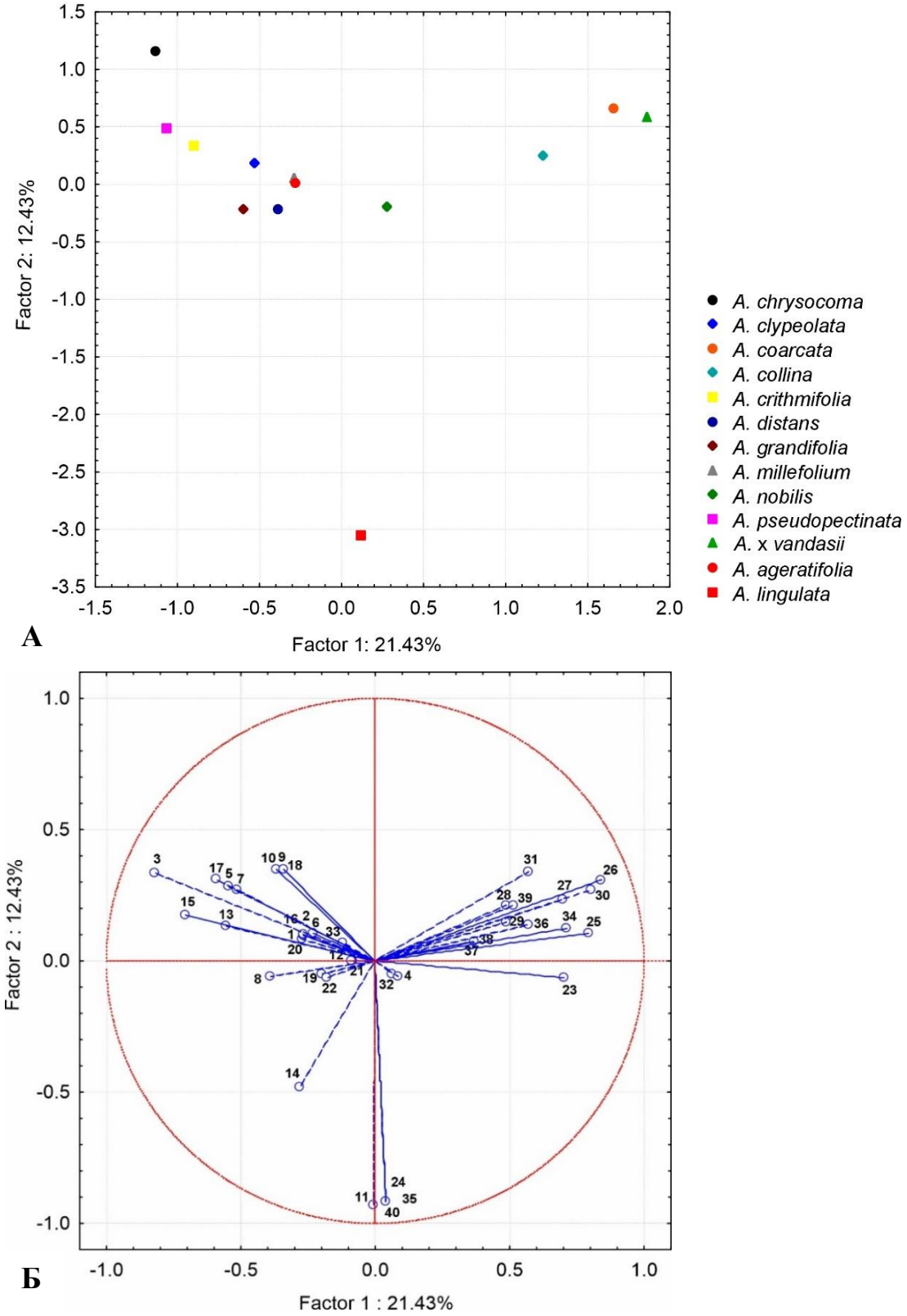
31.	*Z*-јасмон	-	-	-	тр[14]	-
32.	(*E*)-кариофилен	0,3-16,5[4,6,8,9]	-	-	-	0,3-3,9[8,15,16]
33.	гермакрен-D	0,7-12,0[1,4,6-9]	-	-	0,6-0,7[14]	1,1-1,5[8,15]
34.	(*E*)-γ-бисаболен	-	-	-	-	-
35.	(*E*)-неролидол	0,7-7,3[6,7,9]	-	-	тр[14]	5,8[15]
36.	спатуленол	2,0[7]	-	0,3[12]	0,2-1,2[3,14]	1,0-4,0[15,16]
37.	кариофилен-оксид	1,6-6,5[1,2,4,5-9]	-	0,3[12]	0,8-1,8[3,13,14]	0,9-16,6[8,15,16]
38.	виридифлорол	0,5-1,8[1,7]	-	-	-	0,2[15]
39.	кадрен-β-епоксид	-	9,6[10]	-	-	-
40.	*epi*-кубенол	0,4[9]	-	-	-	-
41.	*cis*-кадин-4-ен-7-ол	-	-	-	-	-
42.	τ-кадинол	-	-	-	-	22,5[8]
43.	β-еудезмол	1,1-6,1[1,7,9]	-	0,3[12]	0,3-0,4[14]	0,2[16]
44.	α-еудезмол	0,2[9]	6,1[10]	-	-	-
45.	α-бисаболол	0,3-5,5[1,7,9]	-	-	0,1[14]	0,2-1,4[8,15]
46.	еудезма-7(11)-ен-4-ол	-	-	-	-	-
47.	хамазулен	0,1-5,9[1,5,8]	-	-	тр[14]	-
48.	15-хексадеканолид	-	-	-	-	-
49.	хексадеканска киселина	0,7[9]	-	-	0,1[14]	-
50.	α-бисаболен-оксид	-	-	-	-	12,8[8]

(1) Aćimović et al., 2020; (2) Miladinović et al., 2021; (3) Chalchat et al., 1999; (4) Šmelcerović et al., 2009; (5) Mazandarini et al., 2013; (6) Falconieri et al., 2011; (7) El-Kalamouni et al., 2017; (8) Bošković et al., 2005; (9) Suleimenov et al., 2001; (10) Ghani et al., 2008; (11) Palić et al., 2003; (12) Chalchat et al., 2005; (13) Simić et al., 2000; (14) Mladenović & Radulović, 2016; (15) Stojanović et al., 2001; (16) Chalchat et al., 2000; Компоненте које нису присутне у етарским уљима одговарајуће врсте су означене као (-).

5.3.2. Мултиваријационе статистичке анализе (PCA и CA) компоненти етарског уља испитиваних врста рода *Achillea*

Анализа главних компоненти заснована на 40 компоненти етарских уља показала је да прве две главне компоненте описују 33,8% укупне варијабилности узорка (**слика 5-21А**, **табела 5-13**). Прва главна компонента (PC1) описује 21,4% укупне варијабилности а друга (PC2) 12,4%. Карактери који највише доприносе укупној варијабилности на првој главној компоненти су 1,8-цинеол, терпинен-4-ол, гермакрен D, спатуленол, кариофилен-оксид, кариофила-4(12),8(13)-диен-5-ол и α-кадинол. На другој главној компоненти варијабилности највише доприносе *trans*-пинокарвеол, 10-α-еудезма-1,3-диен-11-ол, α-муролол и γ-палмитолактон (**табела 5-13**).

На основу дисперзије врста у координатном систему дефинисаном осама PC1 и PC2, може се уочити тенденција формирања три групе таксона (**слика 5-21А**). Прву и највећу групу (*A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. crithmifolia*, *A. distans*, *A. grandifolia*, *A. millefolium*, *A. pseudopectinata* и *A. ageratifolia*), са негативним вредностима за PC1, одликовала су етарска уља са већим садржајем оксигенованих монотерпена као што су 1,8-цинеол, камфор и борнеол (**слика 5-21Б**, **табеле 5-10 и 5-11**). Од ове групе, у позитивном делу PC1, јасно је одвојена друга група коју чине *A. coarctata*, *A. collina* и *A.* x *vandasii* са генерално већим садржајем оксигенованих сесквитерпена. Најзаступљенији међу њима, кариофилен-оксид детектован је и у уљима осталих врста али у концентрацији испод 5% док је уљу *A. pseudopectinata* био одсутан. Штавише, ако упоредимо хемијски профил компоненти етарских уља ових врста са осталим (**табеле 5-10** и **5-11**) можемо приметити да ниједна друга врста нема толико једињења из класе оксигенованих сесквитерпена присутних у концентрацији >10%. Средишњи положај између ове две групе заузима *A. nobilis*, чије етарско уље одликује већи садржај артемизија-кетона (оксигеновани монотерпен) и *epi*-α-муролола (оксигеновани сесквитерпен). Такође, етарско уље *A. lingulata* показало је одређени степен диференцијације и од осталих група се одвојило дуж друге осе. На одвајање етарског уља *A. lingulata* у негативном делу PC2 осе допринео је већи садржај *trans*-пинокарвеола, 10-α-еудезма-1,3-диен-11-ола, *α*-муролола, а нарочито *γ*-палмитолактона. Донекле и очекивано, с обзиром на то да је *γ*-палмитолактон искључиво био присутан у етарском уљу ове врсте.

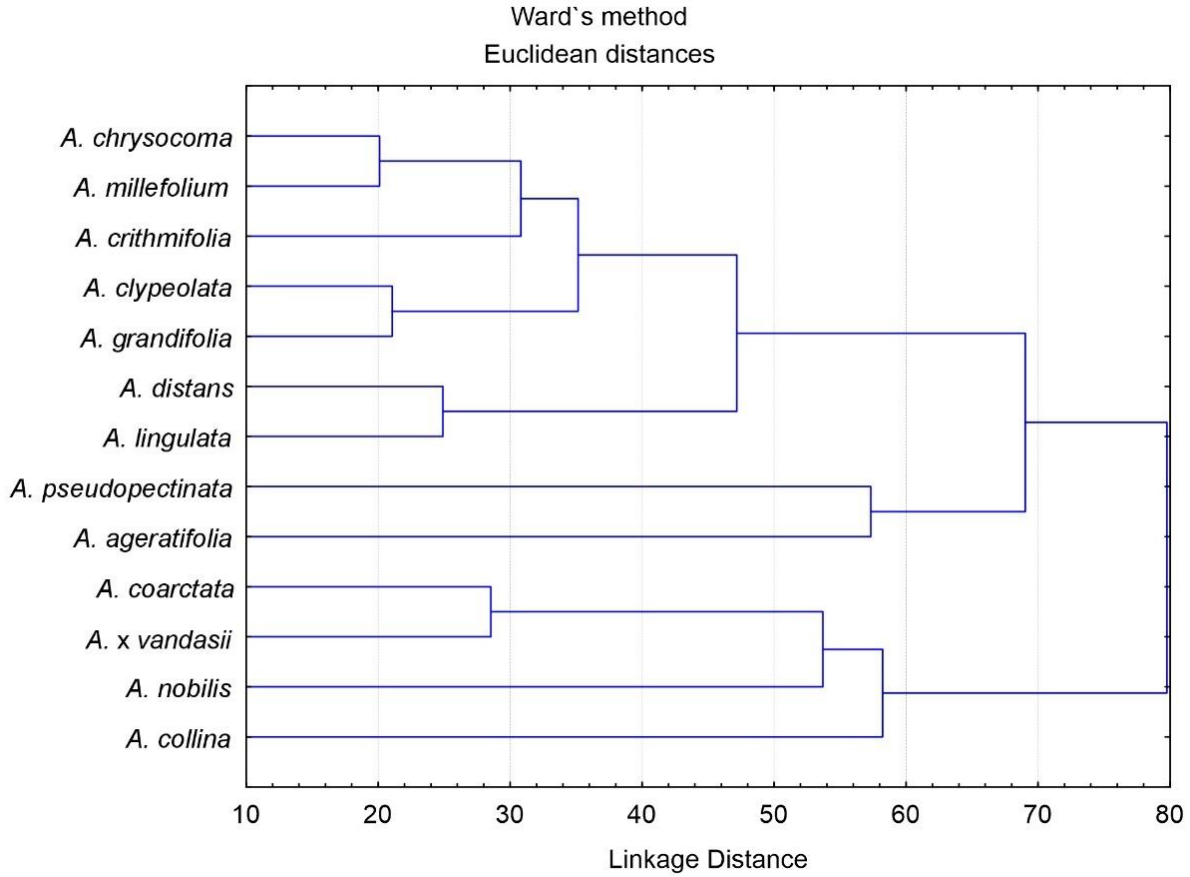


Слика 5-21. А) Анализа главних компоненти (PCA) 13 *Achillea* врста. Б) Приказ 40 компоненти етарских уља у пројекцији прве две PCA осе.

Табела 5-13. Оптерећење хемијских карактера на прве две осе анализе главних компоненти (PCA). Болдиране вредности су статистички значајне >0,5.

Р. бр.	Карактери	Фактор 1	Фактор 2
1.	β-пинен	-0,272	0,083
2.	јомоги-алкохол	-0,269	0,101
3.	1,8-цинеол	**-0,818**	0,335
4.	артемизија-кетон	0,063	-0,052
5.	*cis*-сабинен-хидрат	-0,546	0,286
6.	артемизија-алкохол	-0,266	0,096
7.	*trans*-сабинен-хидрат	-0,515	0,270
8.	*cis*-тујон	-0,389	-0,059
9.	*cis-p*-мент-2-ен-1-ол	-0,368	0,348
10.	*trans-p*-мент-2-ен-1-ол	-0,341	0,348
11.	*trans*-пинокарвеол	-0,005	**-0,930**
12.	*trans*-сабинол	-0,083	0,001
13.	камфор	-0,554	0,132
14.	борнеол	-0,282	-0,481
15.	терпинен-4-ол	**-0,706**	0,173
16.	дихидрокарвеол	-0,269	0,101
17.	α-терпинеол	-0,593	0,311
18.	*trans*-пиперитол	-0,341	0,348
19.	аскардиол	-0,197	-0,050
20.	пиперитон	-0,230	0,105
21.	*trans*-хризантенил-ацетат	-0,088	0,002
22.	*iso*-аскаридол	-0,179	-0,066
23.	гермакрен D	**0,702**	-0,065
24.	10-α-еудезма-1,3-диен-11-ол	0,038	**-0,917**
25.	спатуленол	**0,792**	0,106
26.	кариофилен-оксид	**0,803**	0,271
27.	виридифлорол	0,696	0,235
28.	копаборнеол	0,487	0,212
29.	*cis*-кадин-4-ен-7-ол	0,488	0,148
30.	кариофила-4(12),8(13)-диен-5-ол	**0,841**	0,309
31.	*epi*-α-кадинол	0,570	0,340
32.	*epi*-α-муролол (=τ-муролол)	0,085	-0,059
33.	α-еудезмол	-0,121	0,067
34.	α-кадинол	**0,712**	0,123
35.	α-муролол	0,038	**-0,917**
36.	еудезма-4(15),7-диен-1ß-ол	0,568	0,138
37.	14-хидрокси-(*Z*)-кариофилен	0,367	0,072
38.	α-бисаболол	0,368	0,074
39.	мусколактон	0,515	0,209
40.	γ-палмитолактон	0,038	**-0,917**
	Expl.Var	8,572	4,970
	Prp.Totl	0,214	0,124

На фенограму, који је добијен помоћу CA (**слика 5-22**), можемо приметити груписање анализираних врста у складу са PCA, али без издвајања *A. lingulata* у посебан кластер. На основу резултата кластер анализе уочено је следеће груписање испитиваних врста: 1) *A. collina*, *A. nobilis, A.* x *vandasii* и *A. coarctata* и 2) друге испитиване врсте.



Слика 5-22. Кластер анализа 13 *Achillea* врста базирана на 40 компоненти етарских уља.

Обе мултиваријационе статистичке анализе (PCA и CA) које су коришћене у циљу утврђивања укупне хемијске варијабилности као и односа између испитиваних врста рода *Achillea*, показале су да постоји значајна варијабилност компоненти етарских уља и јасна диференцијација врста. Очигледно, карактери који су највише допринели укупној варијабилности били су 1,8-цинеол, терпинен-4-ол, гермакрен D, спатуленол, кариофилен-оксид, кариофила-4(12),8(13)-диен-5-ол и α-кадинол, *trans*-пинокарвеол, 10-α-еудезма-1,3-диен-11-ол, α-муролол и γ-палмитолактон. Претходне студије указале су да у етарским уљима *Achillea* врста најчешће доминирају монотерпени са 1,8-цинеолом, камфором и борнеолом као уобичајеним представницима ове класе (Nemeth, 2005; Radulović et al., 2007). Са друге стране, кариофилен-оксид и β-кариофилен су најчешће

присутни сесквитерпени у етарским уљима балканских *Achillea* врста (Radulović et al., 2007). Међутим, иако су добијени резултати нашег истраживања указали на сложену фитохемијску варијабилност, испитиване врсте рода *Achillea* нису позициониране у складу са инфрагенеричком класификацијом на основу компоненти етарског уља. До сличних резултата дошли су *Radulović* и сар. (2007) који су указали да монотерпенски типови и у одређеној мери појединачне компоненте уља могу бити корисни хемотаксономски маркери у оквиру рода *Achillea.* Веома сложену и широку варијабилност компоненти етарског уља потврдили су и други аутори који су употребом ових фитохемијских маркера показали диференцијацију различитих врста овог рода. Наиме, на основу садржаја β-пинена, камфора и гермакрена D, *Maffei* и сар. (1994) су уочили јасну диференцијацију балканских врста *A. clypeolata*, *A. crithmifolia* и *A. tenuifolia* од средњевропских и западноевропских врста рода *Achillea.* Такође, резултати истраживања састава и варијабилности компонената етарског уља различитих *Achillea* врста, пореклом из Турске (Turkmenoglu et al., 2012; Yener et al., 2020) и Ирана (Farajpour et al., 2024) потврђују њихов значај као хемотаксономских маркера.

5.3.2. Биолошке активности етарских уља испитиваних врста рода *Achillea*

5.3.2.1. Антимикробна активност

Резултати испитивања антимикробне активности етарских уља одабраних *Achillea* врста у односу на одабране хумане патогене сојеве, укључујући АТСС сојеве као и сојеве изоловане из различитих локација инфекције респираторног тракта човека приказани су у **табелама 5-14** и **5-14а.**

Испитивана етарска уља показала су широк спектар антимикробне активности, при чему нису уочене разлике у осетљивости патогених сојева на основу бојења по Граму. Етарска уља испољила су антимикробни ефекат на тестираним сојевима у опсегу концентрација од 0,07 до 20,00 mg/ml, међу којима је уље *A. lingulata* имало најнижу средњу вредност МИК од 0,85 mg/ml. Наиме, узимајући у обзир антимикробну активност испитивана уља се могу распоредити на следећи начин: *A. lingulata* > *A. chrysocoma* > *A. clypeolata* > *A. pseudopectinata* > *A. coarctata* > *A. ageratifolia* > *A. millefolium* > *A. nobilis* > *A. grandifolia* > *A. distans* > *A. crithmifolia.*

Највећу антимикробну активност показало је уље *A. lingulata*, нарочито на сој *Pseudomonas aeruginosa* (АТСС 9027), МИК=0,07 mg/ml, али није инхибирало раст соја *E. coli* (АТСС 8739). Са друге стране, етарско уље *A. chrysocoma* инхибирало је раст свих испитиваних сојева у опсегу концентрација од 0,31 до 2,50 mg/ml. Активност етарских уља *A. lingulata* и *A. chrysocoma* била је упоредива за разлику од уља *A. clypeolata*, које није инхибирало раст два од шеснаест тестираних сојева у испитиваној концентрацији, али је показало значајну активност на два соја (МИК=0,16 mg/ml, *Bacillus cereus* и *Escherichia coli*). Са друге стране, уље *A. pseudopectinata* било је активније у нешто већим концентрацијама и неактивно само на сој *Pseudomonas aeruginosa* АТСС 9027. Етарско уље *A. coarctata* показало је недостатак активности у испитиваном опсегу концентрација на пет сојева, али је било активно углавном у нижим концентрацијима (МИК=0,31-5,00 mg/ml) у поређењу са мање активним уљем *A. ageratifolia* (МИК=1,25-5,00 mg/ml). Са друге стране, остала тестирана етарска уља инхибирала су раст сојева у већим концентрацијама (МИК=0,31-10,00 mg/ml код *A. grandifolia*; МИК=0,31-20,00 mg/ml код *A. distans, A. millefolium, A. nobilis*; МИК=0,62-20,00 mg/ml код *A. crithmifolia*).

Међу тестираним сојевима, највећу осетљивост на дејство уља показали су сој *Salmonella enteritidis* (ATCC 13076) и *C. albicans* - изолат из грла (**табеле 5-14** и **5-14а**).

Табела 5-14. Антимикробна активност етарских уља *A. crithmifolia*, *A. distans*, *A. grandifolia*, *A. millefolium*, *A. nobilis* и *A. lingulata* и референтних антибиотика.

Сојеви	**Порекло**	***A. crithmifolia***	***A. distans***	***A. grandifolia***	***A. millefolium***	***A. nobilis***	***A. lingulata***	**АВ*/АМ****
		МИК						
Staphylococcus aureus	ATCC 6538	5,00	2,50	2,50	0,62	0,62	0,62	0,002
Staphylococcus aureus	брис носа	5,00	1,25	2,50	2,50	5,00	0,15	0,001
Staphylococcus aureus	брис носа	5,00	2,50	2,50	2,50	2,50	0,31	0,003
Staphylococcus aureus	брис носа	10,00	5,00	5,00	2,50	2,50	0,62	0,003
Staphylococcus aureus	брис носа	10,00	5,00	5,00	2,50	5,00	0,62	0,003
Staphylococcus aureus	брис носа	10,00	2,50	2,50	5,00	2,50	0,62	0,008
Bacillus cereus	ATCC 11778	5,00	5,00	5,00	2,50	5,00	1,25	0,002
Salmonella enteritidis	ATCC 13076	0,62	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,002
Escherichia coli	ATCC 8739	20,00	20,00	10,00	1,25	2,50	/	0,004
Escherichia coli	аспирирани материјал	5,00	2,50	5,00	2,50	2,50	0,31	0,0001
Pseudomonas aeruginosa	ATCC 9027	5,00	0,62	5,00	20,00	5,00	0,07	0,001
Pseudomonas aeruginosa	брис грла	10,00	10,00	10,00	10,00	20,00	5,00	0,006
Pseudomonas aeruginosa	испљувак	2,50	1,25	2,50	1,25	2,50	0,15	0,0009
Candida albicans	ATCC 24433	2,50	2,50	2,50	1,25	2,50	1,25	0,004
Candida albicans	брис грла	1,25	1,25	0,62	2,50	1,25	0,62	0,009

*АВ-антибиотик стрептомицин, μg/ml; **АМ-антимикотик нистатин, μg/ml (коришћен само за *Candida* сојеве).

Табела 5-14а. Антимикробна активност етарских уља *A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. coarctata*, *A. pseudopectinata* и *A. ageratifolia* и референтних антибиотика.

Сојеви	**Порекло**	***A. chrysocoma***	***A. clypeolata***	***A. coarctata***	***A. pseudopectinata***	***A. ageratifolia***	**АВ*/АМ****
		МИК					
Staphylococcus aureus	ATCC 6538	0,31	0,31	0,31	0,63	1,25	0,0020
Staphylococcus aureus	брис носа	0,31	0,31	0,31	0,63	1,25	0,0015
Staphylococcus aureus	брис носа	2,50	2,50	5,00	2,50	5,00	0,0030
Staphylococcus aureus	брис носа	0,63	0,63	0,63	1,25	5,00	0,0030
Staphylococcus aureus	брис носа	0,63	0,31	0,31	0,63	1,25	0,0008
Bacillus cereus	ATCC 11778	0,31	0,16	0,31	0,63	1,25	0,0020
Salmonella enterica	ATCC 13076	1,25	1,25	2,50	1,25	2,50	0,0020
Eshcherichia coli	ATCC 8739	2,50	2,50	>5,00	5,00	5,00	0,0040
Escherichia coli	брис грла	1,25	2,50	>5,00	2,50	2,50	0,0003
Escherichia coli	испљувак	0,31	0,16	0,31	0,63	1,25	0,0001
Pseudomonas aeruginosa	ATCC 9027	2,50	5,00	>5,00	>5,00	>5,00	0,0015
Pseudomonas aeruginosa	испљувак	0,63	/	0,31	1,25	1,25	0,0009
Pseudomonas aeruginosa	испљувак	2,50	5,00	>5,00	5,00	>5,00	0,0009
Pseudomonas aeruginosa	брис грла	2,50	>5,00	>5,00	5,00	>5,00	0,0060
Candida albicans	ATCC 24433	1,25	1,25	2,50	1,25	2,50	0,0040
Candida albicans	брис грла	1,25	2,50	5,00	2,50	2,50	0,0090

*АВ-антибиотик стрептомицин, µg/ml; **АМ-антимикотик нистатин; µg/ml (коришћен само за *Candida* сојеве).

У ранијим студијама антимикробна активност етарских уља одабраних *Achillea* врста углавном је испитивана методом диск-дифузије, па се већина њих не може исправно поредити са нашим резултатима. Према нашим сазнањима, ово је прва студија о антимикробној активности етарских уља врста *A. pseudopectinata* и *A. ageratifolia.*

Већина постојећих литературних података углавном је фокусирана на антимикробну активност широко распрострањене врсте *A. millefolium*. Наши резултати су показали инхибиторно дејство етарског уља *A. millefolium* у опсегу концентрација од 0,31 до 20 mg/ml са *S. enteritidis* као најосетљивијим сојем, док је ATTC сој *P. aeruginosa* показао највећу отпорност на дејство испитиваног уља. Претходне студије показале су инхибиторни ефекат уља *A. millefolium* на разне микробне сојеве и у широком распону концентрација 4,5-72,0 mg/ml (Candan et al., 2003), 0,32-10,0 µl/ml (Falconieri et al., 2011), 37,5-150,0 mg/ml (Daniel et al., 2020), 0,1-2,0 mg/ml (El-Kalamouni et al., 2017), 1,0-5,0 µg/ml (Kazemi et al., 2015), док су нека од њих показале недостатак активности у веома високим концентрацијама. У поређењу са другим резултатима, *Kazemi* и сар. (2015) су пријавили значајну активност уља *A. millefolium* пореклом из Ирана, које је било активније од испитиваних антибиотика ампицилина и флуконазола. Међутим, ово етарско уље је имало необичан хемијски састав са тимолом (26,5%), борнеолом (16,4%), лимоненом (14,5%), карвакролом (10,1%) и α-пиненом (10,1%) као главним једињењима. Такође, високу активност показало је и етарско уље пореклом из Француске, где су доминантне компоненте биле камфор и гермакрен D (El-Kalamouni et al., 2017). Са друге стране, *Daniel* и сар. (2020) објавили су да је етарско уље исте врсте, пореклом из Бразила, са високим садржајем α-фарнезена (31,7%), хамазулена (17,2%), β-кариофилена (10,3%) и сабинена (8,8%), показало много нижу активност у односу на резултате претходних студија. Слично, *Candan* и сар. (2003) објавили су да је уочена активност етарског уља исте врсте била ниска, при чему су доминантне компоненте биле еукалиптол (24,6%), камфор (16,7%), α-терпинеол (10,2%), α-пинен (4,2%) и борнеол (4,0%). *Falconieri* и сар. (2011) истраживали су хемијски састав и антимикробну активност етарског уља *A. millefolium* италијанског и португалског порекла, која су имала сличну антифунгалну активност али су припадала различитим хемотиповима. Етарско уље *A. millefolium* пореклом из Италије садржало је α-асарон (25,6-33,3%), β-бисаболен (27,3-16,6%) и α-пинен (10,0-17,0%), док су *trans*-тујон (31,4-29,0%), *trans*-хризантенил-ацетат (19,8-15,8%) и β-пинен (1,2-11,1%) били доминантни у уљу пореклом из Португалије. На основу наведених података, може се закључити да постоји значајна

варијабилност хемијског састава етарског уља *A. millefolium,* која у великој мери зависи од географског порекла и која, као последица тога, утиче на антимикробни потенцијал. Стога, висока активност иранског етарског уља се може објаснити великом количином добро познатог антимикробног хемијског једињења, тимола. Исто објашњење може бити и за уље француског порекла које је садржало камфор. Насупрот томе, наше етарско уље очигледно није садржало једињења са тако снажним антимикробним потенцијалом. Иако су главне компоненте нашег уља, борнеол (12,8%) и 1,8-цинеол (9,9%), познате по својој антимикробној активности, у датим концентрацијама нису показале тако висок антимикробни потенцијал.

У поређењу са подацима о антимикробној активност етарског уља врсте *A. millefolium*, подаци о антимикробној активности етарских уља осталих истраживаних врста релативно су оскудни. Антимикробна активност једног од наших најактивнијих уља (*A. chrysocoma*) пријављена је само у студији који су публиковали *Simić* и сар. (2000). Етарско уље врсте *A. chrysocoma* пореклом из Србије, са највећим садржајем борнеола (10,1%), терпинен-4-ола (9,2%) и α-терпинеола (6,9%), показало је високу активност против соја *Klebsiella pneumoniae* и *P. aeruginosa* са зонама инхибиције од 30 mm (Simić et al., 2000). За разлику од њега, наше етарско уље садржало је 1,8-цинеол (14,4%) и терпинен-4-ол (9,2%) као доминантне компоненте. Наиме, у обе студије етарска уља *A. chrysocoma* инхибирала су раст свих сојева, иако су у претходној студији (Simić et al., 2000) тестирана само четири соја.

Simić и сар. (2004) су пријавили антимикробну активност етарског уља врсте *A. clypeolata* на сојеве *E. coli, K. pneumoniae, P. aeruginosa* и *S. aureus* где су мерене зоне инхибиције до 12,5 mm. Друга, новија студија *Aćimović* и сар. (2020) показала је активност етарског уља на сојеве *E. coli* и *S. aureus* где су МИК вредности биле 10 µl/ml и 1,25 µl/ml, респективно. С обзиром на то да се хемијски профили етарских уља из претходних студија и оних који смо испитивали разликују, разлика у антимикробном потенцијалу се могла и очекивати. Наиме, у етарском уљу *A. clypeolata* које су истраживали *Aćimović* и сар. (2020), 1,8-цинеол (45,1%) и камфор (18,2%) биле су главне компоненте и заступљене у већим количинама у поређењу са нашим резулататима (18,2% и 16,7%, респективно).

Претходна истраживања етарског уља врсте *A. coarctata* показала су антимикробну активност против *Listeria monocytogenes*, *K. pneumoniae*, *B. cereus*,

Streptococcus pneumoniae и *C. albicans* (8,00-10,00 mm) (Albayarak & Silahtarlıoğlu, 2019). Међутим, *Tzakou* и сар. (2009) су микродилуционом методом утврдили много већу активност етарског уља у концентрацијама од 3,25-100 μg/ml у поређењу са нашим и резултатима из претходне студије *Albayarak & Silahtarlıoğlu* (2019). Ови резултати би се могли објаснити различитим хемијским саставом испитиваних уља. У поменутим студијама етарска уља имају релативно сличан хемијски састав, где су камфор и 1,8-цинеол била доминантна једињења. *Albayarak & Silahtarlıoğlu* (2019) су пријавили камфор као прво доминантно једињење, а затим 1,8-цинеол који су били присутни са 29,44 и 19,87%, респективно. Етарско уље које су испитивали *Tzakou* и сар. (2009) садржало је највише 1,8-цинеола и камфора (26,9 и 22,1%, респективно). У поређењу с њима, доминантне компоненте нашег етарског уља *A. coarctata* биле су виридифлорол и *cis*-кадин-4-ен-ол (18,4 и 13,2%, респективно), што вероватно објашњава његов нижи антимикробни потенцијал.

Етарско уље врсте *A. nobilis* је показало ефикасност на четири бактеријска соја (23-25 mm зона инхибиције) (El-Kalamouni et al., 2017) и на две врсте гљива *Fusarium*, са инхибиторним дејством у опсегу концентрација од 0,25-1,2 mg/ml (Sampietro et al., 2017). Нажалост, није могуће упоредити наше резултате с резултатима ових студија, с обзиром на то да у првој студији нису одређиване прецизне МИК вредности, док је у другој испитивана ефикасност на гљивама које нису биле укључене у наше истраживање. У ранијим истраживања антимикробне активности етарских уља врста *A. lingulata* и *A. distans* коришћена је само диск-дифузиона метода, са зонама инхибиције од 20-23 mm (Stojanović et al., 2005) и 13-17 mm (Benedec et al., 2013), респективно.

Етарско уље врсте *A. grandifolia* пореклом из Србије проучавано је у студији *Stanković* и сар. (2016) који су објавили антимикробну активност уља на широк спектар бактеријских сојева изолованих из хуманог материјала. Активност етарског уља кретала се у опсегу од 5,77 до 46,15 mg/ml, која је генерално ниже од активности забележене у нашој студији. Ово је изненађујуће, с обзиром на веома високу концентрацију антимикробног једињења камфора (45,4%) у уљу, заједно са 1,8-цинеолом и борнеолом (16,4 и 8,13%, респективно). Међутим, наше уље садржало је много мање камфора (24,1%, **табела 5-10**), али и друга главна једињења, аскаридол и *cis*-тујон (14,6 и 14,1%, респективно). Дакле, разлике у добијеним резултатима могу се приписати различитим хемијским саставима. Поред тога, сојеви који су тестирани могли би објаснити нижу

активност забележену у претходној студији, јер су они вероватно имали већу резистентност која је карактеристична за њихово порекло.

У истој студији, *Stanković* и сар. (2016) испитивали су антимикробни потенцијал етарског уља врсте *A. crithmifolia*, где се активност кретала од 5,36 до 42,9 mg/ml, што је нижа од активности нашег испитиваног уља. Поређење хемијског састава етарског уља показало је значајне разлике, при чему је истраживано уље садржало артемизија-кетон (31,7%), камфор (25,4%) и 1,8-цинеол (14,8%) као главна једињења (Stanković et al., 2016). Са друге стране, наше уље одликовала је доминација 1,8-цинеола (17,7%), артемизија-алкохола (16,6%) и *cis*-тујона (9,7%). Према томе, разлог за већу активност етарског уља највероватније је синергијско деловање компоненти, а не само висок садржај камфора или било које друге појединачне компоненте. Такође, треба разматрати и разлике међу сојевима. Друга, много ранија студија показала је да је уље *A. crithmifolia* пореклом из Србије, ефикасно на све тестиране бактеријске сојеве, укључујући сојеве *E. coli*, *K. pneumoniae*, *P. aeruginosa* и *S. aureus*, са зонама инхибиције у распону од 20 до 25 mm (Palić et al., 2003).

5.3.2.2. Тест акутне токсичности на врсти *Artemia salina*

Резултати теста акутне токсичности етарских уља одабраних *Achillea* врста на јединке *Artemia salina* приказани су у **табелама 5-15** и **5-15а.**

Према *Clarkson* и сар. (2004), етарска уља са LC_{50} вредношћу од 0-100 μg/ml сматрају се високо токсичним, LC_{50} од 100-500 μg/ml средње токсичним, LC_{50} од 500-1000 μg/ml ниско токсичним, а са LC_{50} преко 1000 μg/mL нетоксичним. На овај начин, чак десет етарских уља испитиваних *Achillea* врста (*A. lingulata*, *A. coarctata*, *A. millefolium*, *A. distans*, *A. nobilis*, *A. clypeolata*, *A. pseudopectinata*, *A. chrysocoma*, *A. ageratifolia* и *A. grandifolia*) показало је високу токсичност према јединкама *A. salina* са LC_{50} вредностима у опсегу 0-100 μg/ml, после 24 h (**табела 5-15** и **5-15а**). Штавише, етарска уља *A. lingulata* и *A. millefolium* показала су већу токсичност према јединкама *A. salina* после 24 h у односу на позитивну контролу (SDS). Са друге стране, једино је етарско уље *A. crithmifolia* испољило умерену токсичност у овом тесту (LC_{50}=149,35 μg/ml, после 24 h). Према томе, узимајући у обзир добијене LC_{50} вредности, испитивана етарска уља се могу распоредити на следећи начин: *A. lingulata* > *A. coarctata* > *A. millefolium* > *A. distans* > *A. nobilis* > *A. clypeolata* > *A. pseudopectinata* > *A. chrysocoma* >*A. ageratifolia* > *A. grandifolia* > *A. crithmifolia*.

Табела 5-15. Акутна токсичност етарских уља *A. crithmifolia*, *A. distans*, *A. grandifolia*, *A. millefolium*, *A. nobilis* и *A. lingulata* и SDS (позитивна контрола) на јединке *Artemia salina.*

Етарска уља	**LC_{50} (μg/ml, после 24 h)**	**LC_{50} (μg/ml, после 48h)**
A. crithmifolia	149,35	139,07
A. distans	38,18	31,11
A. grandifolia	94,57	74,21
A. millefolium	26,91	17,31
A. nobilis	42,87	33,64
A. lingulata	12,26	3,17
SDS	33,82	8,24

Табела 5-15а. Акутна токсичност етарских уља *A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. coarctata*, *A. pseudopectinata* и *A. ageratifolia* и SDS (позитивна контрола) на јединке *Artemia salina.*

Етарска уља	**LC_{50} (μg/ml, после 24 h)**	**LC_{50} (μg/ml, после 48h)**
A. chrysocoma	72,33	34,94
A. clypeolata	57,35	43,46
A. coarctata	18,17	10,23
A. pseudopectinata	68,21	39,18
A. ageratifolia	82,41	67,06
SDS	13,77	10,05

Дакле, као два најтоксичнија етарска уља издвојила су се уља врста *A. lingulata* и *A. coarctata* (LC_{50}=12,26 и 18,17 μg/ml, после 24 h, респективно) (**табеле 5-15 и 5-15а**). Иако су ова уља показала сличан ниво токсичности према јединкама *A. salina,* када упоредимо њихове хемијске саставе очигледно је да постоје велике разлике, почевши од доминантних компоненти (**табела 5-10** и **5-11**). Наиме, у етарском уљу *A. lingulata* као доминантне компоненте издвојили су се оскигеновани монотерпен борнеол (22,1%) и γ-палмитолактон (7,2%), док је уље *A. coarctata* одликовала доминација два оксигенована сесквитерпена: виридифлорола (18,4%) и *cis*-кадин-4-ен-7-ола (13,2%). Интересатно је да је борнеол, осим у уљу *A. lingulata,* представљао главну компоненту и у уљима *A. millefolium* (36,1%) и *A. distans* (36,1%), која су се по својој токчиности нашла на трећем и четвртом месту. У сагласности са нашим резултатима, *Sobral* и сар. (2014) су показали значајну цитотоксичност борнеола као чисте супстанце против ћелијских линија хуманог карцинома јетре (HepG2), дебелог црева (Caco-2) и фибробласта (VH10). Ипак, познато је да биолошке активности етарских уља, која представљају смешу различитих једињења, зависе од комплексних интеракција између бројинх компоненти, што би се могло објаснити њиховим синергистичким или антагонистичким ефектима (Xianfei et al., 2007). На пример, уље *A. distans* је садржало 1,6 пута више борнеола у поређењу са уљем *A. lingulata* и чак 2,8 пута више у поређењу са уљем *A. millefolium*, али је ипак показало мању токсичност у поређењу са уљима ове две врсте (**табела 5-15**). Овакав резултат потврђује хипотезу да повећање концентрације главне активне компоненте не мора обавезно да води и до повећања нивоа биолошке активности. Напротив, повећање садржаја главне активне компоненте може довести до повећања нивоа биолошке активности до одређеног степена, изнад којег ефикасност зависи од синергистичких

интеракција са мање заступљеним компонентама (Mitić et al., 2018). Узимајући у обзир да су у етарском уљу *A. lingulata,* које се показало као најтоксичније уље према јединкама *A. salina*, доминирали борнеол (22,1%) и γ-палмитолактон (7,2%), можемо претпоставити да је γ-палмитолактон једна од комоненти која је могла допринети највећој токсичности овог уља.

Са друге стране, уље *A. coarctata* показало је нешто мању токсичност у поређењу са уљем *A. lingulata,* али већу у односу на уља *A. millefolium* и *A. distans*. Према доступним литературним подацима, овако висока токсичност уља *A. coarctata* се донекле и могла очекивати. Наиме, оксигеновани сесквитерпен виридифлорол, који је идентификован као прва доминантна компонента у уљу ове врсте претходно је показао значајну цитотоксичност против ћелијских линија хуманог карцинома дојке (MCF-7), плућа (A549) и мозга (Daoy) (Akiel et al., 2022). Такође, интересантно је да је у уљу ове врсте утврђено присуство мусколактона у релативној концентрацији од 6,2%, што је слично садржају γ-палмитолактона (7,2%) у уљу *A. lingulata* које је испољило најјачу токсичност. С обзиром на то да не постоје литературни подаци који се односе на токсичност ова два лактона као чистих супстанци, то би могао да буде предмет будућих истраживања.

Једино етарско уље које је показало умерену токсичност ($100<LC_{50}<500$ μg/ml) у овој студији било је уље врсте *A. crithmifolia,* које је одликовала доминација оксигенованих монотерпена 1,8-цинеола (17,7%) и артемизија-алкохола (16,6%). Оваква комбинација доминантних једињења очигледно је условила мању токсичност уља *A. crithmifolia* у поређењу са 1,8-цинеолом (18,2%) и камфором (16,7%) у уљу *A. clypeolata* или 1,8-цинеола (14,4%) и терпинен-4-ола (9,8%) у уљу *A. chrysocoma*, која су испољила високу токсичност према јединкама *A. salina* ($LC_{50}<100$ μg/ml). Такође, у осталим испитиваним уљима која су показала високу токсичност као доминантне компоненте идентификовани су оксигеновани монотерпени артемизија-кетон (38,9% у уљу *A. nobilis*), камфор (49,9% у уљу *A. grandifolia* и и 24,1% у уљу *A. pseudopectinata*) и *trans*-хризантенил-ацетат (42,5% у уљу *A. ageratifolia*), Притоме, ова једињења су била присутна у веома малим концентрацијама или потпуно одсутна у уљу *A. crithmifolia*. Према нашим сазнањима, тренутно не постоје студије у којима је испитивана токсичност артемизија-кетона и *trans*-хризантенил-ацетата као чистих супстанци, док је камфор претходно показао значајну цитотоксичност против ћелијске линије хуманог карцинома плућа H1299 (Özkan & Erdoğan, 2013).

Коначно, имајући у виду чињеницу да су све добијене вредности LC_{50} у овој студији биле испод 1000 μg/ml, можемо претпоставити да сва тестирана уља поседују одређени ниво пестицидних и/или антиканцерогених својстава. Имајући у виду инсектицидни потенцијал, према нашим сазнањима до сада је потврђена само инсектицидна активност етарских уља *A. coarctata* и *A. millefolium*, која су се у нашој студији нашла међу најтоксичнијим тестираним уљима. Сагласно са нашим резултатима, уље *A. coarctata* показало је значајну инсектицидну активност на кромпировој златици *Leptinotarsa decemlineata* (Chrysomelidae) (Çakır, et al., 2016), док је уље *A. millefolium* испољило јаку инсектицидну активност против комарца *Aedes albopictus* (Culicidae) (Conti et al., 2010) и бубе сланинара *Trogoderma granarium* (Dermestidae) (Nenaah, 2014).

6. ОПШТА ДИСКУСИЈА

6.1. Диференцијација истраживаних врста рода *Achillea* на основу морфолошких и фитохемијских маркера

Мултиваријационе статистичке анализе (CDA и CA) указале су на јасну диференцијацију врста из две истраживане секције рода *Achillea* на нивоу квантитативних морфолошких карактеристика (**слике 5-3 и 5-4**). Значајан утицај на обе канонијске осе имала је карактеристика дужина језичастог цвета (ДЈЦ), док је карактеристика дужина режња листа стабла (ДЛСр) значајно утицала само на CA2 (**табела 5-2**). На овај начин, основне разлике између истраживаних секција могу се објаснити тиме што представнике секције *Achillea sensu lato* одликују знатно краћи језичасти цветови, а дужи режњеви листа стабла у поређењу са представницима секције *Anthemoideae* (**табела 5-2**). Ипак, *A. grandifolia* као врста код које су утврђени далеко најдужи режњеви листа стабла у оквиру секције *Achillea sensu lato* показала је значајан степен одвајања од свих осталих испитиваних врста из ове секције. Осим тога, врста *A. chrysocoma*, код које су утврђени најдужи језичасти цветови у оквиру секције *Achillea sensu lato* (скоро као код *A. lingulata* из секције *Anthemoideae*), имала је средишњи положај између испитиваних секција на добијеном дијаграму расипања у CDA.

У сагласности са нашим резултатима, *Saukel* и *Länger* (1992) су показали да су карактеристике дужина језичастог цвета и дужина режња листа најзначајније карактеристике за морфолошку карактеризацију таксона у оквиру A. millefolium agg. из Средње Европе. Штавише, према *Rauchenteiner* и сар. (2002), најзначајније морфолошке карактеристике у детерминацији таксона A. millefolium agg из Средње Европе су ширина/дужина режња листа, ширина рахиса листа, ширина/дужина инволукрума и ширина/дужина језичастог цвета. Детаљна морфолошка студија публикована од стране *Valant-Vetschera* и *Kästner* (2000) показала је да су одређене квантитативне морфолошке карактеристике листа и цвета веома корисне и у карактеризацији 22 таксона секције *Santolinoideae*. *Mottaghi* и сар. (2015) су такође указали на значај квантитативних морфолошких карактеристика листова (дужина и ширина), затим дужине цвасти, ширине инволукрума и ширине језичастог цвета у диференцијацији шест иранских врста рода *Achillea*. Са друге стране, *Azani* и сар. (2009) показали су да одређене квантитативне и квалитативне морфолошке карактеристике нису позиционирале иранске *Achillea* врсте у складу са инфрагенеричком класификацијом рода *Achillea*.

На основу добијених резултата морфолошке диференцијације испитиваних врста можемо закључити да већина жутоцветних врста (*A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. coarctata* и *A. pseudopectinata*), које су раније припадале секцији *Filipendulinae*, веома блиске са осталим врстама из секције *Achillea sensu lato*, чији су цветови бели. Ово је у сагласности са резултатима молекуларних анализа које су потврдиле издвајање секције *Achillea sensu lato*, укључујући секцију *Filipendulinae* (Ehrendorfer & Guo, 2005). Такође, слично нашим резултатима, *Thornton-Wood* (1993) је на основу морфолошких каратеристика издвојио врсту *A. chrysocoma* од осталих врста традиционалне секције *Filipendulinae* у посебну групу.

Са друге стране, варијабилност *HS* испарљивих компоненти и компоненти етарских уља нису успеле да подрже диференцијацију врста у складу са инфрагенеричком класификацијом рода *Achillea*. На основу *HS* испарљивих компоненти различитих биљних органа (цвет, стабло и приземни лист), врста *A. ageratifolia* из секције *Anthemoideae* показала је значајан степен диференцијације у односу на већину врста из секције *Achillea sensu lato* (**слике 5-13**, **5-14**, **5-15**, **5-16**, **5-17** и **5-18**), док је на основу варијабилности компоненти етарског уља хербе припала истој групи са представницима секције *Achillea sensu lato* (**слике 5-21A**, **5-22**). Са друге стране, друга анализирана врста из секције *Anthemoideae*, тј. *A. lingulata* није показала јасну диференцијацију у односу на врсте из секције *Achillea sensu lato* на нивоу *HS* испарљивих компоненти различитих биљних органа, док је на основу варијабилности компоненти етарског уља хербе показала јасно одвајање од ових врста (**слике 5-21A**, **5-22**). Такође, интересантно је да је на основу оба типа фитохемијских маркера (*HS* испарљивих компоненти различитих биљних органа и комоненти етарског уља хербе) врста *A. nobilis* показала значајан степен одвајања у односу на остале испитиване врсте, док су на диференцијацију врсте *A. grandifolia* указале само *HS* испарљиве компоненте цвета. Слично нашим резултатима, у студији *Radulović* и сар. (2007) мултиваријационе статистичке анализе (PCA и CA) на основу компоненти етарских уља нису подржале актуелну инфрагенеричку класификацију испитиваних балканских врста рода *Achillea*. Такође, *Yener* и сар. (2020) су на основу варијабилности састава етарских уља 16 *Achillea* врста пореклом из Турске, указали на јасну диференцијацију *A. nobilis* у односу на остале испитиване врсте. Са друге стране, *Maffei* и сар. (1994) су на основу садржаја β-пинена, камфора и гермакрена D показали диференцијацију балканских врста *A. clypeolata*, *A.*

crithmifolia и *A. tenuifolia* у односу на средњевропске и западноевропске врста рода *Achillea*.

У овој студији детаљне морфолошке и фитохемијске анализе омогућиле су дефинисање обрасца варијабилности као и добрих диференцијалних карактеристика између испитиваних таксона. Добијени резултати указују на велику и сложену морфолошку и фитохемијску варијабилност рода *Achillea*.

6.2. Биолошке активности етарских уља истраживаних врста рода *Achillea*

Антимикробни потенцијал етарских уља испитиваних врста рода *Achillea* одређен је у односу на одабране хумане патогене сојеве, укључујући ATCC сојеве као и сојеве изоловане из различитих локација инфекције респираторног тракта код човека. Испитивана етарска уља показала су широк антимикробни спектар, при чему нису уочене разлике у осетљивости патогених сојева на основу бојења по Граму. Етарско уље које је показало најјачу антимикробну активност било је уље *A. lingulata*, док је етарско уље *A. crithmifolia* показало најслабију активност (**табела 5-14**). У ранијим студијама антимикробна активност етарских уља одабраних *Achillea* врста углавном је испитивана методом диск-дифузије, па се већина њих не може исправно поредити са нашим резултатима. Према нашим сазнањима, ово је прва студија о антимикробној активности етарских уља врста *A. pseudopectinata* и *A. ageratifolia*.

Већина постојећих литературних података углавном је фокусирана на антимикробну активност широко распрострањене врсте *A. millefolium*. Наши резултати су показали инхибиторно дејство етарског уља *A. millefolium* у опсегу концентрација од 0,31 до 20 mg/ml са *S. enteritidis* као најосетљивијим сојем, док је ATTC сој *P. aeruginosa* показао највећу отпорност на дејство испитиваног уља. Претходне студије показале су инхибиторни ефекат уља *A. millefolium* на разне микробне сојеве и у широком распону концентрација 4,5-72,0 mg/ml (Candan et al., 2003), 0,32-10,0 µl/ml (Falconieri et al., 2011), 37,5-150,0 mg/ml (Daniel et al., 2020), 0,1-2,0 mg/ml (El-Kalamouni et al., 2017), 1,0-5,0 µg/ml (Kazemi et al., 2015), док су нека од њих показале недостатак активности у веома високим концентрацијама. У поређењу са другим резултатима, *Kazemi* и сар. (2015) су

пријавили значајну активност уља *A. millefolium* пореклом из Ирана, које је било активније од испитиваних антибиотика ампицилина и флуконазола. Међутим, ово етарско уље је имало необичан хемијски састав са тимолом (26,5%), борнеолом (16,4%), лимоненом (14,5%), карвакролом (10,1%) и α-пиненом (10,1%) као главним једињењима. Такође, високу активност показало је и етарско уље пореклом из Француске, где су доминантне компоненте биле камфор и гермакрен D (El-Kalamouni et al., 2017). Са друге стране, *Daniel* и сар. (2020) објавили су да је етарско уље исте врсте, пореклом из Бразила, са високим садржајем α-фарнезена (31,7%), хамазулена (17,2%), β-кариофилена (10,3%) и сабинена (8,8%), показало много нижу активност у односу на резултате претходних студија. Слично, *Candan* и сар. (2003) објавили су да је уочена активност етарског уља исте врсте била ниска, при чему су доминантне компоненте биле еукалиптол (24,6%), камфор (16,7%), α-терпинеол (10,2%), α-пинен (4,2%) и борнеол (4,0%). *Falconieri* и сар. (2011) истраживали су хемијски састав и антимикробну активност етарског уља *A. millefolium* италијанског и португалског порекла, која су имала сличну антифунгалну активност али су припадала различитим хемотиповима. Етарско уље *A. millefolium* пореклом из Италије садржало је α-асарон (25,6-33,3%), β-бисаболен (27,3-16,6%) и α-пинен (10,0-17,0%), док су *trans*-тујон (31,4-29,0%), *trans*-хризантенил-ацетат (19,8-15,8%) и β-пинен (1,2-11,1%) били доминантни у уљу пореклом из Португалије. На основу наведених података, може се закључити да постоји значајна варијабилност хемијског састава етарског уља *A. millefolium,* која у великој мери зависи од географског порекла и која, као последица тога, утиче на антимикробни потенцијал. Стога, висока активност иранског етарског уља се може објаснити великом количином добро познатог антимикробног хемијског једињења, тимола. Исто објашњење може бити и за уље француског порекла које је садржало камфор. Насупрот томе, наше етарско уље очигледно није садржало једињења са тако снажним антимикробним потенцијалом. Иако су главне компоненте нашег уља, борнеол (12,8%) и 1,8-цинеол (9,9%), познате по својој антимикробној активности, у датим концентрацијама нису показале тако висок антимикробни потенцијал.

У поређењу са подацима о антимикробној активност етарског уља врсте *A. millefolium*, подаци о антимикробној активности етарских уља осталих истраживаних врста релативно су оскудни. Антимикробна активност једног од наших најактивнијих уља (*A. chrysocoma*) пријављена је само у студији који су публиковали *Simić* и сар. (2000). Етарско уље врсте *A. chrysocoma* пореклом из Србије, са највећим садржајем

борнеола (10,1%), терпинен-4-ола (9,2%) и α-терпинеола (6,9%), показало је високу активност против соја *Klebsiella pneumoniae* и *P. aeruginosa* са зонама инхибиције од 30 mm (Simić et al., 2000). За разлику од њега, наше етарско уље садржало је 1,8-цинеол (14,4%) и терпинен-4-ол (9,2%) као доминантне компоненте. Наиме, у обе студије етарска уља *A. chrysocoma* инхибирала су раст свих сојева, иако су у претходној студији (Simić et al., 2000) тестирана само четири соја.

Simić и сар. (2004) су пријавили антимикробну активност етарског уља врсте *A. clypeolata* на сојеве *E. coli, K. pneumoniae, P. aeruginosa* и *S. aureus* где су мерене зоне инхибиције до 12,5 mm. Друга, новија студија *Aćimović* и сар. (2020) показала је активност етарског уља на сојеве *E. coli* и *S. aureus* где су МИК вредности биле 10 µl/ml и 1,25 µl/ml, респективно. С обзиром на то да се хемијски профили етарских уља из претходних студија и оних који смо испитивали разликују, разлика у антимикробном потенцијалу се могла и очекивати. Наиме, у етарском уљу *A. clypeolata* које су истраживали *Aćimović* и сар. (2020), 1,8-цинеол (45,1%) и камфор (18,2%) биле су главне компоненте и заступљене у већим количинама у поређењу са нашим резулататима (18,2% и 16,7%, респективно).

Претходна истраживања етарског уља врсте *A. coarctata* показала су антимикробну активност против *Listeria monocytogenes*, *K. pneumoniae*, *B. cereus*, *Streptococcus pneumoniae* и *C. albicans* (8,00-10,00 mm) (Albayarak & Silahtarlıoğlu, 2019). Међутим, *Tzakou* и сар. (2009) су микродилуционом методом утврдили много већу активност етарског уља у концентрацијама од 3,25-100 µg/ml у поређењу са нашим и резултатима из претходне студије *Albayarak & Silahtarlıoğlu* (2019). Ови резултати би се могли објаснити различитим хемијским саставом испитиваних уља. У поменутим студијама етарска уља имају релативно сличан хемијски састав, где су камфор и 1,8-цинеол била доминантна једињења. *Albayarak & Silahtarlıoğlu* (2019) су пријавили камфор као прво доминантно једињење, а затим 1,8-цинеол који су били присутни са 29,44 и 19,87%, респективно. Етарско уље које су испитивали *Tzakou* и сар. (2009) садржало је највише 1,8-цинеола и камфора (26,9 и 22,1%, респективно). У поређењу с њима, доминантне компоненте нашег етарског уља *A. coarctata* биле су виридифлорол и *cis*-кадин-4-ен-ол (18,4 и 13,2%, респективно), што вероватно објашњава његов нижи антимикробни потенцијал.

Етарско уље врсте *A. nobilis* је показало ефикасност на четири бактеријска соја (23-25 mm зона инхибиције) (El-Kalamouni et al., 2017) и на две врсте гљива *Fusarium*, са инхибиторним дејством у опсегу концентрација од 0,25-1,2 mg/ml (Sampietro et al., 2017). Нажалост, није могуће упоредити наше резултате с резултатима ових студија, с обзиром на то да у првој студији нису одређиване прецизне МИК вредности, док је у другој испитивана ефикасност на гљивама које нису биле укључене у наше истраживање. У ранијим истраживања антимикробне активности етарских уља врста *A. lingulata* и *A. distans* коришћена је само диск-дифузиона метода, са зонама инхибиције од 20-23 mm (Stojanović et al., 2005) и 13-17 mm (Benedec et al., 2013), респективно.

Етарско уље врсте *A. grandifolia* пореклом из Србије проучавано је у студији *Stanković* и сар. (2016) који су објавили антимикробну активност уља на широк спектар бактеријских сојева изолованих из хуманог материјала. Активност етарског уља кретала се у опсегу од 5,77 до 46,15 mg/ml, која је генерално ниже од активности забележене у нашој студији. Ово је изненађујуће, с обзиром на веома високу концентрацију антимикробног једињења камфора (45,4%) у уљу, заједно са 1,8-цинеолом и борнеолом (16,4 и 8,13%, респективно). Међутим, наше уље садржало је много мање камфора (24,1%, **табела 5-10**), али и друга главна једињења, аскаридол и *cis*-тујон (14,6 и 14,1%, респективно). Дакле, разлике у добијеним резултатима могу се приписати различитим хемијским саставима. Поред тога, сојеви који су тестирани могли би објаснити нижу активност забележену у претходној студији, јер су они вероватно имали већу резистентност која је карактеристична за њихово порекло.

У истој студији, *Stanković* и сар. (2016) испитивали су антимикробни потенцијал етарског уља врсте *A. crithmifolia*, где се активност кретала од 5,36 до 42,9 mg/ml, што је нижа од активности нашег испитиваног уља. Поређење хемијског састава етарског уља показало је значајне разлике, при чему је истраживано уље садржало артемизија-кетон (31,7%), камфор (25,4%) и 1,8-цинеол (14,8%) као главна једињења (Stanković et al., 2016). Са друге стране, наше уље одликовала је доминација 1,8-цинеола (17,7%), артемизија-алкохола (16,6%) и *cis*-тујона (9,7%). Према томе, разлог за већу активност етарског уља највероватније је синергијско деловање компоненти, а не само висок садржај камфора или било које друге појединачне компоненте. Такође, треба разматрати и разлике међу сојевима. Друга, много ранија студија показала је да је уље *A. crithmifolia* пореклом из Србије, ефикасно на све тестиране бактеријске сојеве, укључујући сојеве *E.*

coli, *K. pneumoniae*, *P. aeruginosa* и *S. aureus*, са зонама инхибиције у распону од 20 до 25 mm (Palić et al., 2003).

У тесту акутне токсичности на врсти *Artemia salina*, као два најтоксичнија етарска уља издвојила су се уља врста *A. lingulata* и *A. coarctata* (LC_{50}=12,26 и 18,17 μg/ml, после 24 h, респективно) (**табеле 5-15 и 5-15а**). Иако су ова уља показала сличан ниво токсичности према јединкама *A. salina,* када упоредимо њихове хемијске саставе очигледно је да постоје велике разлике, почевши од доминантних компоненти (**табела 5-10** и **5-11**). Наиме, у етарском уљу *A. lingulata* као доминантне компоненте издвојили су се оскигеновани монотерпен борнеол (22,1%) и γ-палмитолактон (7,2%), док је уље *A. coarctata* одликовала доминација два оксигенована сесквитерпена: виридифлорола (18,4%) и *cis*-кадин-4-ен-7-ола (13,2%). Интересатно је да је борнеол, осим у уљу *A. lingulata,* представљао главну компоненту и у уљима *A. millefolium* (36,1%) и *A. distans* (36,1%), која су се по својој токчиности нашла на трећем и четвртом месту. У сагласности са нашим резултатима, *Sobral* и сар. (2014) су показали значајну цитотоксичност борнеола као чисте супстанце против ћелијских линија хуманог карцинома јетре (HepG2), дебелог црева (Caco-2) и фибробласта (VH10). Ипак, познато је да биолошке активности етарских уља, која представљају смешу различитих једињења, зависе од комплексних интеракција између бројинх компоненти, што би се могло објаснити њиховим синергистичким или антагонистичким ефектима (Xianfei et al., 2007). На пример, уље *A. distans* је садржало 1,6 пута више борнеола у поређењу са уљем *A. lingulata* и чак 2,8 пута више у поређењу са уљем *A. millefolium*, али је ипак показало мању токсичност у поређењу са уљима ове две врсте (**табела 5-15**). Овакав резултат потврђује хипотезу да повећање концентрације главне активне компоненте не мора обавезно да води и до повећања нивоа биолошке активности. Напротив, повећање садржаја главне активне компоненте може довести до повећања нивоа биолошке активности до одређеног степена, изнад којег ефикасност зависи од синергистичких интеракција са мање заступљеним компонентама (Mitić et al., 2018). Узимајући у обзир да су у етарском уљу *A. lingulata,* које се показало као најтоксичније уље према јединкама *A. salina*, доминирали борнеол (22,1%) и γ-палмитолактон (7,2%), можемо претпоставити да је γ-палмитолактон једна од комоненти која је могла допринети највећој токсичности овог уља.

Са друге стране, уље *A. coarctata* показало је нешто мању токсичност у поређењу са уљем *A. lingulata,* али већу у односу на уља *A. millefolium* и *A. distans*. Према

доступним литературним подацима, овако висока токсичност уља *A. coarctata* се донекле и могла очекивати. Наиме, оксигеновани сесквитерпен виридифлорол, који је идентификован као прва доминантна компонента у уљу ове врсте претходно је показао значајну цитотоксичност против ћелијских линија хуманог карцинома дојке (MCF-7), плућа (A549) и мозга (Daoy) (Akiel et al., 2022). Такође, интересантно је да је у уљу ове врсте утврђено присуство мусколактона у релативној концентрацији од 6,2%, што је слично садржају γ-палмитолактона (7,2%) у уљу *A. lingulata* које је испољило најјачу токсичност. С обзиром на то да не постоје литературни подаци који се односе на токсичност ова два лактона као чистих супстанци, то би могао да буде предмет будућих истраживања.

Једино етарско уље које је показало умерену токсичност ($100<LC_{50}<500$ μg/ml) у овој студији било је уље врсте *A. crithmifolia,* које је одликовала доминација оксигенованих монотерпена 1,8-цинеола (17,7%) и артемизија-алкохола (16,6%). Оваква комбинација доминантних једињења очигледно је условила мању токсичност уља *A. crithmifolia* у поређењу са 1,8-цинеолом (18,2%) и камфором (16,7%) у уљу *A. clypeolata* или 1,8-цинеола (14,4%) и терпинен-4-ола (9,8%) у уљу *A. chrysocoma*, која су испољила високу токсичност према јединкама *A. salina* ($LC_{50}<100$ μg/ml). Такође, у осталим испитиваним уљима која су показала високу токсичност као доминантне компоненте идентификовани су оксигеновани монотерпени артемизија-кетон (38,9% у уљу *A. nobilis*), камфор (49,9% у уљу *A. grandifolia* и и 24,1% у уљу *A. pseudopectinata*) и *trans*-хризантенил-ацетат (42,5% у уљу *A. ageratifolia*), Притоме, ова једињења су била присутна у веома малим концентрацијама или потпуно одсутна у уљу *A. crithmifolia*. Према нашим сазнањима, тренутно не постоје студије у којима је испитивана токсичност артемизија-кетона и *trans*-хризантенил-ацетата као чистих супстанци, док је камфор претходно показао значајну цитотоксичност против ћелијске линије хуманог карцинома плућа H1299 (Özkan & Erdoğan, 2013).

Коначно, имајући у виду чињеницу да су све добијене вредности LC_{50} у овој студији биле испод 1000 μg/ml, можемо претпоставити да сва тестирана уља поседују одређени ниво пестицидних и/или антиканцерогених својстава. Имајући у виду инсектицидни потенцијал, према нашим сазнањима до сада је потврђена само инсектицидна активност етарских уља *A. coarctata* и *A. millefolium*, која су се у нашој студији нашла међу најтоксичнијим тестираним уљима. Сагласно са нашим резултатима, уље *A. coarctata* показало је значајну инсектицидну активност на кромпировој златици

Leptinotarsa decemlineata (Chrysomelidae) (Çakır, et al., 2016), док је уље *A. millefolium* испољило јаку инсектицидну активност против комарца *Aedes albopictus* (Culicidae) (Conti et al., 2010) и бубе сланинара *Trogoderma granarium* (Dermestidae) (Nenaah, 2014).

7. ЗАКЉУЧЦИ

1. Већина испитиваних морфолошких карактеристика налазила се унутар умереног степена варијабилности. Ипак, код скоро свих врста, неке од карактеристика цвасти или цветова показале су ниску варијабилност: дужина листића инволукрума (*A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. coarctata*, *A. collina*, *A. distans*, *A. grandifolia*, *A. millefolium*, *A. nobilis*, *A. pseudopectinata* и *A.* x *vandasii*), дужина цевастих цветова (*A. ageratifolia*, *A. chrysocoma*, *A. collina*, *A. crithmifolia*, *A. distans*, *A. grandifolia*, *A. millefolium* и *A.* x *vandasii*), дужина језичастих цветова (*A. ageratifolia*, *A. collina*, *A. distans*, *A. grandifolia* и *A. pseudopectinata*), дужина главице (*A. collina*, *A. distans* и *A. pseudopectinata*) и ширина главице (*A. collina* и *A. grandifolia*).

2. Канонијска дискриминантна анализа заснована на девет морфолошких карактеристика 13 врста рода *Achillea* показала је да прве две канонијске осе (CAs, енгл. *Canonical Axes*) учествују у 80,26% укупне дискриминације, од чега је прва оса (CA1) чинила 53,23%. Добијени дијаграм расипања показао је тенденцију диференцијације врста из две испитиване секције дуж CA1 која је показала највећи проценат дискриминације. Наиме, позиција јединки већине врста из секције *Achillea sensu lato* била је у негативном делу прве канонијске осе, док су јединке испитиваних врста из секције *Anthemoideae* формирале групу у позитивном делу ове осе. Ипак, упркос позиционирању јединки врста из секције *Achillea sensu lato* у негативном делу прве осе, јасно су се могле уочити две групе одвојене дуж друге канонијске осе. Прва група, са позитивним вредностима за CA2, укључила је само јединке *A. grandifolia*, док су јединке осталиих врста из ове секције формирале другу групу показујући углавном негативне вредности за CA2. Међутим, јединке једне врсте из секције *Achillea sensu lato*, тј. јединке *A. chrysocoma* биле су позициониране у позитивном делу CA1, приближавајући се секцији *Anthemoideae.* Карактеристика дужина језичастог цвета (ДЈЦ) имала је значајан утицај на обе канонијске осе, док је карактеристика дужина режња листа стабла (ДЛСр) значајно утицала само на CA2. Према томе, основне разлике између испитиваних секција могу се објаснити тиме што представнике секције

Achillea sensu lato одликују значајно краћи језичасти цветови и дужи режњеви листа стабла у поређењу са представницима секције *Anthemoideae*. Такође, *A. grandifolia* као врста код које су утврђени далеко најдужи режњеви листа стабла у оквиру секције *Achillea sensu lato* показала је значајан степен одвајања од свих осталих испитиваних врста из ове секције. Са друге стране, врста *A. chrysocoma*, код које су утврђени најдужи језичасти цветови у оквиру секције *Achillea sensu lato* (скоро као код *A. lingulata* из секције *Anthemoideae*), имала је средишњи положај између испитиваних секција на добијеном дијаграму расипања у CDA. Кластер анализа је указала на сличну диферецнијацију врста као CDA. Конкретно, добијени феногрaм је показао диференцијацију испитиваних врста у четири главна кластера: 1) *A. grandifolia*; 2) *A. ageratifolia*; 3) *A. lingulata* и *A. chrysocoma* и 4) друге испитиване врсте.

3. Профили *HS* испарљивих компоненти различитих биљних органа (цвет, стабло, лист стабла и приземни лист) одређени су за сваку врсту. Према добијеним резултатима дескриптивне статистике већина компоненти налазила се у оквиру високог и јако високог степена варијабилности. Мултиваријационе статистичке анализе (CDA и CA) на основу *HS* испарљивих компоненти различитих биљних органа (цвет, стабло и приземни лист) указале су да је врста *A. ageratifolia* из секције *Anthemoideae* показала значајан степен диференцијације у односу на већину врста из секције *Achillea sensu lato*. Такође, врста *A. nobilis* показала је значајан степен одвајања у односу на остале испитиване врсте, док су на диференцијацију врсте *A. grandifolia* указале само *HS* испарљиве компоненте цвета. Већи садржај хризантенона код *A. nobilis* вероватно је допринео његовом одвајању од осталих врста, док је на одвајање *A. ageratifolia* допринео већи садржај *trans*-сабинил-ацетата. Са друге стране, друга анализирана врста из секције *Anthemoideae*, тј. *A. lingulata* није показала јасну диференцијацију у односу на врсте из секције *Achillea sensu lato* на нивоу *HS* испарљивих компоненти различитих биљних органа.

4. За сваку врсту одређен је хемијски састав етарског уља надземног дела биљке. Анализа главних компоненти, заснована на 40 компоненти етарских уља, показала је тенденцију формирања три групе таксона. Прву и највећу групу (*A. chrysocoma*, *A. clypeolata*, *A. crithmifolia*, *A. distans*, *A. grandifolia*, *A. millefolium*,

A. pseudopectinata и *A. ageratifolia*), одликовала су етарска уља са већим садржајем оксигенованих монотерпена као што су 1,8-цинеол, камфор и борнеол. Од ове групе, јасно је одвојена друга група коју чине *A. coarctata, A. collina* и *A.* x *vandasii* са генерално већим садржајем оксигенованих сесквитерпена (код свих таксона кариофилен-оксид). Средишњи положај између ове две групе заузима *A. nobilis*, чије етарско уље одликује већи садржај артемизија-кетона (оксигеновани монотерпен) и *epi*-α-муролола (оксигеновани сесквитерпен). Такође, етарско уље *A. lingulata* показало је одређени степен диференцијације са већим садржајем *trans*-пинокарвеола, 10-α-еудезма-1,3-диен-11-ола, *α*-муролола, а нарочито *γ*-палмитолактона. Кластер анализа је испитиване врсте рода *Achillea* груписала на сличан начин као PCA али без издвајања *A. lingulata* у посебан кластер.

5. Резултати ове студије показали су јасну диференцијацију врста из две истраживане секције на нивоу морфолошких карактеристика, док варијабилност *HS* испарљивих компоненти и компоненти етарских уља нису успеле да подрже диференцијацију врста у складу са инфрагенеричком класификацијом рода *Achillea*. Детаљне морфолошке и фитохемијске анализе омогућиле су дефинисање обрасца варијабилности као и добрих диференцијалних карактеристика између испитиваних таксона. Добијени резултати указују на велику и сложену морфолошку и фитохемијску варијабилност рода *Achillea*.

6. Микродилуционом методом вршено је испитивање антимикробне активности етарског уља хербе одабраних врста рода *Achillea* у односу на одабране хумане патогене сојеве, укључујући ATTC сојеве као и сојеве изоловане из различитих инфекција респираторног тракта човека. Испитивана етарска уља показала су широк спектар антимикробне активности, при чему нису уочене разлике у осетљивости патогених сојева на основу бојења по Граму. Етарска уља испољила су антимикробни ефекат на тестираним сојевима у опсегу концентрација од 0,07 до 20,00 mg/ml, међу којима је уље *A. lingulata* имало најнижу средњу вредност МИК од 0,85 mg/ml. Наиме, узимајући у обзир антимикробну активност испитивана уља се могу распоредити на следећи начин: *A. lingulata* > *A. chrysocoma* > *A. clypeolata* > *A. pseudopectinata* > *A. coarctata* > *A. ageratifolia* > *A. millefolium* > *A. nobilis* > *A. grandifolia* > *A. distans* > *A. crithmifolia.* Етарско уље *A. lingulata* показало је најјачу антимикробну активност (МИК=0,07-5,00

mg/ml) док је етарско уље *A. crithmifolia* било најслабије (МИК=0,62-20,00 mg/ml). Међу тестираним сојевима, највећу осетљивост на дејство уља показали су сој *Salmonella enteritidis* (ATCC 13076) и *C. albicans* - изолат из грла.

7. Резултати теста акутне токсичности указали су да је чак десет етарских уља испитиваних *Achillea* врста (*A. lingulata*, *A. coarctata*, *A. millefolium*, *A. distans*, *A. nobilis*, *A. clypeolata*, *A. pseudopectinata*, *A. chrysocoma*, *A. ageratifolia* и *A. grandifolia*) показало високу токсичност према јединкама *A. salina* са LC_{50} вредностима у опсегу 0-100 μg/ml, после 24 h. Штавише, етарска уља *A. lingulata* и *A. millefolium* показала су већу токсичност према јединкама *A. salina* после 24 h у односу на позитивну контролу (SDS). Са друге стране, једино је етарско уље *A. crithmifolia* испољило умерену токсичност у овом тесту (LC_{50}=149,35 μg/ml, после 24 h). Према томе, узимајући у обзир добијене LC_{50} вредности, испитивана етарска уља се могу распоредити на следећи начин: *A. lingulata* > *A. coarctata* > *A. millefolium* > *A. distans* > *A. nobilis* > *A. clypeolata* > *A. pseudopectinata* > *A. chrysocoma* >*A. ageratifolia* > *A. grandifolia* > *A. crithmifolia*. Коначно, имајући у виду чињеницу да су све добијене вредности LC_{50} у овој студији биле испод 1000 μg/ml, можемо претпоставити да сва тестирана уља поседују одређени ниво пестицидних и/или антиканцерогених својстава.

8. Ова студија потврђује значај етарских уља као извора нових биоактивних једињења и њиховог биолошког потенцијала. Такође, добијени резултати су указали да би истраживана етарска уља могла бити предмет будућих истраживања у сложенијим биолошким тестовима за даља испитивања специфичних фармаколошких активности.

8. ЛИТЕРАТУРА

Aćimović, M., Zorić, M., Zheljazkov, V. D., Pezo, L., Čabarkapa, I., Stanković-Jeremić, J., & Cvetković, M. (2020). Chemical characterization and antibacterial activity of essential oil of medicinal plants from eastern Serbia. *Molecules, 25*(22), 5482.

Adams, R. P. (2007). *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy*. Allured Publishing Corporation, Illinois.

Afanasyev, K. S., & Bochantsev, V. P. (1961). Achillea L. In: B. K. Shiskin & E. G. Bobrov (Eds.), *Flora S.S.S.R.* (Vol. 26, pp. 70-124). Akademiya Nauk, Moskva & Leningrad.

Akiel, M. A., Alshehri, O. Y., Aljihani, S. A., Almuaysib, A., Bader, A., Al-Asmari, A. I., Alamri, H. S., Alrfaei, B. M., & Halwani, M. A. (2022). Viridiflorol induces antineoplastic effects on breast, lung, and brain cancer cells through apoptosis. *Saudi Journal of Biological Sciences, 29*(2), 816-821.

Akyalçin, H., Arabaci, T., & Yildiz, B. (2011). Pollen morphology of six *Achillea* L. sect. *Achillea* (Asteraceae) species in Turkey. *Turkish Journal of Botany, 35*(2), 183-201.

Albayrak, S., & Silahtarlıoğlu, N. (2019). Determination of biological activities of essential oil and extract obtained from *Achillea coarctata* Poir. *Advances in Traditional Medicine, 20*(1), 77-88.

Ara, J., Sultana, V., Ehteshamul-Haque, S., Qasim, R., & Ahmad, V. U. (1999). Cytotoxic activity of marine macro-algae on *Artemia salina* (brine shrimp). *Phytotherapy Research, 13*(4), 304-307.

Azani, N., Sheidai, M., & Attar, F. (2009). Morphological and palynological studies in some *Achillea* L. species (Asteraceae) of Iran. *Iranian Journal of Botany, 15*(2), 213-226.

Bachir, G. R., & Benali, M. (2008). Antibacterial activity of leaf essential oils of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus camaldulensis*. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology, 2*(10), 211-215.

Bajpai, V. K., Kang, S., Xu, H., Lee, S. G., Baek, K. H., & Kand, S. C. (2011). Potential roles of essential oils on controlling plant pathogenic bacteria *Xanthomonas* species: A review. *Plant Pathology Journal, 27*(3), 207-224.

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils: A review. *Food and Chemical Toxicology, 46*(2), 446-475.

Batakliev, G. (1985). *Antichna mythologia*. DI Dr. Petar Beron.

Beattie, K. A., Ressler, J., Wiegand, C., Krause, E., Codd, G. A., Steinberg, C. E., & Pflugmacher, S. (2003). Comparative effects and metabolism of two microcystins and nodularin in the brine shrimp *Artemia salina*. *Aquatic Toxicology, 62*(3), 219-226.

Benedec, D., Vlase, L., Oniga, I., Mot, A. C., Damian, G., Hanganu, D., Duma, M., & Silaghi-Dumitrescu, R. (2013). Polyphenolic composition, antioxidant and antibacterial activities for two Romanian subspecies of *Achillea distans* Waldst. et Kit. ex Willd. *Molecules, 18*(8), 8725-8739.

Boissier, E. (1875). Achillea. In: G. Georg (Ed.), *Flora Orientalis* (Vol. 3, pp. 253-277). Georg, Geneva & Basel.

Bošković, Z., Radulović, N., & Stojanović, G. (2005). Essential oil composition of four *Achillea* species from the Balkans and its chemotaxonomic significance. *Chemistry of Natural Compounds, 41*(6), 674-678.

Božin, B., Mimica-Dukić, N., Bogavac, M., Suvajdzić, L., Simin, N., Samojlik, I., & Couladis, M. (2008). Chemical composition, antioxidant and antibacterial properties of *Achillea collina* Becker ex Heimerl s.l. and *A. pannonica* Scheele essential oils. *Molecules, 13*(9), 2058-2068.

Brahmkshatriya, P. P., & Brahmkshatriya, P. S. (2013). Terpenes: Chemistry, biological role, and therapeutic applications. In: K. Ramawat & J. M. Mérillon (Eds.), *Natural products* (pp. 2665-2697). Springer, Berlin.

Bremer, K., & Humphries, C. J. (1993). Generic monograph of the Asteraceae-Anthemideae. *Bulletin of the Natural History Museum, London (Botany)*, 23, 71-177.

Bremer, K. (1994). Tribe Anthemideae. In: *Asteraceae, cladistics and classification* (pp. 435-478). Timber Press, Portland, OR.

Burt, S. (2004). Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods - A review. *International Journal of Food Microbiology, 94*(3), 223-253.

Çakıcı, A. V., & Koçak, A. (2015). Composition of the volatile oils of two *Achillea* L. (Asteraceae) taxa from Turkey. *Bitlis Eren University Journal of Science and Technology, 5*(2), 68-70.

Çakır, A., Özer, H., Aydın, T., Kordali, S., Çavuşoğlu, T. A., Akçin, T., Mete, E., & Akçin, A. (2016). Phytotoxic and insecticidal properties of essential oils and extracts of four *Achillea* species. *Records of Natural Products, 10*(2), 154-167.

Caligari, P. D. S., & Hind, D. J. N. (Eds.). (1996). *Compositae: Biology and utilization*. Proceedings of the International Compositae Conference, Kew (Vol. 2). Royal Botanic Gardens, Kew.

Candan, F., Unlu, M., Tepe, B., Daferera, D., Polissiou, M., Sökmen, A., & Akpulat, H. A. (2003). Antioxidant and antimicrobial activity of the essential oil and methanol extracts of *Achillea millefolium* subsp. *millefolium* Afan. (Asteraceae). *Journal of Ethnopharmacology, 87*(2-3), 215-220.

Candolle, A. P. de. (1838). Ptarmica & Achillea. In: *Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis* (Vol. 6, pp. 19-34). Treuttel & Würtz, Paris, France.

Canillac, N., & Mourey, A. (2001). Antibacterial activity of the essential oil of *Picea excelsa* on *Listeria, Staphylococcus aureus* and coliform bacteria. *Food Microbiology, 18*, 261-268.

Carneiro, V. A., Melo, R. S., Pereira, A. M. G., Azevedo, Á. M. A., Cavalcante, R. M. B., Rocha, R. R., de Queiroz Albuquerque, V., Guerrero, J. A. P., & Catunda Junior, F. E. A. (2020). Essential oils as an innovative approach against biofilm of multidrug-resistant *Staphylococcus aureus*. In: S. Dincer, M. Sümengen Özdenefe, & A. Arkut (Eds.), *Bacterial biofilms*. IntechOpen, London UK.

Carson, C. F., Mee, B. J., & Riley, T. V. (2002). Mechanism of action of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil on *Staphylococcus aureus* determined by time-kill, lysis, leakage and salt tolerance assays and electron microscopy. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy, 46*(6), 1914-1920.

Chalchat, J. C., Gorunović, M. S., & Petrović, S. D. (1999). Aromatic plants of Yugoslavia. I. Chemical composition of oils of *Achillea millefolium* L. ssp. *pannonica* (Scheele)

Hayak, *A. crithmifolia* W. et K., *A. serbica* Nym., and *A. tanacetifolia* All. *Journal of Essential Oil Research, 11*(3), 306-310.

Chalchat, J. C., Gorunović, M. S., Petrović, S. D., & Zlatković, V. V. (2000). Aromatic plants of Yugoslavia. III. Chemical composition of essential oils of three wild *Achillea* species: *A. clavenae* L., *A. collina* Becker, and *A. lingulata* W. et K. *Journal of Essential Oil Research, 12*(1), 7-10.

Chalchat, J. C., Petrović, S. D., Maksimović, Z. A., & Gorunović, M. S. (2005). Aromatic plants of Yugoslavia. II. Chemical composition of essential oils of *Achillea abrotanoides* (Vis.) Vis., *A. clypeolata* Sibth. & Sm., *A. depressa* Janka, and *A. stricta* Schleicher et Koch. *Journal of Essential Oil Research, 17*(5), 549-552.

Cimanga, K., Kambu, K., Tona, L., Apers, S., de Bruyne, T., Hermans, N., Totté, J., Pieters, L., & Vlietinck, A. J. (2002). Correlation between chemical composition and antibacterial activity of essential oils of some aromatic medicinal plants growing in the Democratic Republic of Congo. *Journal of Ethnopharmacology, 79*(2), 213-220.

Clarkson, C., Maharaj, V. J., Crouch, N. R., Grace, O. M., Pillay, P., Matsabisa, M. G., Bhagwandin, N., Smith, P. J., & Folb, P. I. (2004). In vitro antiplasmodial activity of medicinal plants native to or naturalized in South Africa. *Journal of Ethnopharmacology, 92*(2-3), 177-191.

Conner, D. E., & Beuchat, L. R. (1984). Sensitivity of heat-stressed yeasts to essential oils of plants. *Applied and Environmental Microbiology, 47*(2), 229-233.

Conti, B., Canale, A., Bertoli, A., Gozzini, F., & Pistelli, L. (2010). Essential oil composition and larvicidal activity of six Mediterranean aromatic plants against the mosquito *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). *Parasitology Research, 107*(6), 1455-1461.

Cosentino, S., Tuberoso, C. I., Pisano, B., Satta, M., Mascia, V., Arzedi, E., & Palmas, F. (1999). In-vitro antimicrobial activity and chemical composition of Sardinian *Thymus* essential oils. *Letters in Applied Microbiology, 29*(2), 130-135.

Cox, S. D., Mann, C. M., Markham, J. L., Bell, H. C., Gustafson, J. E., & Warmington, J. R. (2000). The mode of antimicrobial action of the essential oil from *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil). *Journal of Applied Microbiology, 88*(1), 170-175.

Croteau, R., Kutchan, T. M., & Lewis, N. G. (2000). Natural products (secondary metabolites). In: B. Buchanan, W. R. Gruissem, & R. Jones (Eds.), *Biochemistry & molecular biology of plants* (pp. 1250-1318). American Society of Plant Physiologists, Rockville, MD.

Čulum, D., Čopra-Janićijević, A., Muratović, E., Siljak-Yakovlev, S., Maksimović, M., & Vidic, D. (2022). Essential oil composition and antioxidant activity of endemic *Achillea lingulata* Waldst. & Kit. compared to common *A. millefolium* L. *Records of Natural Products, 16*(4), 335-345.

Daniel, P., Lourenço, E. L., Cruz, R. M., Gonçalves, C. H., Almas, L. R., Hoscheid, J., Silva, C. D., Jacomassi, E., Júnior, L. B., & Alberton, O. (2020). Composition and antimicrobial activity of essential oil of yarrow (*Achillea millefolium* L.). *Australian Journal of Crop Science, 14*(3), 545-550.

Davidson, P. M., & Parish, M. E. (1989). Methods for testing the efficacy of food antimicrobials. *Food Technology, 43*(1), 148-155.

de Sousa, D. P., Damasceno, R. O. S., Amorati, R., Elshabrawy, H. A., de Castro, R. D., Bezerra, D. P., Nunes, V. R. V., Gomes, R. C., & Lima, T. C. (2023). Essential oils: Chemistry and pharmacological activities. *Biomolecules, 13*(7), 1144.

Delaquis, P. J., Stanich, K., Girard, B., & Mazza, G. (2002). Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander, and eucalyptus essential oils. *International Journal of Food Microbiology, 74*(1-2), 101-109.

Denyer, S. P., & Hugo, W. B. (1991). Mechanisms of antibacterial action - A summary. In: S. P. Denyer & W. B. Hugo (Eds.), *Mechanisms of action of chemical biocides* (pp. 331-334). Blackwell, Oxford, UK.

Dorman, H. J. D., & Deans, S. G. (2000). Antimicrobial agents from plants: Antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology, 88*(2), 308-316.

Dudareva, N., Pichersky, E., & Gershenzon, J. (2004). Biochemistry of plant volatiles. *Plant Physiology, 135*(4), 1893-1902.

Ebadollahi, A., & Ashouri, S. (2011). Toxicity of essential oils isolated from *Achillea millefolium* L., *Artemisia dracunculus* L., and *Heracleum persicum* Desf. against adults of *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) in Islamic Republic of Iran. *Ecologia Balkanica, 3*(2), 41-48.

Ehrendorfer, F., & Guo, Y. P. (2005). Changes in the circumscription of the genus *Achillea* (Compositae-Anthemideae) and its subdivision. *Willdenowia, 35*(1), 49-54.

Ehrendorfer, F., & Guo, Y. P. (2006). Multidisciplinary studies on *Achillea* sensu lato (Compositae-Anthemideae): New data on systematics and phylogeography. *Willdenowia, 36*(1), 69-87.

El Asbahani, A., Miladi, K., Badri, W., Sala, M., Aït Addi, E. H., Casabianca, H., El Mousadik, A., Hartmann, D., Jilale, A., Renaud, F. N., & Elaissari, A. (2015). Essential oils: From extraction to encapsulation. *International Journal of Pharmaceutics, 483*(1-2), 220-243.

El-Kalamouni, C., Venskutonis, P. R., Zebib, B., Merah, O., Raynaud, C., & Talou, T. (2017). Antioxidant and antimicrobial activities of the essential oil of *Achillea millefolium* L. grown in France. *Medicine, 4*(2), 30.

Euro+Med. (2006). Euro+Med PlantBase - the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity. Published on the internet. Accessed date: October 2023. http://www.europlusmed.org.

Falconieri, D., Piras, A., Porcedda, S., Marongiu, B., Gonçalves, M. J., Cabral, C., Cavaleiro, C., & Salgueiro, L. (2011). Chemical composition and biological activity of the volatile extracts of *Achillea millefolium*. *Natural Products Communications, 6*(10), 1527-1530.

Farajpour, M., Ebrahimi, M., Sadat-Hosseini, M., Al-Fekaiki, D. H., & Baghizadeh, A. (2024). Multivariate analysis of the phytochemical composition and antioxidant properties in twenty-five accessions across three *Achillea* species. *Scientific Reports, 14*(1), 11843.

Fierăscu, I., Ungureanu, C., Avramescu, S. M., Fierăscu, R. C., Orțan, A., Soare, L. C., & Păunescu, A. (2015). In vitro antioxidant and antifungal properties of *Achillea millefolium* L. *Romanian Biotechnological Letters, 20*(4), 10626-10636.

Francisco-Ortega, J., Barber, J. C., Santos-Guerra, A., Febles-Hernandez, R., & Jansen, R. K. (2001). Origin and evolution of the endemic genera of Gonosperminae (Asteraceae: Anthemideae) from the Canary Islands: Evidence from nucleotide sequences of the internal transcribed spacer of the nuclear ribosomal DNA. *American Journal of Botany*, 88, 161-169.

Gajić, M. (1975). Rod Achillea L. In: M. Josifović (Ed.), *Flora Srbije* (Vol. 7, pp. 93-110). Srpska akademija nauka i umetnosti, Beograd.

Gašić, M. J. (1985). *Etarska ulja*. Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Beograd.

Ghalem, B. R., & Mohamed, B. (2008). Antibacterial activity of leaf essential oils of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus camaldulensis*. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology, 2*(10), 211-215.

Ghani, A., Azizi, M., Hassanzadeh-Khayyat, M., & Pahlavanpour, A. A. (2008). Essential oil composition of *Achillea eriophora*, *A. nobilis*, *A. biebersteinii*, and *A. wilhelmsii* from Iran. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants, 11*(5), 460-467.

Gudaitytė, O., & Venskutonis, P. R. (2007). Chemotypes of *Achillea millefolium* transferred from 14 different locations in Lithuania to the controlled environment. *Biochemical Systematics and Ecology, 35*, 582-592.

Guo, Y. P., Ehrendorfer, F., & Samuel, R. (2004). Phylogeny and systematics of *Achillea* (Asteraceae-Anthemideae) inferred from nrITS and plastid trnL-F DNA sequences. *Taxon, 53*(3), 657-672.

Guo, Y. P., Saukel, J., Mittermayr, R., & Ehrendorfer, F. (2005). AFLP analyses demonstrate genetic divergence, hybridization, and multiple polyploidization in the evolution of *Achillea* (Asteraceae-Anthemideae). *New Phytologist, 166*(1), 273-290.

Guo, Y. P., Vogl, C., Van Loo, M., & Ehrendorfer, F. (2006). Hybrid origin and differentiation of two tetraploid *Achillea* species in East Asia: Molecular, morphological, and ecogeographical evidence. *Molecular Ecology, 15*(1), 133-144.

Hamidi, M. R., Jovanova, B., & Panovska, T. K. (2014). Toxicological evaluation of the plant products using brine shrimp (*Artemia salina* L.). *Macedonian Pharmaceutical Bulletin, 60*(1), 9-18.

Hamilton, M. A., Russo, R. C., & Thurston, R. V. (1977). Trimmed Spearman-Karber method for estimating median lethal concentrations in toxicity bioassays. *Environmental Science & Technology, 11*(6), 714-719.

Hanlidou, E., Kokkalou, E., & Kokkini, S. (1992). Volatile constituents of *Achillea grandifolia*. *Planta Medica, 58*(1), 105-107.

Harborne, J. B. (1967). *Comparative biochemistry of the flavonoids*. Academic Press, London New York.

Hardi, J., & Novaković, P. (1987). Mogućnost primjene headspace tehnike plinske kromatografije u analizi sastava arome polutvrdih i tvrdih sireva. *Mljekarstvo, 37*(4), 107-113.

Heimerl, A. (1884). Monographia sections "Ptarmica" Achilleae generis. *Denkschriften der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse, 48*, 113-192.

Héthelyi, É., Tétényi, P., Kaposi, P., Dános, B., Kernóczi, Z., & Büki, G. Y. (1988). GC/MS investigation of antimicrobial and repellent compounds. *Herba Hungarica, 27*, 89-95.

Heywood, V. H., & Harborne, J. (1977). *The biology and chemistry of the Compositae* (Vol. 2). Academic Press, London.

Hind, D. J. N., & Beentje, H. J. (Eds.). (1996). *Compositae: Systematics*. Proceedings of the International Compositae Conference, Kew (Vol. 2). Royal Botanic Gardens, Kew.

Hoffmann, O. (1894). Achillea. In: A. Engler & K. Prantl (Eds.), *Die natürlichen Pflanzenfamilien* (Vol. 4, pp. 272-273). Engelmann, Leipzig.

Huber-Morath, A. (1975). Achillea L. In: P. H. Davis (Ed.), *Flora of Turkey* (Vol. 5, pp. 224–252). University Press, Edinburgh.

Inotai, K., György, Z., Kindlovits, S., Várady, G., & Németh-Zámbori, É. (2016). Evaluation of yarrow (*Achillea*) accessions by phytochemical and molecular genetic tools. *Journal of Applied Botany and Food Quality, 89*, 105-112.

Jiang, Y., Wu, N., Fu, Y. J., Wang, W., Luo, M., Zhao, C. J., Zu, Y. G., & Liu, X. L. (2011). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of rosemary. *Environmental Toxicology and Pharmacology, 32*(1), 63-68.

Jianu, C., Mişcă, C., Muntean, S. G., & Gruia, A. T. (2015). Composition, antioxidant, and antimicrobial activity of the essential oil of *Achillea collina* Becker growing wild in Western Romania. *Hemijska Industrija, 69*(4), 381-386.

Juliano, C., Mattana, A., & Usai, M. (2000). Composition and in vitro antimicrobial activity of the essential oil of *Thymus herba-barona* Loisel growing wild in Sardinia. *Journal of Essential Oil Research, 12*(4), 516-522.

Karamenderes, C., Karabay, N. Ü., & Zeybek, U. (2022). Composition and antimicrobial activity of the essential oil of some *Achillea* L. species in Turkey. *Acta Pharmaceutica Turcica, 44*(3), 221-225.

Kazemi, M. (2015). Chemical composition and antimicrobial, antioxidant activities and anti-inflammatory potential of *Achillea millefolium* L., *Anethum graveolens* L., and *Carum copticum* L. essential oils. *Journal of Herbal Medicine, 5*(4), 217-222.

Kester, D. R., Duedall, I. W., Connors, D. N., & Pytkowicz, R. M. (1967). Preparation of artificial seawater. *Limnology and Oceanography, 12*(1), 176-179.

Kidlovits, S., & Németh, É. (2012). Sources of variability of yarrow (*Achillea* spp.) essential oil. *Acta Alimentaria, 41*(Suppl.), 92-103.

Klokov, M. V., & Krytzka, L. I. (1984). Sistema rodiv *Ptarmica* Mill. and *Achillea* L. *Ukrains'kij Botaničnij Žurnal*, 41(3), 1-11.

Knobloch, K., Pauli, A., Iberl, B., Weigand, H., & Weis, N. (1989). Antibacterial and antifungal properties of essential oil components. *Journal of Essential Oil Research, 1*(3), 119-128.

Koch, W. D. J. (1837). Achillea. In: *Synopsis florae germanicae et Helveticae* (pp. 370-375). F. Wilmans, Francofurti.

Kokkali, V., Katramados, I., & Newman, J. D. (2011). Monitoring the effect of metal ions on the mobility of *Artemia salina* nauplii. *Biosensors, 1*(2), 36-45.

Konakchiev, A., Todorova, M., Mikhova, B., Vitkova, A., & Najdenski, H. (2011). Composition and antimicrobial activity of *Achillea distans* essential oil. *Natural Products Communications, 6*(6), 905-906.

Kostevski, I. R., Petrović, G. M., Stojanović, G. S., Stamenković, J. G., & Zlatković, B. K. (2016). Essential oil chemical composition and headspace volatiles profile of *Achillea coarctata* from Serbia. *Natural Products Communications, 11*(4), 543-545.

Kovačević, N. (2004). *Osnovi farmakognozije*. Treće izdanje. Srpska školska knjiga, Beograd.

Kuzmanov, B., & Ančev, M. (2012). Achillea. In: D. Peev (Ed.), *Flora Reipublicae Bulgaricae* (Vol. 11, pp. 326-360). Editio Academica "Professor Marin Drinov," Sofia.

Lambert, R. J. W., Skandamis, P. J., Coote, G., & Nychas, J. E. (2001). A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. *Journal of Applied Microbiology, 91*(3), 453-462.

Lange, B. M., & Ahkami, A. (2013). Metabolic engineering of plant monoterpene, sesquiterpene and diterpenes- Current status and future opportunities. *Plant Biotechnology Journal, 11*(2), 169-196.

Linnaeus, C. (1753). Achillea. In: *Species plantarum* (Vol. 2). L. Salvius, Holmiae.

Logarto Parra, A., Silva Yhebra, R., Guerra Sardiñas, I., & Iglesias Buela, L. (2001). Comparative study of the assay of *Artemia salina* L. and the estimate of the median lethal dose (LD50 value) in mice, to determine oral acute toxicity of plant extracts. *Phytomedicine Plus, 8*(5), 395-400.

Lopez, P., Sánchez, C., Batlle, R., & Nerín, C. (2005). Solid- and vapor-phase antimicrobial activities of six essential oils: Susceptibility of selected foodborne bacterial and fungal strains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53*(17), 6939-6946.

Maffei, M. E., Germano, F., Doglia, G., & Chialva, F. (1993). Essential oils, chromosome numbers and karyotypes from Italian *Achillea* species. Part II. *Journal of Essential Oil Research, 5*(1), 61-70.

Maffei, M. E., Mucciarelli, M., & Scannerini, S. (1994). Essential oils from *Achillea* species of different geographic origin. *Biochemical Systematics and Ecology, 22*(7), 679-687.

Magiatis, P., Skaltsounis, A. L., Chinou, I., & Haroutounian, S. A. (2002). Chemical composition and in-vitro antimicrobial activity of the essential oils of three Greek *Achillea* species. *Zeitschrift für Naturforschung C, 57*(3-4), 287-290.

Man, A., Santacroce, L., Jacob, R., Mare, A., & Man, L. (2019). Antimicrobial activity of six essential oils against a group of human pathogens: A comparative study. *Pathogens, 8*(1), 15.

Marino, M., Bersani, C., & Comi, G. (1999). Antimicrobial activity of the essential oils of *Thymus vulgaris* L. measured using a bioimpedometric method. *Journal of Food Protection, 62*(9), 1017-1023.

Mazandarani, M., Mirdeilami, S. Z., & Pessarakli, M. (2013). Essential oil composition and antibacterial activity of *Achillea millefolium* L. from different regions in Northeast of Iran. *Journal of Medicinal Plants Research, 7*(16), 1063-1069.

McGimpsey, J. A., Douglas, M. H., Van Klink, J. L., Beauregard, D. A., & Perry, N. B. (1994). Seasonal variation in essential oil yield and composition from naturalized *Thymus vulgaris* L. in New Zealand. *Flavour and Fragrance Journal, 9*(6), 347-352.

Meyer, B. N., Ferrigni, N. R., Putnam, J. E., Jacobsen, L. B., Nichols, D. E., & McLaughlin, J. L. (1982). Brine shrimp: A convenient general bioassay for active plant constituents. *Planta Medica, 45*(5), 31-34.

Michael, A. S., Thompson, C. G., & Abramovitz, M. (1956). *Artemia salina* as a test organism for bioassay. *Science, 123*(3194), 464.

Miladinović, D. L., Dimitrijević, M. V., Mihajilov-Krstev, T. M., Marković, M., & Ćirić, V. (2021). The significance of minor components on the antibacterial activity of essential oil via chemometrics. *LWT - Food Science and Technology, 136*(2), 110305.

Mitić, Z. S., Jovanović, B., Jovanović, S., Mihajilov-Krstev, T. M., Stojanović-Radić, Z. Z., Cvetković, V. J., Mitrović, T. L., Marin, P. D., Zlatković, B., & Stojanović, G. S. (2018). Comparative study of the essential oils of four *Pinus* species: Chemical composition, antimicrobial and insect larvicidal activity. *Industrial Crops and Products, 111*(2), 55-62.

Mitić, Z., Jovanović, S., & Zlatković, B. (2020). *Praktikum iz biohemijske sistematike biljaka*. Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Nišu.

Mladenović, M. Z., & Radulović, N. S. (2017). The essential oil of *Achillea ageratifolia* (Sm.) Boiss. subsp. *serbica* (Nyman) Heimerl (Asteraceae) revisited: The stereochemical nomenclature issues, structural elucidation and synthesis of (new) sabinyl esters. *Flavour and Fragrance Journal, 32*(1), 5-23.

Mockutė, D., & Judžentienė, A. (2003). Variability of the essential oils composition of *Achillea millefolium* ssp. *millefolium* growing wild in Lithuania. *Biochemical Systematics and Ecology, 31*(9), 1033-1045.

Mohamed, A. H., Sheir, S. K., Osman, G. Y., & Abd-El Azeem, H. H. (2014). Toxic effects of heavy metals pollution on biochemical activities of the adult brine shrimp *Artemia salina*. *Canadian Journal of Pure and Applied Sciences, 8*(3), 3019-3028.

Mottaghi, M., Shanjani, P. S., Jafari, A. A., Mirza, M., & Bihamta, M. R. (2015). Interspecific genetic diversity of Iranian *Achillea* species based on morphological traits and total protein profiling. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences, 6*(6), 125-135.

Murbach Teles Andrade, B. F., Nunes Barbosa, L. da Silva Probst, I., & Fernandes Júnior, A. (2014). Antimicrobial activity of essential oils. *Journal of Essential Oil Research, 26*(1), 34-40.

Narnoliya, L. K., Jadaun, J. S., & Singh, S. P. (2019). The phytochemical composition, biological effects, and biotechnological approaches to the production of high-value essential oil from geranium. In: S. Malik (Ed.), *Essential oil research: Trends in biosynthesis, analytics, industrial applications and biotechnological production* (pp. 327-352). Springer, Berlin.

National Institute of Standards and Technology- NIST Chemistry WebBook. Nist Standard Reference database. Available from: http://webbook.nist.gov/chemistry/.

Nedelcheva, A. (1998). *Biosystematic investigations of genus Achillea L., sect. Filipendulinae (DC) Afan. (Asteraceae) in Bulgaria* (Doctoral dissertation, Sofia University). Sofia University.

Nedelcheva, A. (2008). Morphological study of *Achillea grandifolia* (Compositae) in Bulgaria. *Natura Montegrina, 7*(3), 297-305.

Németh, E. Z., Tarján, G., & Bernáth, J. (1993). Essential oil composition of *Achillea crithmifolia* W. et K. 1. Identification of chemovarieties grown in wild populations. *Journal of Essential Oil Research, 5*(4), 349-357.

Németh, E. (2005). Essential oil composition of species in the genus *Achillea*. *Journal of Essential Oil Research, 17*(5), 501-512.

Németh, E., & Bernáth, J. (2008). Biological activities of yarrow species (*Achillea* spp.). *Current Pharmaceutical Design, 14*(29), 3151-3167.

Nenaah, G. E. (2014). Chemical composition, insecticidal and repellence activities of essential oils of three *Achillea* species against the Khapra beetle (Coleoptera: Dermestidae). *Journal of Pesticide Science, 87*(2), 273-283.

Nikolić, V., Sigunov, A., & Diklić, N. (1986). Dopuna flori SR Srbije novim podacima o rasprostranjenju biljnih vrsta. In: M. R. Sarić & N. Diklić (Eds.), *Flora SR Srbije* (Vol. 10, Dodatak 2, pp. 257-336). Srpska akademija nauka i umetnosti, Beograd.

Oberprieler, C., & Vogt, R. (2000). The position of *Castrilanthemum* Vogt & Oberprieler and the phylogeny of Mediterranean Anthemideae (Compositae) as inferred from nrDNA ITS and cpDNA trnL/trnF IGS sequence variation. *Plant Systematics and Evolution*, 225, 145-170.

Oberprieler, C. (2002). A phylogenetic analysis of *Chamaemelum* Mill. (Compositae: Anthemideae) and related genera based upon nrDNA ITS and cpDNA trnL/trnF IGS sequence variation. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 138, 255-273.

Oliva, M. de las M., Gallucci, N., Zygadlo, J. A., & Demo, M. S. (2007). Cytotoxic activity of Argentinean essential oils on *Artemia salina*. *Pharmaceutical Biology, 45*(4), 259-262.

Özkan, A., & Erdoğan, A. (2013). Membrane and DNA damaging/protective effects of eugenol, eucalyptol, terpinen-4-ol, and camphor at various concentrations on parental and drug-resistant H1299 cells. *Turkish Journal of Biology, 37*(4), 405-413.

Palić, R., Stojanović, G., & Nasković, T. (2003). Composition and antibacterial activity of *Achillea crithmifolia* and *Achillea nobilis* essential oils. *Journal of Essential Oil Research, 15*, 434-437.

Paster, N., Menasherov, M., Ravid, U., & Juven, B. (1995). Antifungal activity of oregano and thyme essential oils applied as fumigants against fungi attacking stored grain. *Journal of Food Protection, 58*(1), 81-85.

Pelka, M., Danzl, C., Distler, W., & Petschelt, A. (2000). A new screening test for toxicity testing of dental materials. *Journal of Dentistry, 28*(5), 341-345.

Persoone, G., Van de Vel, A., Van Steertegem, M., & De Nayer, B. (1989). Predictive value of laboratory tests with aquatic invertebrates: Influence of experimental conditions. *Aquatic Toxicology, 14*(2), 149-166.

Petrović, S., Maksimović, Z., & Kundaković, T. (2009). *Analiza sastojaka biljnih droga. Priručnik za teorijsku i praktičnu nastavu iz predmeta Farmakognozija*. Farmaceutski fakultet, Beograd.

POWO (2024). Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet. Accessed date: February 2024. http://www.plantsoftheworldonline.org/.

Raal, A., Orav, A., & Arak, E. (2012). Essential oil content and composition in commercial *Achillea millefolium* L. herbs from different countries. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants, 15*(1), 22-31.

Radojković-Kostevski, I., Petrović, G., Stojanović, G. S., Stamenković, J., & Zlatković, B. (2015). Variations in the headspace volatile profiles of three different *Achillea coarctata* Poir. (Asteraceae) populations. *Biologica Nyssana, 6*(2), 75-80.

Radulović, N. S., Blagojević, P. D., Skropeta, D., Zarubica, A. R., Zlatković, B. K., & Palić, R. M. (2010). Misidentification of tansy, *Tanacetum macrophyllum*, as yarrow, *Achillea grandifolia*: A health risk or benefit? *Natural Product Communications, 5*(1), 121-127.

Radulović, N., Zlatković, B., Palić, R., & Stojanović, G. (2007). Chemotaxonomic significance of the Balkan *Achillea* volatiles. *Natural Product Communications, 2*(4), 453-474.

Rajabi, S., Ramazani, A., Hamidi, M., & Naji, T. (2015). *Artemia salina* as a model organism in toxicity assessment of nanoparticles. *Daru: Journal of Faculty of Pharmacy, Tehran University of Medical Sciences, 23*(1), 20.

Ratledge, C., & Wilkinson, S. G. (Eds.). (1988). An overview of microbial lipids. In: *Microbial lipids* (Vol. 1, pp. 3-22). Academic Press, London, UK.

Rauchensteiner, F., Nejati, S., Werner, I., Glasl, S., Saukel, J., Jurenits, J., & Kubelka, W. (2002). Determination of taxa of the *Achillea millefolium* group and *Achillea crithmifolia* by morphological and phytochemical methods I. Characterisation of Central European taxa. *Scientia Pharmaceutica, 70*(2), 199-230.

Richardson, I. B. (1976). Achillea L. In: T. G. Tutin, V. H. Heywood, N. A. Burges, D. M. Moore, D. H. Valentine, S. M. Walters, & D. A. Webb (Eds.), *Flora Europaea* (Vol. 4, pp. 159-165). University Press, Cambridge.

Sampietro, D. A., Gomez, A. L., Jimenez, C. M., Lizarraga, E. F., Ibatayev, Z. A., Suleimen, Y. M., & Catalán, C. A. (2017). Chemical composition and antifungal activity of essential oils from medicinal plants of Kazakhstan. *Natural Product Research*, *31*(13), 1464-1467.

Sarić, M. (1989). *Lekovite biljke SR Srbije*. Srpska akademija nauka i umetnosti, Beograd.

Saukel, J., & Länger, R. (1992). Die *Achillea millefolium* Gruppe (Asteraceae) in Mitteleuropa. *Phyton (Horn)*, *31*(2), 185-207.

Saukel, J., Anchev, M., Guo, Y. P., Vitkova, A., Nedelcheva, A., Goranova, V., Konakchiev, A., Lambrou, M., Nejati, S., Rauchensteiner, F., & Ehrendorfer, F. (2003). Comments on the biosystematics of *Achillea* (Anthemideae) in Bulgaria. *Phytologia Balcanica*, *9*(3), 361-400.

Sha, S., Chen, D., Liu, M., Li, K. L., Jiang, C. K., Wang, D. H., & Guo, Y. P. (2018). To be serrate or pinnate: Diverse leaf forms of yarrows (*Achillea*) are linked to differential expression patterns of NAM genes. *Annals of Botany*, *121*(2), 255-266.

Sikkema, J., De Bont, J. A. M., & Poolman, B. (1995). Mechanisms of membrane toxicity of hydrocarbons. *Microbiological Reviews*, *59*(2), 201-222.

Simić, N., Andjelković, S., Palić, R. M., Vajs, V. V., & Milosavljević, S. (2000). Volatile constituents of *Achillea serbica* Nym. *Flavour and Fragrance Journal*, *15*(3), 141-143.

Simić, N., Palić, R., Vajs, V., Milosavljević, S., & Djoković, D. (2000). Composition and antibacterial activity of *Achillea chrysocoma* essential oil. *Journal of Essential Oil Research*, *12*(6), 784-787.

Simić, N., Palić, R., & Ranđelović, V. (2004). Composition and antibacterial activity of *Achillea clypeolata* essential oil. *Flavour and Fragrance Journal*, *20*(2), 127-130.

Skandamis, P., Koutsoumanis, K., Fasseas, K., & Nychas, G. J. E. (2001). Inhibition of oregano essential oil and EDTA on *Escherichia coli* O157. *Italian Journal of Food Science*, *13*(1), 65-75.

Šmelcerović, A., Lamshoeft, M., Radulović, N., Ilić, D., & Palić, R. (2010). LC-MS analysis of the essential oils of *Achillea millefolium* and *Achillea crithmifolia*. *Chromatographia*, *71*(1-2), 113-116.

Sobral, M. V., Xavier, A. L., Lima, T. C., & de Sousa, D. P. (2014). Antitumor activity of monoterpenes found in essential oils. *Scientific World Journal, 2014*, 1-35.

Stanković, N., Mihajilov-Krstev, T., Zlatković, B., Matejić, J., Stankov-Jovanović, V., Kocić, B., & Čomić, Lj. (2016). Comparative study of composition, antioxidant, and antimicrobial activities of essential oils of selected aromatic plants from the Balkan Peninsula. *Planta Medica, 82*(8), 650-661.

Stojanov, N., & Stefanov, B. (1924). *Flora na Bălgarija* (Vol. 2). Državna pečatnica, Sofija.

Stojanov, N., & Stefanov, B. (1948). *Flora na Bălgarija* (3rd ed.). Universitetska pečatnica, Sofija.

Stojanović, G., Radulović, N., Hashimoto, T., & Palić, R. (2005). In vitro antimicrobial activity of extracts of four *Achillea* species: The composition of *Achillea clavennae* L. (Asteraceae) extract. *Journal of Ethnopharmacology, 101*(1-3), 185-190.

Stojanović, G., Jovanović, O., Petrović, G., Mitić, V., & Stankov-Jovanović, V. (2014). Comparison of GC profiles of *Achillea crithmifolia* and *Origanum heracleoticum* essential oils and headspace volatiles. *Natural Volatiles & Essential Oils, 1*(1), 60-65.

Stojanović-Radić, Z., Dimitrijević, M., Genčić, M., Pejčić, M., & Radulović, N. (2000). Anticandidal activity of Inula helenium root essential oil: synergistic potential, anti-virulence efficacy and mechanism of action. *Industrial Crops and Products, 149*, 112373.

Suleimen, Y. M., Ibatayev, Z. A., Iskakova, Z. B., Ishmuratova, M. Y., & Martinas, Z. G. Y. (2016). Component composition of *Achillea micrantha* essential oil and its biological activity. *Bulletin of Karaganda University. Chemistry Series, 1*(81), 8-15.

Suleimen, Y. M., Zhanzhaxina, A. S., & Ishmuratova, M. Y. (2019). Component composition of *Achillea salicifolia* Besser essential oil and its biological activity. *Bulletin of Karaganda University. Chemistry Series, 2*(94), 29-34.

Suleimenov, Y. M., Atazhanova, G., Ozek, T., Demirci, B., Kulyyasov, A. T., & Adekenov, S. M. Baser, K. H. C. (2001). Essential oil composition of three species of *Achillea* from Kazakhstan. *Chemistry of Natural Compounds, 37*(5), 447-450.

Sun, L. C., Li, S. Y., Wang, F. Z., & Xin, F. G. (2017). Research progresses in the synthetic biology of terpenoids. *Biotechnology Bulletin, 33*(1), 64-75.

Sytnik, K. M., & Androshchuck, A. F. (Eds.). (1984). *Tysyachelnistniki*. Kiev.

Tasić, S. R., Ristić, M. S., Menković, N. R., Kovačević, N. N., Grubišić, D. V., & Djoković, D. D. (1998). Endemic plant species of Sara Mountain. Part VI. Essential oil of *Achillea chrysocoma*. *Journal of Essential Oil Research*, *10*(3), 329-332.

Thornton-Wood, S. P. (1993). *A taxonomic study of the yellow-flowering species of Achillea L. (Sect. Filipendulinae (DC.) Boiss.) (Asteraceae) in the Balkan Peninsula* (PhD thesis). Department of Botany, University of Reading, Reading.

Tuberoso, C. I. G., Montoro, P., Piacente, S., Corona, G., Deiana, M., Dessì, M. A., Pizza, C., & Cabras, P. (2009). Flavonoid characterization and antioxidant activity of hydroalcoholic extracts from *Achillea ligustica* All. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, *50*(3), 440-448.

Türkmenoğlu, F. P., Agar, O. T., Akaydin, G., Hayran, M., & Demirci, B. (2015). Characterization of volatile compounds of eleven *Achillea* species from Turkey and biological activities of essential oil and methanol extract of *A. hamzaoglui* Arabacı & Budak. *Molecules*, *20*(6), 11432-11458.

Tzakou, O., Couladis, M., Milenković, M., Vučićević, D., & Kovačević, N. (2009). Composition and antimicrobial activity of *Achillea coarctata* essential oils from Greece. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, *12*(5), 541-545.

Ultee, A., Bennink, M. H. J., & Moezelaar, R. (2002). The phenolic hydroxyl group of carvacrol is essential for action against the foodborne pathogen *Bacillus cereus*. *Applied and Environmental Microbiology*, *68*(4), 1561-1568.

Valant-Vetschera, K., & Kastner, A. (2000). Character analysis in *Achillea* sect. *Santolinoidea* (Compositae-Anthemideae): Part I. Leaf and floral morphology. *Edinburgh Journal of Botany*, *57*(2), 189-208.

Velenovský, J. (1890). Plantae novae bulgaricae. Pars II. *Sitzungsberichte der Königlichen Böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse*, 1(3), 39–59.

Verma, R. S., Joshi, N. S., Padalia, R. C., Goswami, P. G., Singh, V., Chauhan, A., Verma, S. K., Iqbal, H., Verma, R. K., Chanda, D., Sundaresan, V., & Darokar, M. P. (2017). Chemical composition and allelopathic, antibacterial, antifungal and in vitro

acetylcholinesterase inhibitory activities of yarrow (*Achillea millefolium* L.) native to India. *Industrial Crops and Products*, *104*, 144-155.

Vetter, S., Lambrou, M., Franz, C. H., & Ehrendorfer, F. (1996). Cytogenetics of experimental hybrids within the *Achillea millefolium* polyploid complex (yarrow). *Caryologia*, *49*(1), 1-12.

Wagenitz, G. (1968/1979). Achillea L. In: G. Hegi (Ed.), *Illustrierte Flora von Mitteleuropa* (2nd ed., Vol. 6(3), pp. 310-349). Hanser & Parey, Berlin-Hamburg.

Watson, L. E., Evans, T. M., & Boluarte, T. (2000). Molecular phylogeny and biogeography of tribe Anthemideae (Asteraceae), based on chloroplast gene ndhF. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 15, 59-69.

Wendakoon, C. N., & Sakaguchi, M. (1995). Inhibition of amino acid decarboxylase activity of *Enterobacter aerogenes* by active components in spices. *Journal of Food Protection*, *58*(3), 280-283.

WFO (2024). World Flora Online. Published on the Internet. Accessed date: February 2024. http://www.worldfloraonline.org.

Xianfei, X., Xiaoqiang, C., Shunying, Z., & Guolin, Z. (2007). Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils of *Chaenomeles speciosa* from China. *Food Chemistry*, *100*(4), 1312-1315.

Yang, W., Chen, X., Li, Y., Guo, S., Wang, Z., & Yu, X. (2020). Advances in pharmacological activities of terpenoids. *Natural Product Communications*, *15*(3), 1-13.

Yener, I., Yilmaz, M. A., Olmez, O. T., Akdeniz, M., Tekin, F., Hasimi, N., Alkan, M. H., Ozturk, M., & Ertas, A. (2020). A detailed biological and chemical investigation of sixteen *Achillea* species' essential oils via chemometric approach. *Chemistry & Biodiversity*, *17*(3), e1900484.

Zhu, X., Zeng, X., Sun, C., & Chen, S. (2014). Biosynthetic pathway of terpenoid indole alkaloids in *Catharanthus roseus*. *Frontiers of Medicine*, 8(3), 285-293.

БИОГРАФИЈА СА БИБЛИОГРАФИЈОМ

Јелена П. Стојковић (дев. Стојановић) је рођена 18.10.1993. године у Врању где је завршила основну школу и Гимназију „Бора Станковић“ са одличним успехом.

Основне академске студије на Департману за биологију и екологију Природно-математичког факултета уписала је школске 2012/2013. године. Након завршених основних студија, на истом факултету уписала је мастер академске студије школске 2015/2016. године, које завршава у предвиђеном року са просечном оценом 9,53. Мастер рад под називом „Биолошка активност и варијабилност хемијског састава етарског уља *Pinus mugo* (Pinaceae)“ одбранила је са оценом 10.

Докторске академске студије на Департману за биологију и екологију уписала је школске 2017/2018. године. Положила је све планом и програмом предвиђене испите са просечном оценом 10,00 (десет). На Природно-математичком факултету у Нишу изабрана је у звање истраживач-приправник 08.07.2020. године, а у звање истраживач-сарадник 15.05.2024. године.

Била је добитник стипендије Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије за студенте докторских академских студија. Као стипендиста, учествовала је у реализацији пројекта "Микроморфолошка, фитохемијска и молекуларна истраживања биљака - систематски, еколошки и применљиви аспекти" Министарства просвете, науке и технолошког развоја Репубике Србије (бр. 173029) 2019. године. На Природно-математичком факултету, била је ангажована за извођење практичне наставе на предметима Инструменталне методе у биологији (основне академске студије БИОЛОГИЈА), Биохемијска систематика биљака (мастер академске студије БИОЛОГИЈА) и Ботаника (мастер академске студије ХЕМИЈА). Учествовала је у реализацији Пролећне школе природних наука, 2022. године у Регионалном центру у Нишу и Школе природно-математичких наука, 2023. године на Природно-математичком факултету у Нишу. Такође, похађала је 12. Школу масене спектрометрије, 2023. године на Природно-математичком факултету у Нишу.

Објавила је 1 рад у врхунском међународном часопису, 2 рада у истакнутим међународним часописима, 1 рад у међународном часопису и 1 рад у врхунском часопису националног значаја. Поред тога, саопштила је 7 радова на међународним научним

скуповима (радови су објављени у изводу). Категоризација радова вршена је према критеријумима Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Радови под редним бројевима 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11 и 12 део су ове докторске дисертације.

Рад објављен у врхунском међународном часопису (М21)

1. Mitić Z.S., Nikolić B.M., **Stojković J.P.,** Jevtović S.Č., Stojanović G.S., Zlatković B.K., Marin P.D. (2024). Morpho-anatomical characteristics and volatile profiles of *Pinus nigra* J.F.Arnold from the Balkan Peninsula and Southern Carpathians. Forests, 15(5), 739. https://doi.org/10.3390/f15050739

Радови објављени у истакнутим међународним часописима (М22)

2. **Stojković J.P.**, Stojanović-Radić Z.Z., Jevtović S.Č., Ickovski J.D., Zlatanović I.G., Zlatković B.K., Stojanović G.S., Mitić Z.S. (2022). Chemical composition, antimicrobial and toxicological evoluation of the essential oils of five *Achillea* species. Journal of Essential Oil-Bearing Plants, 25(6), 1254-1267. https://doi.org/10.1080/0972060X.2022.2155076

3. **Stojanović J.P.**, Stojanović G.S., Stojanović-Radić Z.Z., Zlatković B.K., Ickovski J.D., Zlatanović I.G., Jovanović S.Č., Mitić Z.S. (2022). Essential oils of six *Achillea* species: chemical profiles, antimicrobial potential and toxicity toward crustaceans. Chemistry & Biodiversity, 19: e202100905. https://doi.org/10.1002/cbdv.202100905

Рад објављен у међународном часопису (М23)

4. Jevtović S.Č., **Stojković J.P.,** Mitić Z.S., Niketić M.S., Stojanović G.S. (2024). The chemical composition of essential oil and headspace volatiles of Balkan endemic taxon *Achillea* x *vandasii* Velen. Natural Product Communications, 19(6), 1-5. https://doi.org/10.1177/1934578X241264624

Рад објављен у врхунском часопису националног значаја (М51)

5. **Stojković J.P.**, Mitić Z.S., Zlatković B.K. (2023). Morphological variability and differentiation of selected *Achillea* species (sections *Achillea sensu lato* and *Anthemoideae*) from Serbia. Biologica Nyssana, 14(2), 97-106. https://journal.pmf.ni.ac.rs/bionys/index.php/bionys/article/view/510

Радови саопштени на међународним скуповима објављени у изводу (М34)

6. Jevtović S.Č., **Stojković J.P.**, Mitić Z.S., Stojanović G.S. (2024). Optimization of static headspace-GC-MS analysis of a volatile fraction of anise fruit (*Anisi fructus*). 5th International Conference on Plant Biology (24th SPPS Meeting), Book of Abstracts, Srebrno jezero, Serbia, 138.

7. **Stojković J.P.**, Stojanović G.S., Zlatković B.K., Jevtović S.Č., Mitić Z.S. (2024). Diversity of thirteen *Achillea* species from Serbia based on essential oil compounds. 5th International Conference on Plant Biology (24th SPPS Meeting), Book of Abstracts, Srebrno jezero, Serbia, 136.

8. **Stojković J.P.**, Stojanović G.S., Stojanović-Radić Z.Z., Zlatković B.K., Ickovski J.D., Zlatanović I.G., Jovanović S.Č., Mitić Z.S. (2022). *Achillea pseudopectinata* essential oil: chemical composition, antimicrobial activity and toxicity toward crustaceans. 14th Symposium on the Flora of Southeastern Serbia and Neighbouring Regions, Book of abstracts, Kladovo, Serbia, 156.

9. **Stojković J.P.**, Mitić Z.S., Stojanović G.S., Zlatkovic B.K., Jovanović S.Č. (2022). Distribution of inflorescence headspace volatiles in fifteen *Achillea* taxa from Serbia. 14th Symposium on the Flora of Southeastern Serbia and Neighbouring Regions, Book of abstracts, Kladovo, Serbia, 147.

10. Nikolić J.S., Jovanović S.Č., Zlatković B.K., **Stojanović J.P.**, Stojanović G.S., Marin P.D., Mitić Z.S. (2020). Diversity of needle volatiles of native *Abies cephalonica* Loudon populations. IV Symposium of biologists and ecologists of Republic of Srpska, Book of abstracts, Banja Luka, Republic of Srpska, 49.

11. **Stojanović J.P.**, Slavković A.B., Nikolić J.S., Zlatković B.K., Mitić Z.S. (2020). Morphological variability of *Achillea millefolium* L. and *A. collina* (Becker ex Rchb.f) Heimerl from Serbia. IV Symposium of biologists and ecologists of Republic of Srpska, Book of abstracts, Banja Luka, Republic of Srpska, 50.

12. **Stojanović J.**, Mitić Z., Marin P.D., Zlatković B. (2019). Morphometric characterization of *Achillea* x *prodanii* Degen: evidence for its hybrid origin. 13th Symposium on the Flora of Southeastern Serbia and Neighbouring Regions, Book of abstracts, Stara planina, Serbia, 31.

ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Никола Тесла“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу унесе моју докторску дисертацију, под насловом:

МОРФОЛОШКА ВАРИЈАБИЛНОСТ, ХЕМИЈСКИ САСТАВ ИСПАРЉИВИХ КОМПОНЕНТИ И БИОЛОШКЕ АКТИВНОСТИ ОДАБРАНИХ ВРСТА РОДА *ACHILLEA* L. (ASTERACEAE)

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском облику, погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију, унету у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу, могу користити сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons), за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство **(CC BY)**
2. Ауторство – некомерцијално **(CC BY-NC)**
3. **Ауторство – некомерцијално – без прераде (CC BY-NC-ND)**
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима **(CC BY-NC-SA)**
5. Ауторство – без прераде **(CC BY-ND)**
6. Ауторство – делити под истим условима **(CC BY-SA)**

У Нишу, 14.10.2024.

Потпис аутора дисертације:

Јелена П. Стојковић

ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ЕЛЕКТРОНСКОГ И ШТАМПАНОГ ОБЛИКА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Наслов дисертације:

МОРФОЛОШКА ВАРИЈАБИЛНОСТ, ХЕМИЈСКИ САСТАВ ИСПАРЉИВИХ КОМПОНЕНТИ И БИОЛОШКЕ АКТИВНОСТИ ОДАБРАНИХ ВРСТА РОДА *ACHILLEA* L. (ASTERACEAE)

Изјављујем да је електронски облик моје докторске дисертације, коју сам предао/ла за уношење у **Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу,** истоветан штампаном облику.

У Нишу, 14. 10. 2024.

Потпис аутора дисертације:

Јелена П. Стојковић

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Изјављујем да је докторска дисертација, под насловом

МОРФОЛОШКА ВАРИЈАБИЛНОСТ, ХЕМИЈСКИ САСТАВ ИСПАРЉИВИХ КОМПОНЕНТИ И БИОЛОШКЕ АКТИВНОСТИ ОДАБРАНИХ ВРСТА РОДА *ACHILLEA* L. (ASTERACEAE)

која је одбрањена на Природно-математичком факултету Универзитета у Нишу:

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да ову дисертацију, ни у целини, нити у деловима, нисам пријављивао/ла на другим факултетима, нити универзитетима;
- да нисам повредио/ла ауторска права, нити злоупотребио/ла интелектуалну својину других лица.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци, који су у вези са ауторством и добијањем академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада, и то у каталогу Библиотеке, Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Нишу, као и у публикацијама Универзитета у Нишу.

У Нишу, 14.10.2024.

Потпис аутора дисертације:

Јелена П. Стојковић