

# Fitokemijska analiza imele (*Viscum album L.*) FTIR spektroskopskom analizom

---

Kajfeš, Karlo

Master's thesis / Diplomski rad

2021

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Chemistry / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:182:163497>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-23**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Department of Chemistry, Osijek](#)



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Odjel za kemiju

Diplomski sveučilišni studij Kemija; istraživački smjer

Karlo Kajfeš

FITOKEMIJSKA ANALIZA IMELE (*Viscum album* L.) FTIR  
SPEKTROSKOPSKOM ANALIZOM

Diplomski rad

Osijek, 2021.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Odjel za kemiju

Diplomski sveučilišni studij Kemija; istraživački smjer

Karlo Kajfeš

FITOKEMIJSKA ANALIZA IMELE (*Viscum album* L.) FTIR  
SPEKTROSKOPSKOM ANALIZOM

Diplomski rad

Ime i prezime mentora: izv. prof.dr.sc. Vlatka Gvozdić

Ime i prezime komentora: doc.dr.sc. Lidija Begović

Osijek, 2021.

**Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku**

**Odjel za kemiju**

**Diplomski studij kemije**

**Znanstveno područje: Prirodne znanosti**

**Znanstveno polje: Kemija**

**FITOKEMIJSKA ANALIZA IMELE (*Viscum album L.*) FTIR  
SPEKTROSKOPSKOM ANALIZOM**

**Karlo Kajfeš**

**Rad je izrađen na:** Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju

**Mentor:** izv. prof. dr. sc. Vlatka Gvozdić

**Komentor:** doc. dr. sc. Lidija Begović

**Sažetak:**

U ovome radu provedena je fitokemijska analiza svježih listova i grančica bijele imele (*Viscum album L.*) ubranih sa stabala na različitim lokacijama Republike Hrvatske i na komercijalno dostupnim proizvodima (čajevi). Kako bi se identificirale moguće prisutne skupine, metodom FTIR spektroskopije uzorci su analizirani su u različitim otapalima (etanol, metanol, voda ) u rasponu valnih duljina od 400 do 4000  $\text{cm}^{-1}$ . Rezultati FTIR spektroskopske analize ukazali su na postojanje različitih funkcionalnih skupina u ekstraktima metanola, etanola i vode. Maksimumi su u većini slučajeva bili najizraženiji u ekstraktima metanola, etanola, a potom u vodenim ekstraktima listova i grančica imele. Kako bi se odredile moguće sličnosti /razlike među uzorcima, na podatke dobivene FTIR spektroskopijom primijenjena je metoda analize glavnih komponenata (engl. *Principal Component Analysis*, PCA). Rezultati analize glavnih komponenata pokazali su da je na različitosti (sličnosti) među prikupljenim uzorcima najveći utjecaj imao zemljopisni položaj biljke.

**Diplomski rad obuhvaća:** 35 stranica, 19 slika, 15 tablica, 33 literaturnih navoda i 0 priloga.

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** imela, FTIR, analiza glavnih komponenata, ekstrakti

**Rad prihvaćen:** 06. rujna 2021.

**Stručno povjerenstvo za ocjenu:**

1. doc. dr. sc. Elvira Kovač-Andrić, predsjednica
2. izv. prof. dr. sc. Vlatka Gvozdić, mentorica i članica
3. doc. dr. sc. Lidija Begović, komentorica i članica
4. doc. dr. sc. Martina Šrajer Gajdošik, zamjenica člana

**Rad je pohranjen:** u Knjižnici Odjela za kemiju, Franje Kuhača 20, Osijek

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**

**Department of Chemistry**

**Graduate Study of Chemistry**

**Scientific Area: Natural Sciences**

**Scientific Field: Chemistry**

**PHYTOCHEMICAL ANALYSIS BY FTIR SPECTROSCOPIC  
ANALYSIS OF MISTLETOE (*Viscum album* L.)**

**Karlo Kajfeš**

**Thesis completed at:** Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Chemistry

**Supervisor:** Vlatka Gvozdić, Associate Prof., PhD

**Technical assistance:** Lidija Begović, Assistant Prof., PhD

**Abstract:**

In this paper, phytochemical analysis of fresh leaves and twigs of white mistletoe (*Viscum album* L.) harvested from trees in different locations of the Republic of Croatia and on commercially available products (teas) was performed. In order to identify possible groups present, by FTIR spectroscopy, the samples were analyzed in different solvents (ethanol, methanol, water) in the wavelength range from 400 to 4000  $\text{cm}^{-1}$ . The results of FTIR spectroscopic analysis indicated the existence of different functional groups in the extracts of methanol, ethanol and water. The maximums were in most cases most pronounced in the extracts of methanol, ethanol, and then in the aqueous extracts of mistletoe leaves and stems. In order to determine possible similarities/differences between samples, the Principal Component Analysis (PCA) method was applied to the data obtained by FTIR spectroscopy. The results of the principal components analysis showed that geographical differences had the greatest influence on differences (similarities) among collected samples plants.

**Thesis includes:** 35 pages, 19 figures, 15 tables, 33 references, 0 appendices

**Original in:** Croatian

**Keywords:** mistletoe, FTIR, principal component analysis, extracts

**Thesis accepted:** September 06, 2021

**Reviewers:**

1. Assist. prof. Elvira Kovač- Andrić; PhD; chair
2. Assoc. prof. Vlatka Gvozdić; PhD; supervisor and member
3. Assist. prof. Lidija Begović; PhD; co-supervisor and member
4. Assist. prof. Martina Šrajer Gajdošik; PhD; substitute member

**Thesis deposited in:** at the Library of Department of Chemistry, Franje Kuhača 20, Osijek

*Ovaj rad posvećujem svojoj voljenoj majci koja je nažalost u ovoj 2021. godini nedavno izgubila tešku životnu bitku sa COVID-19 (Korona virusom) uslijed pandemije korona virusa.*

*U beskrajnoj tuzi zbog njenog preranog i neočekivanog odlaska i u tuzi što nije moguće da bude uz mene u ovim trenucima završetka diplomskog rada i završetka studiranja, i ovim putem joj najveće i neizmjereno hvala na svemu što je učinila za mene tokom cijelog mog života: od ranog djetinjstva, odrastanja te školovanja.*

*Neizmjereno joj i veliko hvala i što je uvijek bila uz mene i što mi je pomagala u najtežim trenucima. Hvala joj na svoj neprocjenjivoj majčinskoj ljubavi, vjeri, požrtvornosti, nadi, brizi i ohrabrenjima tokom cijelog mog života i školovanja u cilju da završim fakultet i što bolje prođem u životu.*

*Zahvaljujem se posebno svojoj mentorici izv. prof. dr. sc. Vlatki Gvozdić na ne-sebičnom ulaganju svoga vremena i truda sa njenom velikom željom da ovaj diplomski rad bude što kvalitetnije i bolje napravljen.*

*Također bih iskazao svojoj mentorici veliku zahvalnost za iskazanu strpljivost sa njene strane i svim zlatnim savjetima prilikom izrade mog diplomskog rada.*

*Veliko i posebno hvala mom ocu, baki, teti, tetku i kumi koji su uvijek neumorno i čvrsto vjerovali u mene i motivirali me te su bili tu uz mene kao prava podrška da svoje studiranje privedem kraju.*



## SADRŽAJ:

1. UVOD.....	1
2. LITERATURNI PREGLED.....	2
3. MATERIJALI I METODE.....	5
3.1. Prikupljanje uzoraka.....	5
3.2. Ekstrakcija i pripremanje uzoraka.....	6
3.3. Kvalitativne metode analize.....	7
3.4. Fourierova transformirana infracrvena spektroskopija (FTIR).....	8
3.5. Analiza glavnih komponentata ( engl. <i>Principal Component Analysis</i> ; PCA).....	9
4. REZULTATI.....	10
4.1. Grafički i tablični prikazi FTIR spektara.....	12
4.2. Rezultat PCA.....	26
5. RASPRAVA.....	28
6. ZAKLJUČAK.....	31
7. LITERATURA.....	32
8. ŽIVOTOPIS AUTORA.....	35

## 1. UVOD

Bijela imela (*Viscum album* L.) je zimzelena poluparazitska biljka iz porodice Santalaceae. U Europi raste kao poluparazit na bjelogoričnim stablima (topola, vrba, bukva), ali i u krošnjama jabuke i kruške. Smatra se ljekovitom biljkom i koristi se u liječenju niza bolesti. Istraživanja funkcionalnih skupina u različitim ekstraktima lista i grančica imele nedostaju u suvremenim istraživanjima. Takva su istraživanja rijetka na području Europe, a na području Hrvatske praktično i ne postoje. Istraživanja prisutnosti funkcionalnih skupina važna su zbog različitih mogućnosti primjena ove biljke u medicini, sintezi nanočestica i sl. Cilj i svrha ovog istraživanja bio je analizirati funkcionalne skupine u suhim uzorcima i ekstraktima imele, a potom otkriti moguće razlike među svježe ubranim biljkama i onima u komercijalno dostupnim prerađevinama (čajevi) prikupljenim na različitim lokacijama Republike Hrvatske. Kako bi se utvrdilo postojanje mogućih sličnosti/razlika među prikupljenim uzorcima u obradi podataka korištena je metoda analize glavnih komponenata.

## 2. LITERATURNI PREGLED

Naziv roda *Viscum* potječe od latinske riječi "*viscum*" što znači lijepak. Ime vrste "*album*" znači bijeli. Imela je poluparazitska biljka mnogih golosjemenjača i kritosjemenjača koja se pričvršćuje za stablo biljke domaćina svojim sisaljkama (haustorijama) [1]. Imela crpi vodu, minerale, dušik, ugljik i druge otopljene tvari iz domaćina te može negativno utjecati na rast i plod svojih domaćina. Stopa rasta imele je spora, njeni prvi listovi nastaju tek nakon dvije godine, a cvate u razdoblju od 5 do 7 godina zrelosti [1]. Razmnožava se sjemenom. Duljina izbojaka varira od nekoliko centimetara do nekoliko metara. Raste u obliku okruglastog grmića često visoko na stablima [2]. Može narasti do 1 metra te doživjeti starost od oko jednog desetljeća. Listovi su duguljasti, žutozeleni, kožasti, tvrdi i goli, dugi od 2 do 8 cm, širine od 1 do 1,5 cm [2]. Cvjetovi su jednospolni i dvodomni. Cvatu krajem zime, od veljače do travnja. Plodovi su bijele okruglaste bobice koje dozrijevaju zimi. Bijela imela je rasprostranjena u kontinentalnoj odnosno središnjoj Europi, zapadnoj Africi (tropski pojas) te sjevernoj i južnoj Americi [1]. Bijela imela ima tri podvrste: *Viscum album* L. ssp. *album* (bjelogorična bijela imela), *V. album* L. ssp. *abietis* (Wiesb.) Abrom. (jelina imela) i *V. album* ssp. *austriacum* (Wiesb.) (borova imela). Podvrste bijele imele razlikujemo prema vrstama domaćinima na kojima žive kao poluparaziti [1].

Listovi i cvjetovi imele su ljekoviti. Vršci grančica se beru na početku proljeća te se polagano suše. Biljka se koristila u različite svrhe u različitim kulturama: Grci i Rimljani su je koristili kao ljekovitu biljku, dok su je u Sjevernoj Americi koristili ceremonijalno. U Africi se danas smatra ljekovitom biljkom, pa je stoga koriste kao biljni lijek za liječenje bolesti poput dijabetesa, dizenterije, raka, prolijeva, upala, hipertenzije, kao i u liječenju kroničnih metaboličkih oboljenja [3, 4]. Njezini ekstrakti se koriste za liječenje pacijenata sa zloćudnim tumorima [5-7]. Važno je također nadodati da su čajevi i infuzije od imele korišteni za prevenciju i liječenje moždanog udara, te je također vrlo važan faktor u poboljšanju funkcije srca i krvožilnog sustava te same cirkulacije [8]. U istraživanju utjecaja afričke imele na metabolizam ugljikohidrata i masti, te utjecaja na regulaciju šećera u krvi pokazano je da metanolni ekstrakt pospješuje metabolizam ugljikohidrata i smanjuje hiperglikemiju [10]. Istraživanja su pokazala da kemijski sastav imele varira i ovisi o biljci domaćina [11,12]. Otkriveno je da uzorci bijele imele u tropskom afričkom području sadrže glavne katione: kalij, magnezij, te kalcij i natrij u različitim koncentracijama kao i flavonoide, tanine, fenolne skupine, alkalioide te saponine [12-14]. Mnogi pripravci

ekstrakata imele su komercijalno dostupni uključujući Isorel, Cefaleksin, Laktinol, Eurixol, Iscucin, Helixor, te Abnobaviscum koji se stavljaju na tržište kao pomoćna terapija u liječenju raka [15]. Mnogi europski znanstvenici, posebno istraživači u Njemačkoj proveli su brojna pretklinička i klinička istraživanja koristeći različite komercijalne i standardizirane proizvode ekstrakata bijele imele (*Viscum album* L.). Iscador M spezial i Iscador QU spezial koji sadrže velike količine proteina lektina i pokazuju antikarcinogeno djelovanje kod raka dojke [16]. Bijeljoj imeli (*Viscum album* L.) se također pripisuje snažno imunostimulativno i antimutageno djelovanje. Pored svega navedenog, imela djeluje kao potencijalno snažan antiepileptik, antipsihotik, sedativ, vazodilatator te snižava krvni tlak [17].

Vodeni ekstrakt bijele imele (*Viscum album* L.) pokazuje snažan redukcijski potencijal za redukciju iona srebra i proizvodnju nanočestica srebra korištenjem vrlo isplativih, čistih, netoksičnih te ekološki vrlo prihvatljivih metoda [18]. Pomoću vodenog ekstrakta bijele imele (*Viscum album* L.) se može provesti brza i jednostavna metoda za sintezu samih metalnih nanočestica. Sintetizirane nanočestice srebra dobivene pomoću bijele imele (*Viscum album* L.) se mogu okarakterizirati između ostalih metoda i FTIR spektroskopskom metodom [18].

Informacije o prisutnosti funkcionalnih skupina u različitim ekstraktima lista i grančica imele zapravo vidno nedostaju u suvremenim istraživanjima. Te bi funkcionalne skupine mogle biti odgovorne za različite mogućnosti primjene ove biljke. Stoga je i cilj ovog istraživanja otkriti moguće razlike među svježe ubranim biljkama i onima koji se nalaze u sastavu komercijalno dostupnih prerađevina (čajevi). Potreba za ovom studijom posljedica je već uočene razlike u kemijskom sastavu bijele imele zbog biokemijskih varijacija unutar vrsta, zemljopisnih položaja, te metoda ekstrakcija i korištenog otapala.

Infracrvena spektroskopija s Fourierovom transformacijom (eng. *Fourier transform infrared*, FTIR) metoda je za prepoznavanje različitih kemijskih vrsta (funkcionalnih skupina) prisutnih u spojevima, jer je interpretacijom spektara moguće odrediti kemijske veze u molekuli [19]. Korištenjem FTIR spektra moguće je potvrditi prisutnost funkcionalnog sastojka u danim dijelovima i identificirati ljekovite tvari iz uzorka, pa čak i procijeniti kvalitete ljekovitih materijala [19]. Kako bi se identificirale moguće prisutne skupine u uzorcima bijele imele metodom FTIR spektroskopije provedena su slijedeća istraživanja u ovom radu: u prvoj fazi istraživanja je analiziran prethodno usitnjen i osušen izvorni biljni materijal s različitih lokacija Republike Hrvatske, a zatim je isti taj biljni materijal analiziran u različitim otapalima (etanol, metanol, voda) u rasponu valnih duljina

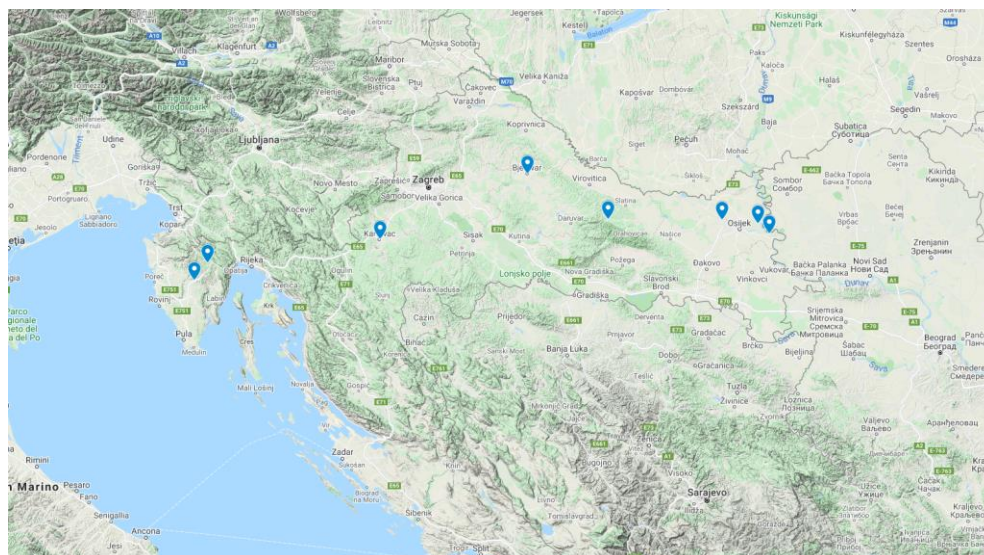
od 400 do 4000  $\text{cm}^{-1}$ . U drugom dijelu su uspoređeni dobiveni rezultati grafički, tablično i uz pomoć metode analize glavnih komponenata (PCA).

### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1. Prikupljanje uzoraka

U ovom eksperimentu prikupljeni su uzorci imele s 8 različitih lokacija Republike Hrvatske koje su označene na slici 1. Lokacije na kojima su prikupljeni uzorci su: Aljmaš (45°31'44"N 18°57'04"E), Petrijevci (45°37'N 18°32'E), Voćin (45°37'N 17°33'E), Koprivnica (46°10'N 16°50'E), Bjelovar (45°55'N 16°50'E), Karlovac (45°30'N 15°32'E), Hum u Istri (45°20'53"N 14°02'53"E) i Pazin (45°14'N 13°56'E). Područje Aljmaša, Petrijevaca, Voćina, Koprivnice, Bjelovara i Karlovca karakterizira umjereno topla i vlažna klima s toplim ljetom, dok područje Huma u Istri i Pazina karakterizira umjereno topla i vlažna klima s vrućim ljetom. Svježi uzorci prikupljeni su u jesen 2020. godine na području Aljmaša, Petrijevaca, Karlovca, Huma u Istri i Pazina.

U svrhu daljnjih analiza iz svakog svježeg pripremljenog uzorka odvojeni su listovi od grančica (slika 2.). Uzorci iz Koprivnice, Bjelovara i Voćina su u obliku čajne smjese koja je bila komercijalno dostupna. Uzorak čajne smjese iz Voćina nije bio usitnjen stoga je bilo moguće odvojiti grančice od listova.



Slika 1. Geografski prikaz lokacija unutar Republike Hrvatske s kojih su prikupljeni uzorci

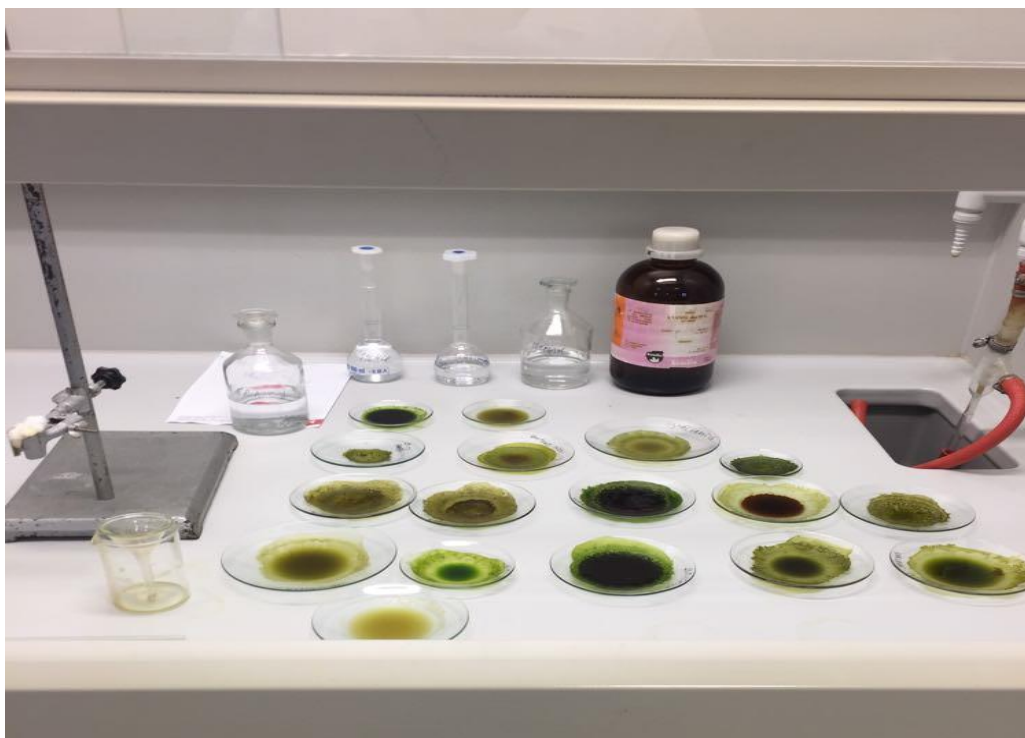
### 3.2. Ekstrakcija i pripremanje uzoraka

Za što učinkovitiju fitokemijsku analizu imele, bilo je potrebno pripremiti uzorke imele u različitim otapalima. Odabrana su otapala: etanol, metanol i voda. Rezultati analize u ekstraktima uspoređeni su međusobno i sa suhim uzorkom. Svi uzorci (osim uzoraka čajeva) najprije su osušeni na zraku na hladnom i zračnom mjestu, odnosno mjestu sa stalnim dotokom svježeg zraka, a potom usitnjeni do praha. (slika 3.)



Slika 2. Prikaz osušenih listova, grančica imele i uzorak čaja

Za pripravu uzorka imele u etanolu i metanolu na 1,76 grama suhog tkiva dodano je 10 mL otapala. Uzorci su u otapalima ostavljeni tri dana na sobnoj temperaturi, poslije čega su filtrirani. Dobiveni filtrat ostavljen je na zraku. Nakon 24 sata dobiven je ekstrakt koji je korišten za daljnju analizu metodom FTIR spektroskopije. Priprema ekstrakta u vodi vršila se na način da je na 1 gram usitnjenog uzorka dodano 10 mL deionizirane vode poslije čega je uzorak zagrijavan uz miješanje na 90°C u trajanju od 4 sata.



Slika 3. Sušenje ekstrahiranih uzoraka imele u laboratorijskom digestoru

### 3.3. Kvalitativne metode analize

Provedena je kvalitativna analiza na listovima i grančica imele prema standardnim metodama opisanim u literaturi [14]. Vodeni ekstrakti listova i grančica imele analizirani su na prisustvo kumarina, tanina, flavonoida, alkaloida i saponina. Test na alkaloide proveden je Hagerovim reagensom, prisustvo tanina ispitano je  $\text{FeCl}_3$  testom, test na kumarin proveden je 10% otopinom  $\text{NaOH}$ , dok je test na flavonoide proveden uz pomoć otopina  $\text{NaOH}$  i  $\text{HCl}$ . Test na saponine urađen je na način da je na 1 ml vodenog ekstrakta biljke dodan 1 ml  $\text{H}_2\text{O}$  nakon čega je sadržaj epruvete više puta snažno promućkan. Pojava pjene ukazuje na prisustvo saponina.



### 3.4. Fourierova transformirana infracrvena spektroskopija (FTIR)

Fourierova transformirana infracrvena spektroskopija (FTIR) učinkovita je metoda za analizu biološkog materijala. Ova tehnika predstavlja brzu, jeftinu i prilično neinvazivnu metodu dobivanja kemijske značajke biološkog uzorka. Omogućuje identifikaciju glavnih funkcionalnih skupina i kemijskih veza, pružajući tako informacije o biokemijskim spojevima prisutnih u uzorku [20]. U FTIR analizi, kvaliteta dobivenih spektara ovisi o pravilnom odabiru tehnike uzorkovanja i o metodi pripreme uzoraka, gdje također priprema uzoraka uključuje način čuvanja materijala [21]. Za snimanje IR spektara priređenih spojeva u priređenim uzorcima u različitim otapalima na kojima se bazira ovo istraživanje na Odjelu za kemiju na Sveučilištu Josipa Juraja Strossmayera u Osijeku, korišten je FTIR-8400s SHIMADZU spektrofotometar koji je prikazan na slici 4. Za snimanje spektara 3 mg uzorka pomiješano je s 100 mg kalijeva bromida (KBr). Snimanje se izvodilo na sobnoj temperaturi i u spektralnom rasponu od 400 do 4000  $\text{cm}^{-1}$ , korak je iznosio 2  $\text{cm}^{-1}$ , a praćena je transmitancija. Napravljena je korekcija bazne linije.



Slika 4. FTIR spektrofotometar u istraživačkom laboratoriju, Odjelu za kemiju, Sveučilište Josipa Juraja Strossmayera u Osijeku

### 3.5. Analiza glavnih komponenata (*Principal Component Analysis; PCA*)

Uobičajene metode univarijantne analize podataka (osnovna statistika) ne pružaju dovoljno mogućnosti za analizu višestrukih opažaja. Multivarijantne metode analize metode su koje se bave analizom većeg broja varijabli na više uzoraka. Kompleksni rezultati kemijskih i fizikalnih analiza ostaju na razini izmjerenih vrijednosti sve dok se ne prouče njihove međusobne relacije, značajnost i povezanost. Mogućnosti analize glavnih komponenata opisao je prvi Karl Pearson 1901., ali je Hotelling 1933. razvio praktične metode [22]. Analiza glavnih komponenata metoda je formiranja novih, sintetskih varijabli koje su linearna kombinacija izvornih varijabli, pri čemu nove varijable nisu međusobno korelirane. Podatkovnu matricu ( $p \times n$ ) za analizu glavnih komponenata čine  $p$ -varijabli (u ovom diplomskom radu valne duljine odabranih maksimuma) i  $n$ - opažaja (u ovom diplomskom 8 uzoraka). Cilj analize je dobivanje  $p$ -linearnih kombinacija izvornih varijabli koje se nazivaju glavne komponente (engl. *Principal Components, PCs*) i koje nose u sebi većinu informacija. Općenito:

$$PC_i = l_{1i}X_1 + l_{2i}X_2 + \dots + l_{ni}X_n \quad (1)$$

gdje  $PC_i$  označava  $i$ -tu glavnu komponentu, a  $l_{ji}$  faktorsko opterećenje varijable  $X_j$ . [23]

Podaci su obrađeni uz pomoć paketa Statistika 13.5.0.17.

## 4. REZULTATI

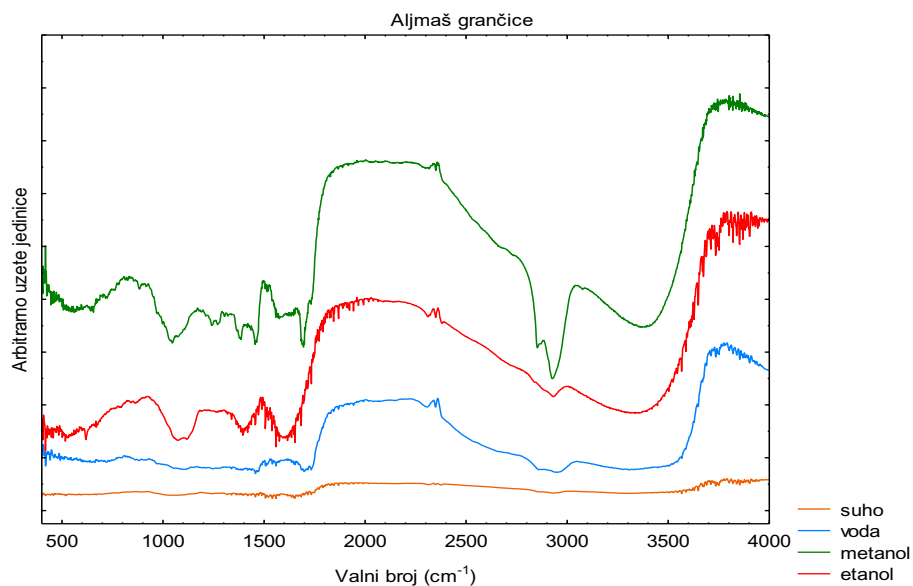
Metoda FTIR spektroskopije je jedna od najvažnijih metoda za identifikaciju različitih vrsta funkcionalnih skupina prisutnih u biljkama. Interpretacijom IR spektra, moguće je odrediti kemijske veze u molekulama. FTIR spektri uzoraka imele prikazani su na slikama od 5. do 19., a njihove glavne vrpce i moguće funkcionalne skupine dobivene metodom FTIR spektroskopije sažete su u tablicama 2. do 15. U tablicama su navedene oznake jakosti maksimuma: *w-weak*, *m-medium*, *s-strong*. Simbolom (\*) označena je vrpca koja se na nekim spektrima pojavljivala na oko  $2100\text{ cm}^{-1}$ . U priloženim grafovima moguće je analizirati karakteristične vrpce za 3 različita otapala (metanol, etanol, voda) i izvršena je usporedba s prethodno usitnjenim suhim uzorcima imele. Rezultati kvalitativnih analiza ukazali su prisustvo polifenola, alkaloida, flavonoida i saponina u vodenim ekstraktima grančica i listova imele. Isti rezultat dobiven je i u vodenim ekstraktima čajeva. Na slikama je vidljiv velik broj vrpca u području od  $400$  do  $4000\text{ cm}^{-1}$  što ukazuje na velik broj komponenata (proteini, lipidi, ugljikohidrati).

Tablica 1. Tablični prikaz klasifikacije glavnih vrpce po valnim duljinama i identifikacija istih u kemijske skupine i područja

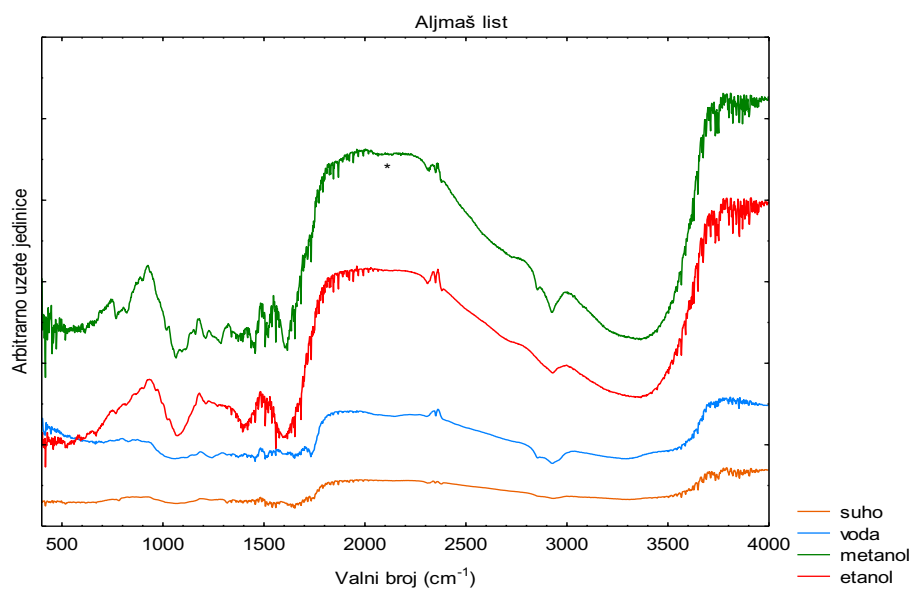
<b>Redni broj vrpce</b>	<b>Skupina i područje</b>	<b>**Literaturne vrijednosti</b>	<b>*Valni broj</b>
I	Supstituirani aromatski spojevi	889.9	(879.7-805.1) Aromati (C-H; C-Cl; C-Br;C-I)
II	Polisaharidi	1062	1043.7 (Eter (C=O)) 1088.4 (Amini (C-N))
III	Amidi IV	1238	1274 (Karbonilna grupa(C-O))
IV	Amidi III	1457	1453.7-1420.1 (Aromati(C=C))
V	Amidi II	1540	-
VI	Amidi I	1647	1654 (Amid (C=O))
VII	Lipidi	2855	2929.7- 2885.0 (Alkil(-CH <sub>3</sub> ))
VIII	Lipidi	2926	2974.4 (Alkohol(O-H))
IX	Proteini	3269	3324.8 (Alkohol (O-H))

\*Lit. [14] \*\*Lit. [24]

#### 4.1. Grafički i tablični prikazi FTIR spektara uzoraka imele



Slika 5. FTIR spektri grančica imele s područja Aljmaša (etanol, metanol i voda u usporedbi sa suhim uzorkom)



Slika 6. FTIR spektri listova imele s područja Aljmaša (etanol, metanol i voda u usporedbi sa suhim uzorkom)

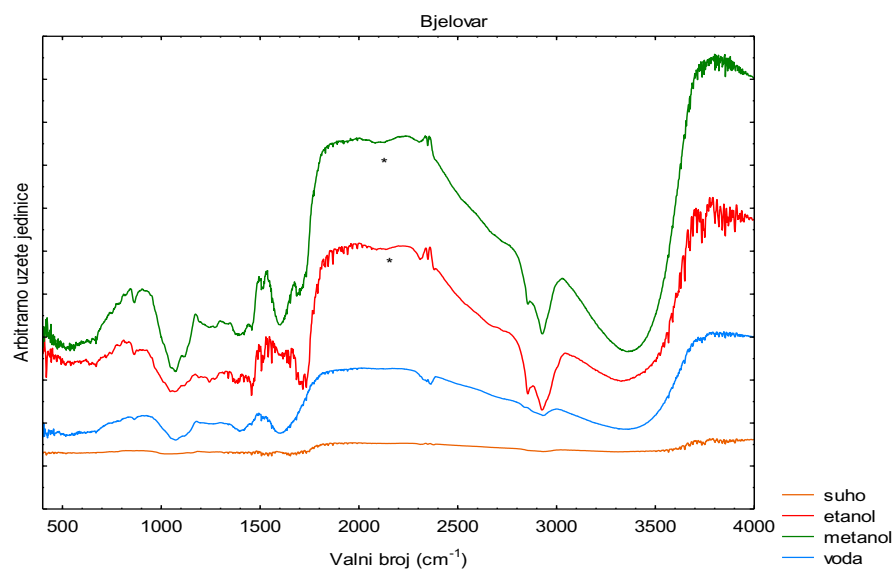
Tablica 2. Tablični prikaz valnih duljina vrpce grančica imele prikupljenih na području Aljmaša

Dio spektra	Suhi uzorak (cm <sup>-1</sup> )	Voda (cm <sup>-1</sup> )	Etanol (cm <sup>-1</sup> )	Metanol (cm <sup>-1</sup> )
I	-	-	523(m); 619(s)	875(w)
II	1030 (w)	-	1074(s)	1045(s)
III	-	-	1117(w)	1240(w) 1271(w)
IV	1314-1480 (w)	1451(m)	1394 (s)	1452(s)
V	1507-1562)(w)	1513-1562(w)	1597(s)	-
VI	1655 (w)	1694(m)	-	1688(s)
VII	-	2847 (w)	-	2852(m)
VIII	2940 (w)	2950 (w)	2929(w)	2924(s)
IX	-	-	3357 (s)	3400(s)

*w-weak, m-medium; s-strong*

Tablica 3. Tablični prikaz valnih duljina vrpce listova imele prikupljenih na području Aljmaša

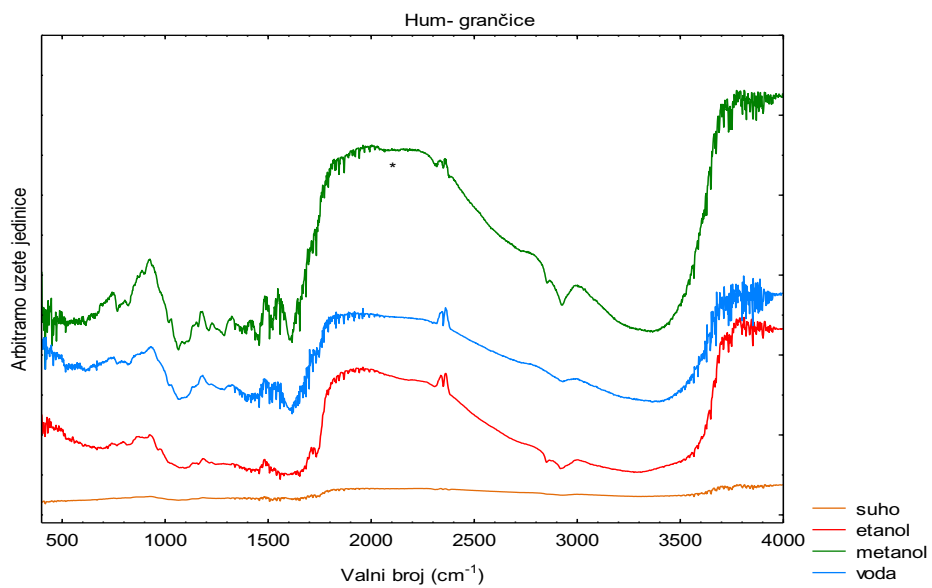
Dio spektra	Suhi uzorak (cm <sup>-1</sup> )	Voda (cm <sup>-1</sup> )	Etanol (cm <sup>-1</sup> )	Metanol (cm <sup>-1</sup> )
I	784 (w)	-	671(w)	521,759, 820
II	1064 (m)	1056 (m)		1058
III	1320 (w)	1238 (w)	-	1207 (w) 1290(w)
IV	-	-	1389 (s)	1456(s) 1499 (s)
V	-	1510 (w)		1556(s)
VI	1638 (w)	1653 (w) 1736 (w)	1603(s)	1620 (m)
VII	-	2846 (w)	-	*2100(w); 2843(w)
VIII	2929 (w)	2936 (w)	2936 (m)	2920(s)
IX	-	3299 (w)	3359 (s)	3365(s)



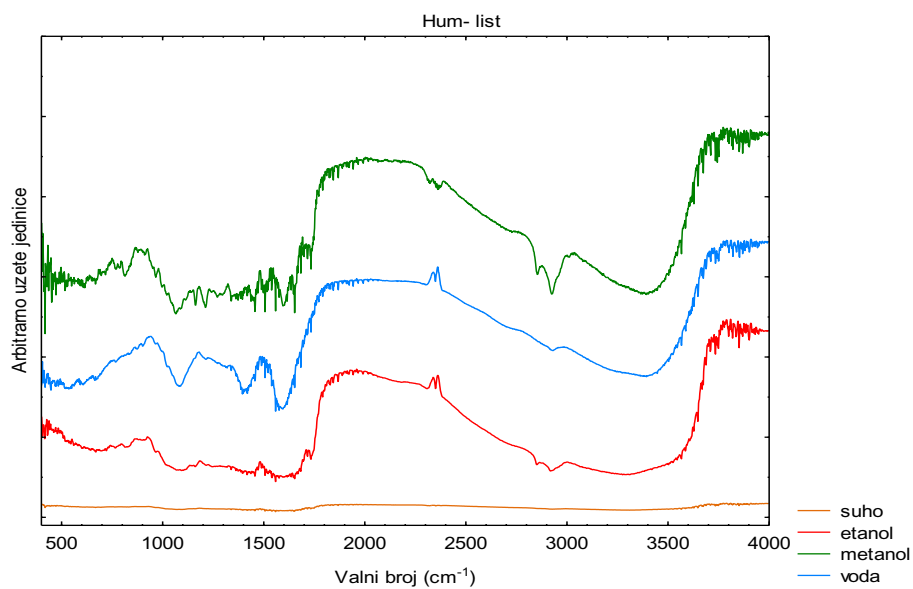
Slika 7. FTIR spektri uzoraka čaja od imele s područja Bjelovara ( etanol, metanol i voda u usporedbi sa suhim uzorkom)

Tablica 4. Tablični prikaz valnih duljina vrpci u uzorku čaja od imele (Bjelovar)

Dio spektra	Suhi uzorak (cm <sup>-1</sup> )	Voda (cm <sup>-1</sup> )	Etanol (cm <sup>-1</sup> )	Metanol (cm <sup>-1</sup> )
I	-	-	-	868(m)
II	1000(m)	1066(s)	1075(m)	1068(s)
III	-	-	-	-
IV	-	1402(m)	1457(m)	1400(w)
V	1503(m)	1599(s)	1512(m)	1512(w)
VI	1648(m)	-	1719(m)	1602(s), 1688(w)
VII	-	2359	*2100(w); 2851(w)	*2100 (w); 2851(w)
VIII	2932(m)	2932(w)	2930(w)	2922(s)
IX	-	3354(s)	3336(s)	3361(s)



Slika 8. FTIR spektri grančica imele s područja Huma (etanol, metanol i voda u usporedbi sa suhim uzorkom)



Slika 9. FTIR spektri listova imele s područja Huma (etanol, metanol i voda u usporedbi sa suhim uzorkom)

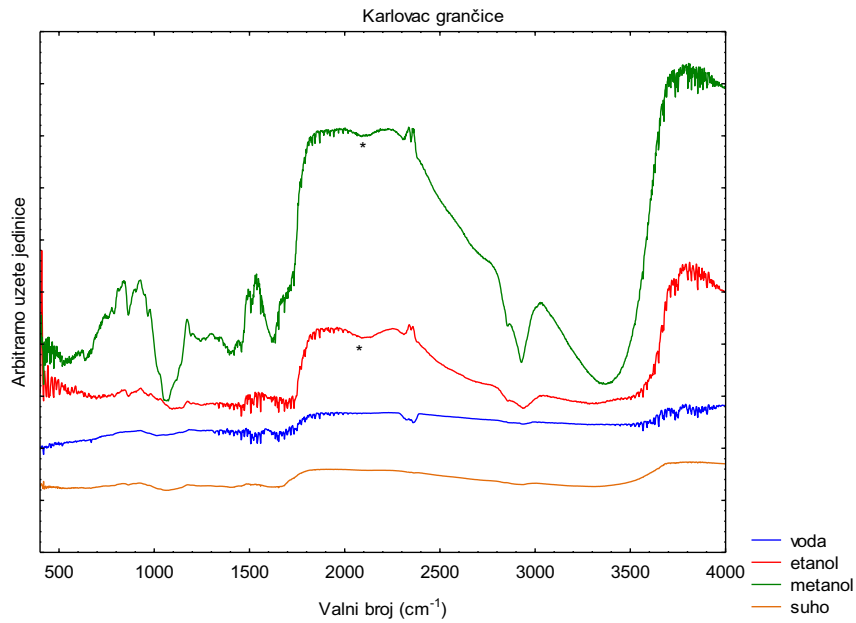


Tablica 5. Tablični prikaz valnih duljina vrpce kod grančica imele prikupljenih na području Huma

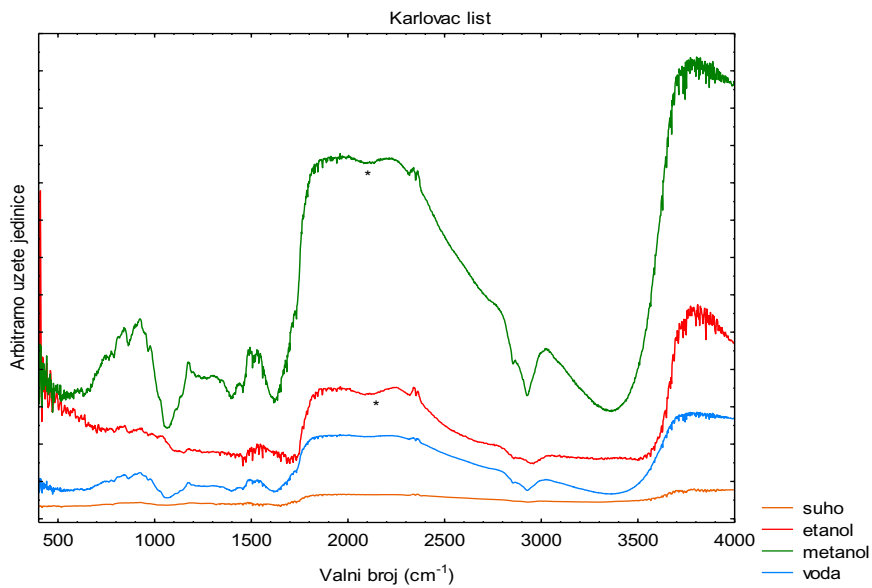
Dio spektra	Suhi uzorak (cm <sup>-1</sup> )	Voda (cm <sup>-1</sup> )	Etanol (cm <sup>-1</sup> )	Metanol (cm <sup>-1</sup> )
I	-	-	-	-
II	1061(m)	1068(m)	1084(w)	1064(s)
III	-	-	-	-
IV	-	1457(w)	-	-
V	1524 (w)	1502((w)	-	1502(s), 1547(s)
VI	1644 (w)	1622 (s)	1603(w)	1608(s)
VII	-	-	2840(w)	*2075(w) 2853(w)
VIII	2930(w)	2930(w)	2922(m)	2928(s)
IX	-	3386(m)	3296(w)	3377(s)

Tablica 6. Tablični prikaz valnih duljina vrpce listova imele prikupljenih na području Huma

Dio spektra	Suhi uzorak (cm <sup>-1</sup> )	Voda (cm <sup>-1</sup> )	Etanol (cm <sup>-1</sup> )	Metanol (cm <sup>-1</sup> )
I	-	548(w), 667(w)	830(w)	815(m)
II	1095(m)	1089(s)	1097(w)	1067(m), 1156(w)
III	-	-	-	1200(w)
IV	-	1393(s)	1445	1452(w)
V	-	1600((s)	-	1504(m), 1593(m)
VI	1627(m)	-	1727(w)	-
VII	-	-	-	2365, 2706
VIII	2909(w)	2920(w)	2846(w), 2920(m)	2854(w), 2913(s)
IX	-	3402(m)	3306(s)	3402(s)



Slika 10. FTIR spektri grančica imele s područja Karlovca (etanol, metanol i voda u usporedbi sa suhim uzorkom)



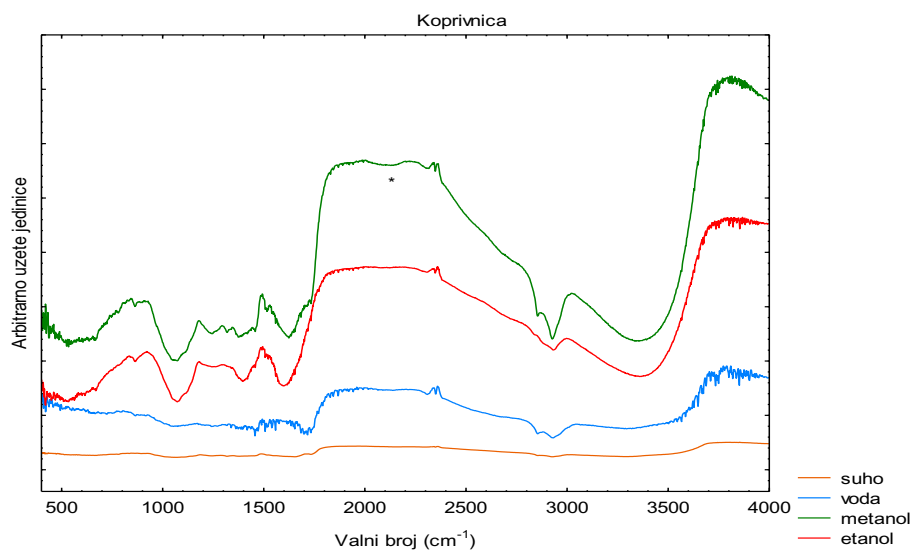
Slika 11. FTIR spektri listova imele s područja Karlovca (etanol, metanol i voda u usporedbi sa suhim uzorkom)

Tablica 7. Tablični prikaz valnih duljina vrpce grančica imele prikupljenih na području Karlovca

Dio spektra	Suhi uzorak (cm <sup>-1</sup> )	Voda (cm <sup>-1</sup> )	Etanol (cm <sup>-1</sup> )	Metanol (cm <sup>-1</sup> )
I	859(w)	-	875(w)	636(m), 865(m)
II	1071(w)	1016(m)	-	1063(s)
III	-	-	-	-
IV	1410(w)	1458(m)	-	1465(m)
V	-	1520-1544(w)	1500(w);1544(w)	1505(s)
VI	1655(w)	1655(m)	1647-1686(w)	1615(s)
VII	-	-	*2100(w)	*2080(w)
VIII	2923(w)	2923(w)	2868(w), 2939(m)	2853(w), 2931(s)
IX	-	-	-	3365(s)

Tablica 8. Tablični prikaz valnih duljina vrpce listova imele prikupljenih na području Karlovca

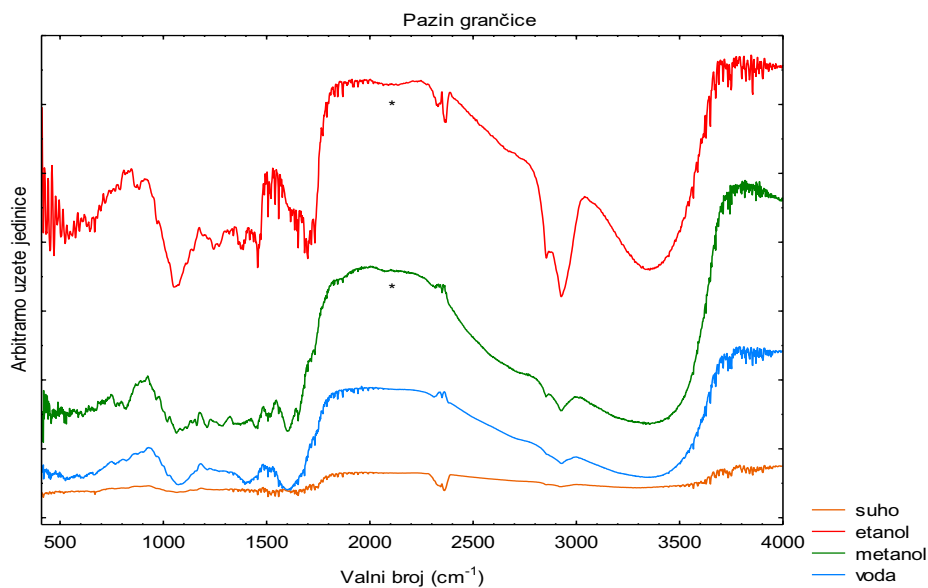
Dio spektra	Suhi uzorak (cm <sup>-1</sup> )	Voda (cm <sup>-1</sup> )	Etanol (cm <sup>-1</sup> )	Metanol (cm <sup>-1</sup> )
I	784(w)	800(w), 865(m)	-	862(m)
II	1070(m)	1068(s)	-	1054(s)
III	1315(m)	-	-	1394(s)
IV	-	1395(s)	1453(w)	1452(w)
V	1519(w), 1543(w), 1559(w)	-	1506(w); 1561(w)	-
VI	1649(w)	1625(s)	1657(w)	1618(s)
VII	2866(w)	2850(w); *2094(w)	*2099(w)	*2084(w); 2858(w)
VIII	2931(m)	2923(s)	2956(m)	2914(s)
IX	-	3364(s)	-	3362(s)



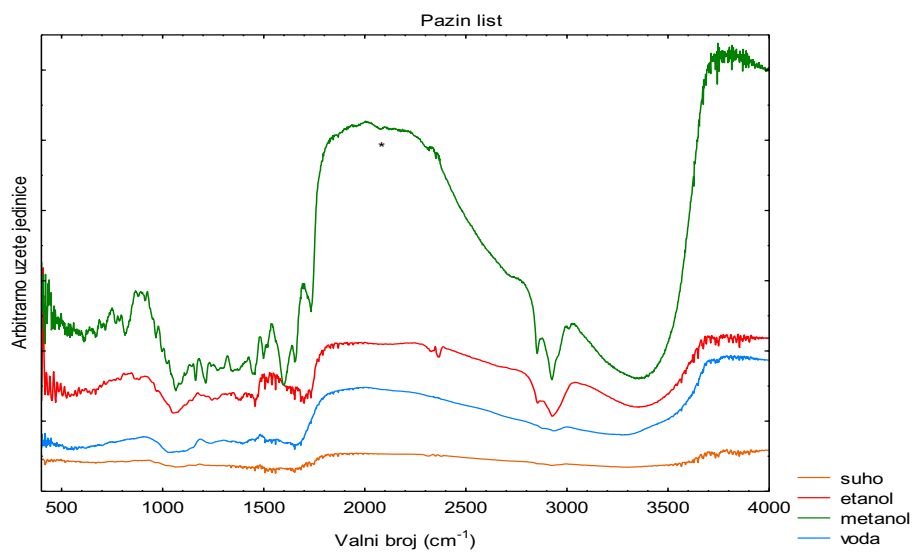
Slika 12. FTIR spektri uzoraka čaja od imele s područja Koprivnice (etanol, metanol i voda u usporedbi sa suhim uzorkom)

Tablica 9. Tablični prikaz valnih duljina vrpci u uzorku čaja od imele (Koprivnica)

Dio spektra	Suhi uzorak (cm <sup>-1</sup> )	Voda (cm <sup>-1</sup> )	Etanol (cm <sup>-1</sup> )	Metanol (cm <sup>-1</sup> )
I	-	854(w)	870(w)	854(m)
II	1055(s)	1066(s)	1068(s)	1066(s)
III	1240(m), 1316(w)	1246(m)	-	1254(m), 1316(w), 1372(m)
IV	-	1458(s)	1393(s)	1458(w)
V	-	1505(s), 1544(s), 1568(s)	1605(s)	1511(w)
VI	1656(s), 1733(m)	1709(s)	-	1622(s)
VII	2843(w)	*2120(w); 2861(m)	2841(w)	*2099(w); 2845(w)
VIII	2928(s)	2924(s)	2931(s)	2924(s)
IX	-	3300(w)	3371(s)	3339(s)



Slika 13. FTIR spektri grančica imele s područja Pazina (etanol, metanol i voda u usporedbi sa suhim uzorkom)



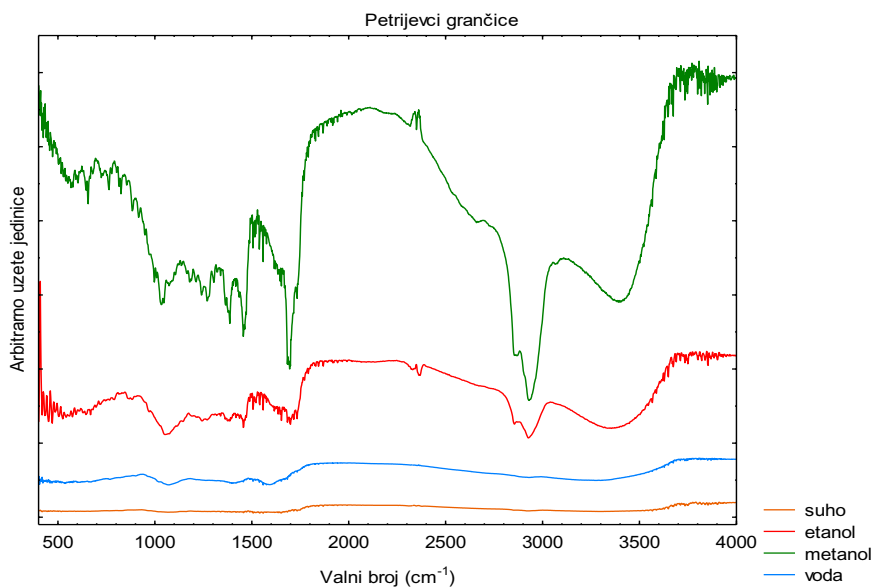
Slika 14. FTIR spektri listova imele s područja Pazina (etanol, metanol i voda u usporedbi sa suhim uzorkom)

Tablica 10. Tablični prikaz valnih duljina vrpce grančica imele prikupljenih na području Pazina

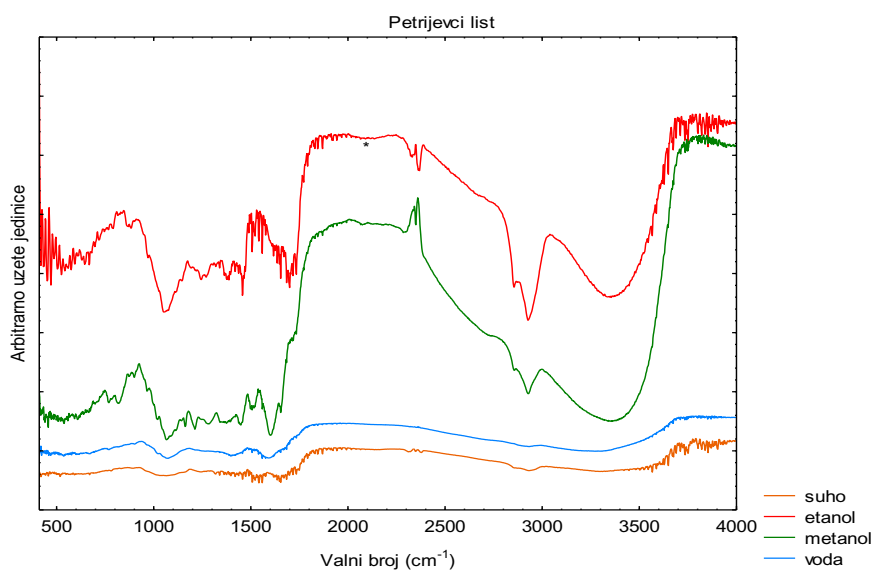
Dio spektra	Suhi uzorak (cm <sup>-1</sup> )	Voda (cm <sup>-1</sup> )	Etanol (cm <sup>-1</sup> )	Metanol (cm <sup>-1</sup> )
I	670(m)	605(m)	884(w)	816(m)
II	1053(s)	1066(s)	1058(s)	1066(s)
III	-	1391(s)	1240(m), 1386(m)	1215(m)
IV	1460(m)	1495(m)	1472(s)	1459(m)
V	1508(m)	-	1508(s) 1545(s)	1505 (m)
VI	1654(m)	1608(s)	1654(s) 1695(s)	1603(s) 1663(w)
VII	2847(w)	*2118(w)	*2100(w)	*2071(w)
VIII	2920(s)	2934(s)	2847(w), 2934(s)	2858(w) 2927(s)
IX	-	3369(s)	3356(s)	3365(s)

Tablica 11. Tablični prikaz valnih duljina vrpce listova imele prikupljenih na području Pazina

Dio spektra	Suhi uzorak (cm <sup>-1</sup> )	Voda (cm <sup>-1</sup> )	Etanol (cm <sup>-1</sup> )	Metanol (cm <sup>-1</sup> )
I	829(w)	770(w)	-	617(w) 818(m)
II	1059(s)	1048(s)	1051(m)	1065(m) 1165(m)
III	-	1240(m) 1328(w)	-	1213(m)
IV	1462(m)	1456(w)	1456(m)	1450(m) 1497(m)
V	1506, 1562(m)	-	1517(m), 1558(m)	-
VI	1644(s)	1640(s)	1698(m)	1600(s) 1666(m) 1734(s)
VII	2856(w)	2878(w)	2843(w)	2856(w)
VIII	2914(m)	2914(m)	2931(s)	2917(s)
IX	-	3294(s)	3357(s)	3343(s)



Slika 15. FTIR spektri grančica imele s područja Petrijevaca (etanol, metanol i voda u usporedbi sa suhim uzorkom)



Slika 16. FTIR spektri listova imele s područja Petrijevaca (etanol, metanol i voda u usporedbi sa suhim uzorkom)

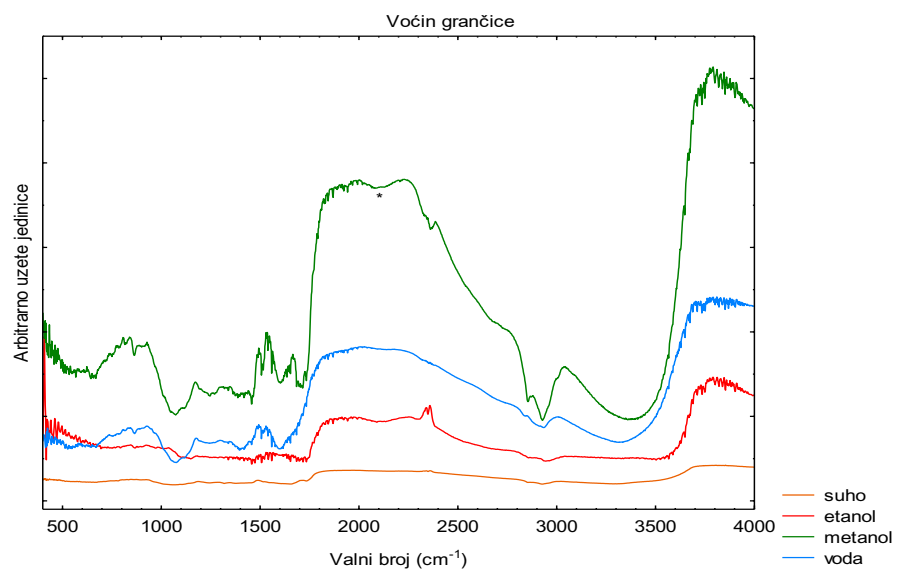
Tablica 12. Tablični prikaz valnih duljina vrpce grančica imele prikupljenih na području Petrijevac

Dio spektra	Suhi uzorak (cm <sup>-1</sup> )	Voda (cm <sup>-1</sup> )	Etanol (cm <sup>-1</sup> )	Metanol (cm <sup>-1</sup> )
I	-	-	-	652(w) 764(w) 836(w)
II	1067(m)	1066(s)	1058(s)	1035(m) 1178(w)
III	-	1395(s)	-	1242(w) 1260(m) 1385(s)
IV	-	-	1465(m)	1457(s)
V	-	1591(s)	1513(m) 1551(m)	-
VI	1646 (w) 1719(w)	-	1646(m) 1680- 1740(w)	1696(s)
VII	2842(w)	-	2845(w)	2858(w)
VIII	2921(m)	2921(w)	2916(s)	2930(s)
IX	-	3308(m)	3362(s)	3392(s)

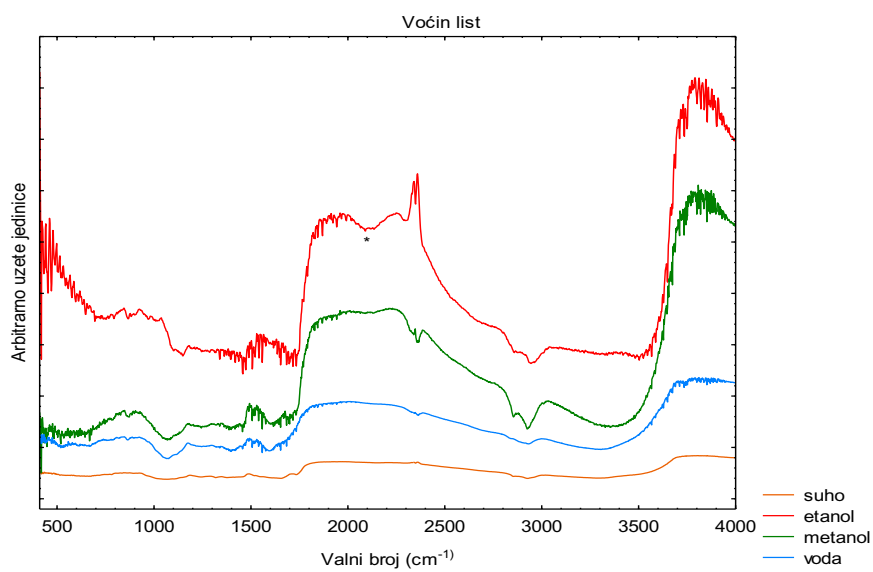
Tablica 13. Tablični prikaz valnih duljina vrpce listova imele prikupljenih na području Petrijevac

Dio spektra	Suhi uzorak (cm <sup>-1</sup> )	Voda (cm <sup>-1</sup> )	Etanol (cm <sup>-1</sup> )	Metanol (cm <sup>-1</sup> )
I	-	776(w)	766(m) 813(m)	871(w)
II	1056(s)	1066(s)	1073(m) 1164(m)	1058(s)
III	1238(w)	1387(s)	1212(m)	1238(w) 1371(w)
IV	1448(m)	-	1450(m)	1456(m)
V	1508(m) 1555(m)	1591(s)	1514(w) 1599(s)	1513(m) 1551(m)
VI	1651(m)	-	1654(w)	1653(m) 1695(m)
VII	-	-	*2072(w) 2853(w)	*2077(w) 2853(w)
VIII	2932(m)	2916(w)	2931(s)	2931(s)
IX	-	3276(m)	3363(s)	3363(s)





Slika 17. FTIR spektri grančica imele s područja Voćina (etanol, metanol i voda u usporedbi sa suhim uzorkom)



Slika 18. FTIR spektri listova imele s područja Voćina (etanol, metanol i voda u usporedbi sa suhim uzorkom)

Tablica 14. Tablični prikaz valnih duljina vrpce grančica imele prikupljenih na području Voćina

Dio spektra	Suhi uzorak (cm <sup>-1</sup> )	Voda (cm <sup>-1</sup> )	Etanol (cm <sup>-1</sup> )	Metanol (cm <sup>-1</sup> )
I	667	861(m)	-	861(m)
II	1054(w)	1076(s)	-	1068(m)
III	1313(w)	1392(m)	-	1250(m)
IV	-	-	1457(w) 1477(w)	1457(m)
V	-	1593(s)	1554(w)	1504(m) 1569(m)
VI	1650(w) 1722(w)	-	1650- 1763(w)	1600(s) 1743(w)
VII	2856(w)	2834(w)	*2109(w) 2862(w)	2090(w) 2856(w)
VIII	2935(w)	2928(m)	2949(w)	2928(s)
IX	-	3315(s)	-	3380(s)

Tablica 15. Tablični prikaz valnih duljina vrpce listova imele prikupljenih na području Voćina

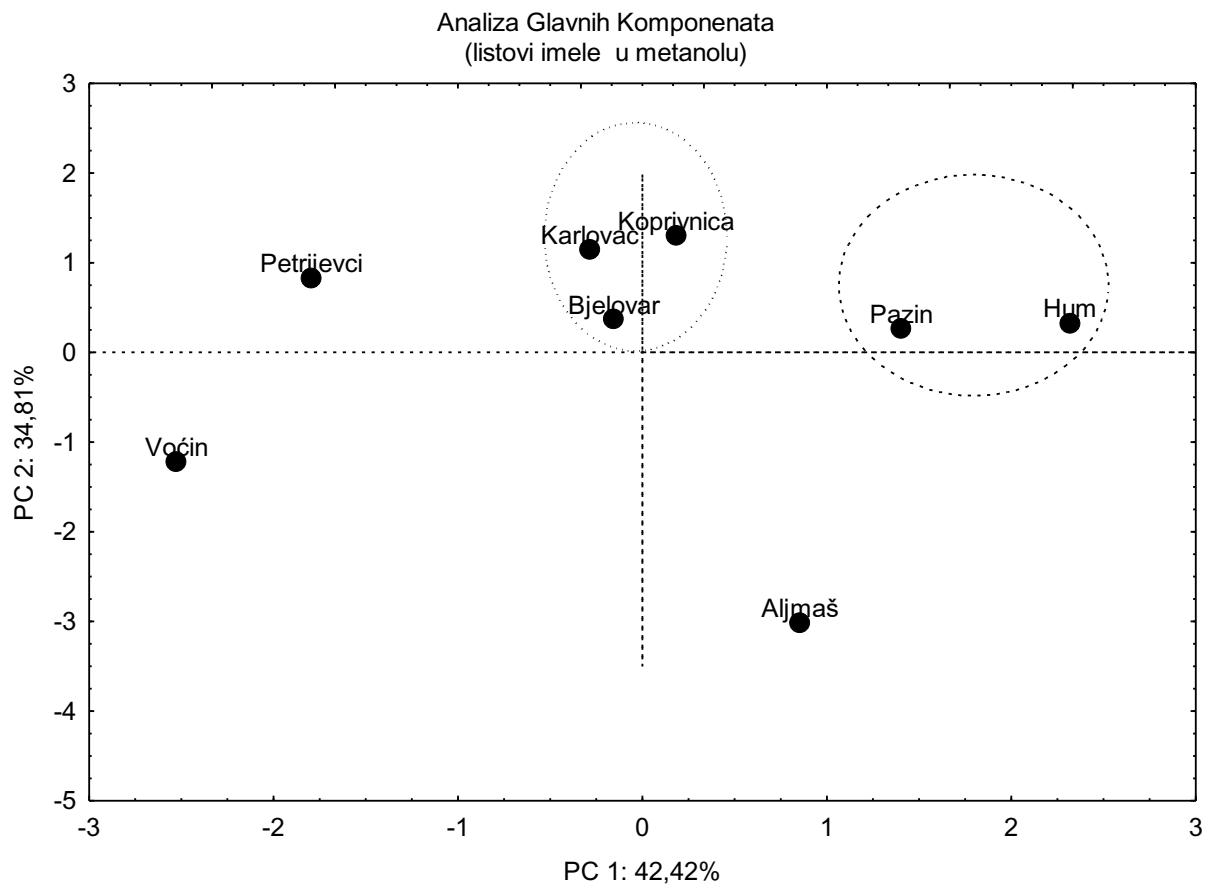
Dio spektra	Suhi uzorak (cm <sup>-1</sup> )	Voda (cm <sup>-1</sup> )	Etanol (cm <sup>-1</sup> )	Metanol (cm <sup>-1</sup> )
I	-	860(m)	-	857(m)
II	1052(s)	1057(s)	1155(w)	1069(s)
III	1252(m) 1321(m)	1396(s)	-	-
IV	-	-	1423(w) 1452(w)	1452(w)
V	-	1597(s)	1512(w) 1557(w)	1505 1549(w)
VI	1665(s)	-	1649 1728(w)	-
VII	2841(w)	-	*2101(w) 2861(w)	-
VIII	2937(m)	2937(s)	2942(m)	2861, 2928
IX	-	3307(s)	-	3390

## 4.2. Rezultati analize glavnih komponentata

Metoda analize glavnih komponentata primijenjena je kako bi se utvrdile međusobne sličnosti, odnosno razlike među prikupljenim uzorcima imele s obzirom na zemljopisno podneblje (Istra, Središnja Hrvatska, Istočna Hrvatska) i vrstu analiziranih uzoraka (svježe ubrana imela, isti dan stavljena na sušenje/gotova čajna mješavina listova imele).

Podatkovna matrica je sačinjena na način da su nakon analize svih spektara (voda, etanol, metanol) zbog svoje jasnoće i intenziteta odabrani podatci iz spektara listova imele u metanolu. Mogućnost upotrebe cjelokupnih spektara (od 400 do 4000  $\text{cm}^{-1}$ ) za analizu je zbog svoje kompleksnosti u potpunosti odbačena. Umjesto toga, odabrano je šest karakterističnih vrpca, nakon čega su valni brojevi istih sačinjavali stupce podatkovne matrice dok su retke činili svi prikupljeni uzorci. Analiza glavnih komponentata provedena je bez naknadne rotacije faktora. Rezultat analize glavnih komponentata prikazan je na slici 19.

Za prikaz rezultata analize glavnih komponentata bile su dovoljne dvije glavne komponente, prva (PC1, *Principal Components*) koja je u sebi sadržavala 42,42% informacija i druga (PC2) koja je sadržavala 34,81% informacija (ukupno 77%), što je bilo sasvim dovoljno za uspješno objašnjenje rezultata. Sa slike br.19 moguće je razlikovati tri skupine; prvu čine lokacije Hum i Pazin, drugu čine Karlovac, Bjelovar i Koprivnica, dok treću skupinu lokacija čine Voćin, i Petrijevc. Aljmaš predstavlja zasebnu skupinu, točnije jednočlani klaster u potpunosti različit od ostalih uzoraka.



Slika 19. Rezultati analize glavnih komponentata za uzorke imele s različitih lokacija Republike Hrvatske.

## 5. RASPRAVA

Budući da su biljke izvor niza farmakološki aktivnih tvari, njihova je upotreba na ovim prostorima u obliku čajnih pripravaka, gotovih lijekova (Iscador npr.) ili u obliku žestokih pića od imele. U ovome radu uz pomoć FTIR spektroskopije istražena je molekulska struktura različitih uzoraka i dijelova imele s različitih lokacija Republike Hrvatske, točnije s područja od Istočne Slavonije do Istre. Svježe ubrani, pa potom osušeni dijelovi imele (listovi i grančice) uspoređeni s komercijalno dostupnim proizvodima (čajevima) koji su ubrani i osušeni prethodne sezone. Istraživanja karakterističnih skupina metodom FTIR spektroskopije u biljkama koje je moguće primjenjivati za medicinsku primjenu, a posebice na bijeloj imeli (*Viscum album L.*) na području Hrvatske, iznimno su rijetka. Pregled literature i znanstvenih radova s područja Republike Hrvatske ukazuje na činjenicu da se dosadašnji radovi odnose uglavnom na biologiju, morfologiju i patologiju bijele imele na drveću [25][26] i upotrebu komercijalno dostupnih pripravaka u antitumorskoj terapiji [27]. Smatra se da u medicinske svrhe najbolje mogu poslužiti etanolni i metanolni ekstrakti koji omogućavaju postizanje najvećih koncentracija bioaktivnih tvari. Uočeno je da metanolni ekstrakti pokazuju hepatoprotektivnu aktivnost protiv hepatotoksičnosti ugljikovog tetraklorida kod štakora [28]. Rezultati većine istraživanja koja su se bavila proučavanjima vodenih ekstrakata imele ukazali su na prisutnost proteina koji se obično klasificiraju u skupinu viktoksina i lecitina imele. Međutim, fitokemijska istraživanja na uzorcima imele otkrila su i prisustvo drugih važnih farmakoloških spojeva. Iako se antitumorski potencijal uglavnom pripisuje prisutnosti metabolita topljivih u vodi, uporaba etanola kao otapala dopušta i ekstrakciju antitumorskih farmakoloških spojeva [15]. Međutim, na tržištu postoji nekoliko gotovih vodenih pripravaka biljnih ekstrakata imele koji se razlikuju samo u postupku ekstrakcije kao što su: Abnoba, Helixor, Ishador, Iscucin, Eurixor i Lecitinol.

Rezultati istraživanja na biljci *Erythrina variegata L.* ukazala su na postojanje značajnijih razlika u FTIR spektrima kao i na prisustvo različitih kemijskih sastojaka u ekstraktima priređenim od različitih dijelova biljke (kora, list, cvijet), stoga je zaključeno da je na osnovi rezultata FTIR analize spektara u svrhu liječenja i proizvodnje biljnog pripravaka moguće odabrati onaj dio biljke, najbogatiji kemijskim sastojcima [29].

Izuzetno je mali broj istraživanja iz područja „zelene sinteze nanočestica“ srebra s različitim dijelovima biljke imele objavljen u novije vrijeme i to uglavnom na plodovima te biljke. U

svrhu daljnjih istraživanja mogućnosti sinteze nanočestica srebra rade se ekstrakcije različitih dijelova imele [30].

U ovom su radu istražena fitokemijska svojstva grančica i lista, kao i gotovih čajnih smjesa s obzirom da je do njih moguće doći tijekom cijelog perioda godine. Sve opažene vrpce od najslabijih (w), preko srednje izraženih (m) do jakih (s), sažete su u tablicama 2 do 15 u nekoliko glavnih područja. Glavne vrpce, odnosno one koje su bile najizraženije u svim uzorcima, pripadaju slijedećim funkcionalnim skupinama i valnim brojevima: vrpce rastezanja karakteristične za O-H skupine u području oko  $3350\text{ cm}^{-1}$ ; vrpce rastezanja (C-H vibracije) karakteristične za alkane u području oko  $2939\text{ cm}^{-1}$ ; vrpce rastezanja (C-H vibracije) karakteristične za alkilne skupine oko  $2850\text{ cm}^{-1}$ ; područje vibracija C=C veza (alkeni) oko  $2220\text{ cm}^{-1}$ ; područje vibracija rastezanja C=O skupine oko  $1730\text{ cm}^{-1}$ ; područje vibracija rastezanja alkina ( $\text{C}\equiv\text{C}$ ) oko  $1600\text{ cm}^{-1}$ ; te područje aromatskih spojeva (C=C) oko  $1450\text{ cm}^{-1}$  kao i područje supstituiranih aromatskih spojeva oko  $1043\text{ cm}^{-1}$  i pri nižim valnim brojevima od  $1000\text{ cm}^{-1}$  [14][24][29-33]. Prisustvo velikog broja vrpce (posebice su jasno izražene u metanolnim ekstraktima imele) u području od  $1000\text{ cm}^{-1}$  do  $3000\text{ cm}^{-1}$  ukazao je na to da su dijelovi imele bogati po kemijskom sastavu (proteini, lipidi, ugljikohidrati, itd..) [14][24].

Rezultati FTIR analize nisu ukazali na značajnije razlike među spektrima različitih dijelova uzoraka imele (grančice, list, čajna smjesa). Znatnije razlike su uočene u intenzitetima vrpce za različita otapala (voda, etanol, metanol), pri čemu su najintenzivnije vrpce bile one opažene u metanolnim, a tek potom one u etanolnim i vodenim ekstraktima. Manje razlike između pojedinih ekstrakata i suhih uzoraka imele, neovisno o analiziranom dijelu biljke povezane su i s pojavom slabe vrpce u području oko  $2100\text{ cm}^{-1}$  što je prema literaturnim podacima područje nitrilnih spojeva (od  $2300\text{ cm}^{-1}$  do  $1999\text{ cm}^{-1}$ ) i terminalnih alkina (od  $2260\text{ cm}^{-1}$  do  $2100\text{ cm}^{-1}$ ).

Analizom spektara utvrđeno je da se OH skupina pojavljuje u sva tri ekstrakta (metanol, etanol, voda). Budući da OH skupina ima sposobnost stvaranja vodikovih veza, prisutnost OH skupine u ekstraktima listova i grančica svih uzoraka ukazuje na veliku mogućnost primjene ekstrakata u inhibiciji rasta mikroorganizama [31].

Metoda analize glavnih komponenata (PCA) primijenjena je na dobivene rezultate mjerenja, točnije na vrijednosti valnih brojeva karakterističnih vrpce FTIR spektara kako bi se utvrdilo postojanje mogućih sličnosti/različitosti među uzorcima, njihovo grupiranje i sl. Za razliku

od metanolnih ekstrakata grančica imele, spektri listova imele u metanolu izvrsno su poslužili toj svrsi s obzirom da su vrpce u metanolnim ekstraktima bile najjasnije i najizraženije. Zbog kompleksnosti FTIR spektara nisu upotrijebljeni kompletni spektri u području od  $400\text{ cm}^{-1}$  do  $4000\text{ cm}^{-1}$  već su korištene vrijednosti valnih brojeva karakterističnih vrpca. S obzirom da su uzorci po svom porijeklu bili prilično „heterogenog sastava“, od onih svježe ubranih i stavljenih na sušenje istoga dana, do onih nabavljenih u obliku gotovih pripravaka (čajnih smjesa) ubranih i već prosušenih listova, jedna od mogućnosti bila je ta da će se uzorci razvrstati prema načinu njihove pripreme. Međutim, rezultat primijenjene metode analize glavnih komponenata pokazao je da su se metanolni ekstrakti listova imele (za analizu odabrani zbog jasno izraženih vrpca) grupirali prema zemljopisnom podneblju, u tri glavne skupine: prva: Pazin, Hum; druga Petrijevci i Voćin; i treća Koprivnica, Bjelovar, Karlovac, dok se uzorak s područja Aljmaša odvojio u zaseban „jednočlani klaster“. Budući da je velik broj funkcionalnih skupina vidljiv u spektrima sva tri ekstrakta, neovisno o dijelu biljke upotrijebljene za analizu, imela se pokazala pogodnom biljkom u daljnjim istraživanjima koja će se baviti sintezom nanočestica te određivanjem njihove strukture i primjeni u medicinske svrhe.

## 6. ZAKLJUČAK

Analiza spektara dobivenih metodom FTIR spektroskopije ukazala je na to da su ekstrakti grančica i listova imele bogati proteinima, lipidima i ugljikohidratima, kao i to da su vrpce karakterističnih skupina listova, grančica, ali i gotovih čajnih mješavina listova imele daleko jače izražene u ekstraktima vode, etanola i metanola u odnosu na vrpce suhih uzoraka imele. Analiza glavnih komponenata (PCA) je pokazala da neovisno o načinu na koji je uzorak priređen (ubrani svježi listovi i potom osušeni/čajne smjese listova imele) zemljopisni položaj ubrane imele znatno utječe na biokemijska svojstva same imele, a samim time i na sličnosti, odnosno različitosti među prikupljenim uzorcima.



## 7. LITERATURA

- [1] M. Idžojtić, M. Glavaš, M. Zebec, M. Pernar, R. Bradić, D. Husak, *Sumar. List* 130, (2006), 101-110.
- [2] <https://www.plantea.com.hr/imela/> (09.09.2021.)
- [3] A. C. Akinmoladun, B. L. Akinrinlola, E. O. Fraambi, *Afr. J. Biotechnol.* 6 (2007), 1197-1201.
- [4] J. Nazaruk, P. Orlikowski, (2016). *Nat. Prod. Res.* 30 (2016), 373-385.
- [5] J. F. dela Cruz, Y. S. Kim, W. M. L. Lumbea, S. Gu Hwang, *Asian. Pac. J. Cancer Prev.* 16 (2015), 6417-6421.
- [6] M. Marvibaigi, E. Supriyanto, N. Amini, F.A. Abdul Majid, S.K. Jaganathan, *Biomed. Res. Int.* 2014, (2014).
- [7] E. Önay-Uçar, Ö. Erol, B. Kandemir, E. Mertoğlu, A. Karagöz, N. Arda, *Evid. Based Complement. Alternat Med.* 2012 (2012) 958740.
- [8] N. C. Chaulya, P. K. Haldar, A. Mukherjee, *Acta. Pol. Pharm.* 68 (2011), 989-992.
- [9] O. Adaramoye, M. Amanlou, M. Habibi- Rezaei, P. Pasalar, *Ar. Moisawi-Maraheds, Asian Pac. J. Trop. Med.* 5 (2012), 427-433.
- [10] M. Luczkiewics, W. Cissowski, P. Kaiser, *Acta Pol. Pharm.* 58 (2001), 373-379.
- [11] E. ÖnayUçar, A. Karagöz, N. Arda, *Fitoterapia.* 77, (2006), 556-560.
- [12] O. T. Ogunmefun, T. R. Fasola, A. B. Saba, O. A. Oridupa, *Int. J. Biomed. Sci.* 9 (2013), 33-40.
- [13] I. F. Chizoruo, I. B. Onyekachi, N. P. Odinaka, E.M. Chinyelu, *World Sci. News* 132 (2019), 84-97.
- [14] I. F. Chizoruo, I. B. Onyekachi and E. C. Ebere: *World Sci. News* 25 (2019), 61-71.
- [15] M. Marvibaigi, E. Supriyanto, N. Amini, F.A. Abdul Majid, S.K. Jaganathan, *Biomed Res. Int.* 2014, (2014).
- [16] G. Maier, H. Fiebig, *AntiCancer Drugs*, 13 (2002), 373–379.

- [17] A. Tahirović, N. Bašić, Glas. hem. tehnol. Bosne Herceg. 49 (2017), 25-30.
- [18] T. Z. Damirchi, F. Rostami Charati, R. Akbari, A. Dameshvar, Nanochem. Res. Research, 5 (2020), 104-110.
- [19] T. Durak, J. Depciuch, Environ. Exp. Bot. 169 (2020). 103915.
- [20] D. A. Skoog, D.M. West, F.J. Holler, Osnove analitičke kemije, Školska knjiga, Zagreb, 1999.
- [21] B. Stuart, Infrared Spectroscopy: Fundamentals and applications, John Wiley & Sons, Ltd., 2004.
- [22] <https://pdfslide.net/documents/metode-mva-osnove-interna-skripta.html> (01.09.2021.)
- [23] B. G. M. Vandeginste Part B, Elsevier, Amsterdam 1998, pp. 88-160.
- [24] S. Mlinarić, V. Gvozdić, A. Vuković, M. Varga, I. Vlašiček, V. Cesar, L. Begović: Appl. Sci. 2020, 10.5731.
- [25] S. Osmičević: Bijela imela (*Viscum Album L.*) na urbanom drveću u Hrvatskoj, 2009. diplomski rad, Šumarski fakultet, Zagreb (1-18).
- [26] S. Borović Šunjić, A. Čipak Gašparović, T. Weiss, T.S. Weiss, E. Soldo, I. Đaković, N. Žarković, T. Žarković, N. Adjuvant: Overview of evidence based medicine findings// Collegium antropologicum (0350-6134) 39 (2015), 3; 701-708.
- [27] C. Holandino, M. Nonato de Oliveira Melo, A. Passos Oliviera, J. Vitor da Costa Batista, M. Alves Marques Capella, R. Garrett, M. Grazi, H. Ramm, C. Dalla Torre, G. Schaller, K. Urech, U. Weissenstein, S. Baumgartner: Holandino et al. BMC Complementary Medicine and Therapies (2020) 20:215, 10.1186.
- [28] M.R. Ahsan, K.M. Islam, I.J. Bulbul, A. Musaddik, E. Haque, Europ. J. Sci. Res. 37 (2009.), 302-310.
- [29] S. Hemmalakshmi, S. Priyanga, K. Devaki, Pharm.Sci. & Res. 9 (2017), 2062-2067.
- [30] B. T. Z. Damirchi, F.R. Charati, R. Akbari, A. Dameshvar: Nanochem Res 5 (1): 104-110.

- [31] S. Easmin, M.Z.J. Sarkar, K. Ghafoor, S. Ferdosh, J. Jaffri, M. Eagub Ali, H. Mirhosseini, F.Y. Al-Juhaimi, V. Perumel, A. Khatib, J. Food Drug Anal. 25 (2017), 306-315.
- [32] R. Ashokkumar, M. Ramaswamy: Int. J. Curr. Microbiolol. App. Sci. 3 (2014), 395-406.
- [33] S. Palacio, M. Aithenhead, A. Escudero, G. Montserat- Marti, M. Maestro, A. H. Jean Robertson: Inst. Pir.de Ecologia (IPE-CSIC)(2014.).

## 8. ŽIVOTOPIS AUTORA

Karlo Kajfeš

06.11.1992.

Tel: +385 923420715

Bana Josipa Jelačića 21, 31550 Valpovo

email: [karlokajfes0@gmail.com](mailto:karlokajfes0@gmail.com)

### Obrazovanje

- 2019.-2021. Odjel za kemiju na Sveučilištu J.J. Strossmayera u Osijeku, Diplomski

studij Kemija - istraživački smjer

- 2011.-2012., 2015.-2019. Odjel za kemiju, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku,

Preddiplomski studij Kemija

- 2007.-2011. Srednja škola Valpovo, Opća gimnazija

- 1999.-2007. Osnovna škola Matije Petra Katančića, Valpovo

### Ostale vještine

- Napredno poznavanje rada u MS OFFICE

- Poznavanje rada u programu Statistica

- Vozačka dozvola (B kategorija)

- Strani jezik: engleski B2