

# Kanabinoidi u proizvodima od industrijske konoplje

---

**Turk, Domagoj**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University North / Sveučilište Sjever**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:370614>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-27**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište  
Sjever**

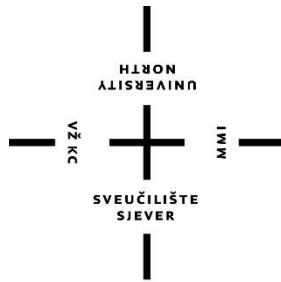
**Završni rad br. 50/PREH/2023**

## **Kanabinoidi u proizvodima od industrijske konoplje**

**Domagoj Turk, 0125160758**

Koprivnica, svibanj 2023. godine





# Sveučilište Sjever

**Prehrambena tehnologija**

**Završni rad br. 50/PREH/2023**

## **Kanabinoidi u proizvodima od industrijske konoplje**

### **Student**

Domagoj Turk, 0125160758

### **Mentor**

Doc. dr. sc. Predrag Putnik

Koprivnica, svibanj 2023. godine

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za prehrambenu tehnologiju

STUDIJ preddiplomski stručni studij Prehrambena tehnologija

PRISTUPNIK Domagoj Turk

MATIČNI BROJ 0125160758

DATUM 17.5.2023.

KOLEGIJ Kontrola kakvoće i sigurnosti hrane

NASLOV RADA Kanabinoidi u proizvodima od industrijske konoplje

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Cannabinoids in industrial hemp products

MENTOR doc.dr.sc. Predrag Putnik

ZVANJE

ČLANOVI POVJERENSTVA

- izv. prof. dr. sc. Danijela Bursać Kovačević (predsjednica)
- doc. dr. sc. Mirko Smoljić (član)
- doc.dr.sc. Predrag Putnik (mentor)
- doc. dr.sc. Tibor Janči (zamjena)
- 

## Zadatak završnog rada

BROJ 50/PREH/2023

OPIS

Industrijska konoplja (*Cannabis sativa* L.) posljednjih godina od velikog je značaja u raznim granama industrije gdje se svi dijelovi biljke mogu iskoristiti, a zbog svojeg nutritivnog sastava koristi se i u proizvodnji različitih prehrambenih proizvoda. Veliku pozornost ova biljka ima zbog svojih sekundarnih metabolita kanabinoida, u prvom redu tetrahidrokanabinola i kanabidiola. Shodno tome, zadatak ovog završnog rada je opisati rod *Cannabis* i morfološke razlike među vrstama, navesti zakonodavni okvir vezan za industrijsku konoplju, opisati spojeve kanabinoide, njihovu klasifikaciju i djelovanje, navesti pojedine proizvode od konoplje, te opisati kemijsku analizu kanabinoida koja je potrebna da bi se osigurao proizvod koji odgovara zakonodavnim zahtjevima.

ZADATAK URUČEN 1.7.2022.

POTPIS MENTORA

SVEUČILIŠTE  
SJEVER



Očisti obrazac

## Sažetak

Industrijska konoplja (*Cannabis sativa* L.) je biljka koja u svom sastavu ima preko 100 vrsta kanabinoida. Zakonom o izmjenama i dopunama o suzbijanju zlouporabe droga (NN 39/2019) industrijskom konopljom se smatraju vrste koje su na Zajedničkoj sortnoj listi Europske Unije s do 0,2% tetrahidrokanabinola (THC-a). Glavni predstavnici fitokanabinoida su THC sa svojim psihoaktivnim djelovanjem na endokanabinoidne receptore i kanabidiol (CBD) koji nema psihoaktivno djelovanje. Oni se u biljci nalaze u svojim kiselim oblicima koji se dekarboksiliraju na povišenim temperaturama. Zbog svojeg sastava, industrijska konoplja ima široku primjenu u raznim granama industrije, a njezino sjeme koristi se za proizvodnju ulja, brašna, proteina i sl. Za identifikaciju i kvantifikaciju kanabinoida najčešće se koriste kromatografske metode. Za analizu velikog broja spojeva od interesa najučinkovitijom se pokazala tekućinska kromatografija visoke djelotvornosti (HPLC) u kombinaciji s različitim detektorima gdje se u jednoj analizi može identificirati i kvantificirati strukturno slične kanabinoide te njihove pripadajuće derivate.

**Ključne riječi:** *Cannabis sativa* L., kanabinoidi, THC, CBD, kromatografija, HPLC

## Summary

Industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) is a plant that contains over 100 types of cannabinoids. Species that are listed in the European Union's Common catalogue of varieties with up to 0.2% tetrahydrocannabinol (THC) are considered industrial hemp, according to amendments to the Law on Combating Drug Abuse in Croatia (NN 39/2019). The main phytocannabinoid representatives are THC with its psychoactive effect on endocannabinoid receptors and cannabidiol (CBD), which has no psychoactive effect. They are found in the plant in their acidic form, which is decarboxylated at higher temperatures. Due to its composition, industrial hemp is widely used in various industries, and its seeds are used for the production of oil, flour, protein, etc. Chromatographic methods are most commonly used for the identification and quantification of cannabinoids. For the analysis of a large number of compounds of interest, high performance liquid chromatography (HPLC) has proven to be most effective in combination with various detectors that can identify and quantify structurally similar cannabinoids and their associated derivatives in one analysis.

**Keywords:** *Cannabis sativa* L., cannabinoids, THC, CBD, chromatography, HPLC

## Popis korištenih kratica

|             |                                                 |
|-------------|-------------------------------------------------|
| <b>2-AG</b> | 2-arahidonoil glicerol                          |
| <b>THC</b>  | tetrahidrokanabinol                             |
| <b>CBD</b>  | kanabidiol                                      |
| <b>CBN</b>  | kanabinol                                       |
| <b>CBG</b>  | kanabigerol                                     |
| <b>CBC</b>  | kanabikromen                                    |
| <b>CBV</b>  | kanabivarin                                     |
| <b>THCA</b> | tetrahidrokanabinolna kiselina                  |
| <b>CBDA</b> | kanabidiolna kiselina                           |
| <b>USDA</b> | Ministarstvo poljoprivrede SAD-a                |
| <b>EFSA</b> | Europska agencija za sigurnost hrane            |
| <b>LDL</b>  | lipoprotein niske gustoće                       |
| <b>FAO</b>  | Organizacija za hranu i poljoprivredu           |
| <b>WHO</b>  | Svjetska zdravstvena organizacija               |
| <b>GC</b>   | plinska kromatografija                          |
| <b>MS</b>   | masena spektrometrija                           |
| <b>FID</b>  | plameno-ionizacijski detektor                   |
| <b>HPLC</b> | tekućinska kromatografija visoke djelotvornosti |
| <b>UV</b>   | ultraljubičasto zračenje                        |
| <b>DAD</b>  | detektor niza dioda                             |



# Sadržaj

|      |                                                 |    |
|------|-------------------------------------------------|----|
| 1.   | Uvod .....                                      | 1  |
| 2.   | Konoplja .....                                  | 2  |
| 2.1. | Industrijska konoplja.....                      | 3  |
| 3.   | Kanabinoidi .....                               | 4  |
| 3.1. | Sintetski kanabinoidi.....                      | 4  |
| 3.2. | Endokanabinoidi i endokanabinoidni sustav ..... | 4  |
| 3.3. | Kanabinoidni receptori.....                     | 5  |
| 3.4. | Fitokanabinoidi .....                           | 6  |
| 4.   | THC (tetrahidrokanabinol) .....                 | 8  |
| 4.1. | Apsorpcija i ekskrecija THC-a.....              | 9  |
| 4.2. | THCA (tetrahidrokanabinolna kiselina) .....     | 10 |
| 5.   | CBD (kanabidiol) .....                          | 12 |
| 6.   | Ostali kanabinoidi.....                         | 13 |
| 6.1. | CBG (kanabigerol).....                          | 13 |
| 6.2. | CBN (kanabinol).....                            | 13 |
| 6.3. | CBC (kanabikromen).....                         | 14 |
| 7.   | Proizvodi od industrijske konoplje .....        | 15 |
| 7.1. | Ulje sjemenki industrijske konoplje.....        | 16 |
| 7.2. | Proizvodi s CBD-om.....                         | 18 |
| 7.3. | Konopljino brašno.....                          | 19 |
| 7.4. | Proteini od konoplje.....                       | 21 |
| 8.   | Kemijska analiza kanabinoida .....              | 23 |
| 8.1. | Kromatografske metode.....                      | 23 |
| 9.   | Zaključak .....                                 | 25 |
| 10.  | Literatura .....                                | 26 |
| 11.  | Popis slika.....                                | 28 |
| 12.  | Popis tablica.....                              | 29 |

# 1. Uvod

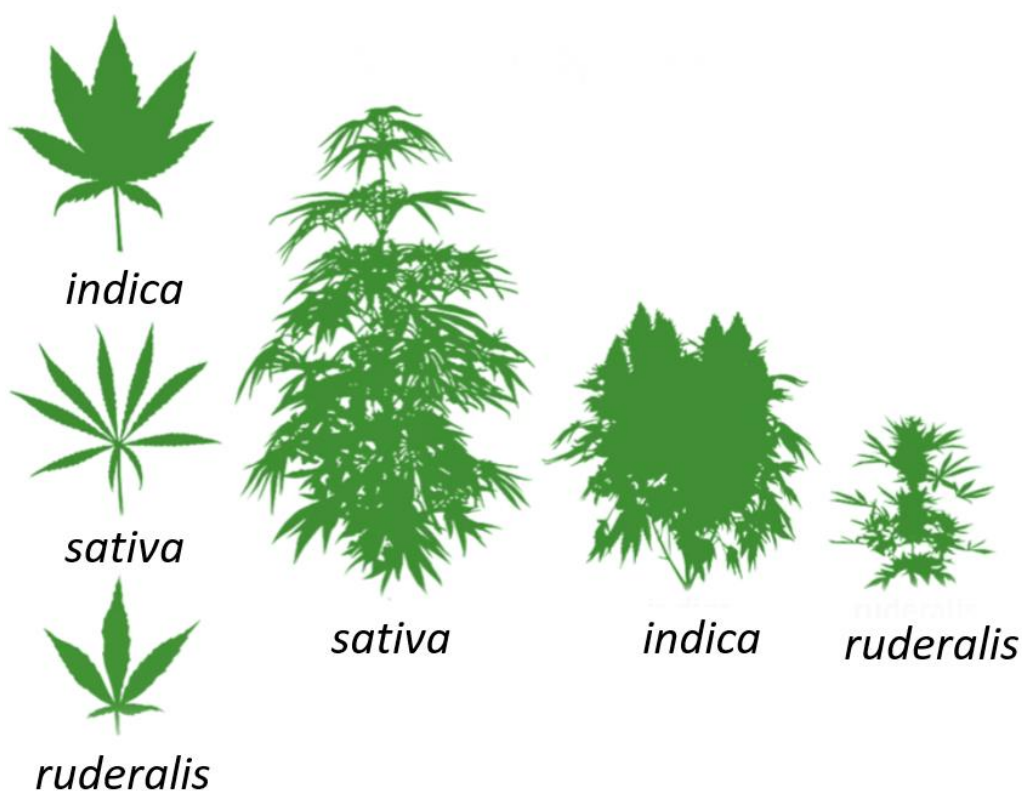
Konoplja (*Cannabis*) je kroz razvoj civilizacije imala široku primjenu zbog svojih svojstava. Koristila se u proizvodnji tkanina, papira i u medicinske svrhe. Industrijska konoplja (*Cannabis sativa* L.) u posljednjih nekoliko godina od velikog je značaja u raznim granama industrije gdje se svi dijelovi biljke mogu iskoristiti. Industrijska konoplja kao biljka zbog svojih kvalitetnih vlakana koristi se u tekstilnoj industriji za proizvodnju užadi, konaca, tepiha, a također i za proizvodnju papira. U građevinskoj industriji koristi se kao zamjena za staklenu vunu, za izradu ploča od vlakana, cementa i sl. Primjenu ima i u osobnoj higijeni za proizvodnju sapuna, šampona, balzama, losiona, kozmetike itd.

Zbog svojeg nutritivnog sastava industrijska konoplja se koristi i za proizvodnju ulja, proteina, brašna, margarina, čaja i sl. Veliku pozornost ova biljka ima zbog svojih sekundarnih metabolita kanabinoida, a prvenstveno se to odnosi na tetrahidrokanabinol (THC) i kanabidiol (CBD) koji se koriste u medicinske svrhe. Međutim, upotreba industrijske konoplje za hranu i lijekove kontroverzna je tema upravo zbog njezine povezanosti sa psihoaktivnom tvari THC. Stoga, različite države imaju različite zakone i propise kojima se regulira uzgoj i upotreba industrijske konoplje.

U ovom Završnom radu opisat će se morfološke razlike među vrstama roda *Cannabis*, spomenut će se zakoni vezani za industrijsku konoplju u Hrvatskoj i drugim dijelovima svijeta, opisat će se spojevi kanabinoidi, njihova klasifikacija, kako oni djeluju na čovjeka te koji su najznačajniji. Također, navest će se pojedini hrvatski proizvodi od konoplje te kemijska analiza kanabinoida koja je potrebna da bi se osigurao proizvod koji odgovara svim zakonima i propisima.

## 2. Konoplja

*Cannabis* je rod biljaka koji pripadaju porodici *Cannabaceae*. Dijeli se na 3 vrste, a to su: *Cannabis sativa*, *Cannabis indica* i *Cannabis ruderalis* [1], što je prikazano na slici 1. *Cannabis sativa* visoka je biljka tankog lista, koja cvjeta u određenim svjetlosnim uvjetima. Može narasti između 1,5 i 5 metara. *Cannabis indica* ima šire listove u odnosu na *Cannabis sativa*. Niža je i ima više listova i pupova što joj daje grmolikiji izgled. Raste između 0,6 i 1,2 metra. *Cannabis ruderalis* sadrži vrlo male količine THC-a te se zbog toga rijetko uzgaja. Ima svojstvo autocvjetanja što znači da cvjeta bez obzira na svjetlosne uvjete te se zbog toga koristi u hibridima. Prilagodile su se nižim temperaturama i manje su od *Cannabis sativa*. Obično ne rastu više od 0,6 metara i nerazgranate su [2].



Slika 1. Morfološke razlike triju vrsta roda *Cannabis*. Izvor:

[„https://craftsense.co/cannabis/cannabis-levelup/cannabis-ruderalis-having-moment/“](https://craftsense.co/cannabis/cannabis-levelup/cannabis-ruderalis-having-moment/)

## 2.1. Industrijska konoplja

Kanabis se tisućama godina koristio u rekreacijske, medicinske i religijske svrhe. Kako je široko poznata kao rekreacijska droga, industrijska i ekonomska vrijednost konoplje često se zanemaruje [1].

*Cannabis indica* azijska je biljka sa listovima sastavljenim od dugih i utanjenih lisaka. Kroz povijest je korištena u industrijske i medicinske svrhe. Koristi se u liječenju nekih bolesti, ima utjecaj na promjenu svijesti, potiče kreativnost itd. [3]. Industrijska konoplja (*Cannabis sativa* L.) koristi se za proizvodnju hrane, tekstila, odjeće, papira, biogoriva i stočne hrane. Razni dijelovi biljke predstavljaju vrijedan izvor hrane i sastojaka za dodatke prehrani [1].

Zakonom o izmjenama i dopunama o suzbijanju zlouporabe droga (NN 39/2019) definirana je industrijska konoplja (*Cannabis sativa* L.) sa sadržajem THC-a do 0,2% sa sortama koje se nalaze na Zajedničkoj sortnoj listi Europske unije te se ne smatraju drogom, psihoaktivnim tvarima i biljkama iz kojih se droga može dobiti. Zakonom se konoplja može uzgajati i proizvoditi u medicinske svrhe, a odobrenje za proizvodnju konoplje daje Agencija za lijekove i medicinske proizvode [4]. Ovim zakonom omogućeno je korištenje cijele biljke industrijske konoplje. Dozvole za uzgoj su ukinute, a Ministarstvo poljoprivrede vodi evidenciju proizvođača pri čemu su se proizvođači dužni upisati u evidenciju prije početka proizvodnje [5].

U drugim dijelovima svijeta, npr. SAD-u industrijskom konopljom se prema USDA (The U.S. Department of Agriculture) smatra biljka *Cannabis Sativa* L. i bilo koji dio te biljke, uključujući njezino sjeme, ekstrakte, kanabinoide sa THC-om manjim od 0,3% u suhoj tvari. Prema američkom Zakonu o poljoprivredi (Farm Bill) iz 2018. uzgoj konoplje legalan je u svih 50 saveznih država, a poljoprivrednici mogu dobiti dozvole za uzgoj konoplje u komercijalne svrhe. Međutim, zakon daje državama ovlasti da reguliraju uzgoj konoplje unutar svojih granica, a neke države su uvele dodatne zahtjeve poput licenciranja i testiranja na razine THC-a [6].

### **3. Kanabinoidi**

Postoje tri vrste kanabinoida: fitokanabinoidi, endokanabinoidi i sintetski kanabinoidi. Fitokanabinoidi su kanabinodi biljnog podrijetla koji potječu iz kanabisa. Glavni predstavnici fitokanabinoida su THC ( $\Delta^9$ -tetrahidrokanabinol) koji ima psihotropni učinak i kanabidioli (CBD) koji su uglavnom nepsihotropni. Ljekoviti spojevi koncentrirani su u ženskim cvjetovima ove biljke. Fitokanabinoidi se nalaze u smoli koju proizvode trihome koje su široko rasprostranjene na muškim i ženskim biljkama, ali su najviše koncentrirane na ženske cvjetove. Endokanabinoidi su endogeni lipidi koji imaju funkciju liganda na kanabinoidne receptore. Sintetski kanabinoidi se stvaraju u laboratorijima i oponašaju fitokanabinoide i endokanabinoide [7].

#### **3.1. Sintetski kanabinoidi**

Sintetski kanabinoidi izvorno su razvijeni kao potencijalni terapijski spojevi koji se vežu na kanabinoidne receptore (CB1 i CB2). Često se prskaju po osušenom biljnom materijalu i konzumiraju pušenjem. Klinički učinak mogao bi biti sličan THC-u, ali to još nije dovoljno istraženo. Pokazuju antineoplastično djelovanje ovisno o vrsti agonista, ciljnim tkivima, načinu primjene, dozama i trajanju liječenja. Klasificiraju se na temelju molekulske strukture i sposobni su za selektivnu aktivaciju kanabinoidnog receptora [8].

#### **3.2. Endokanabinoidi i endokanabinoidni sustav**

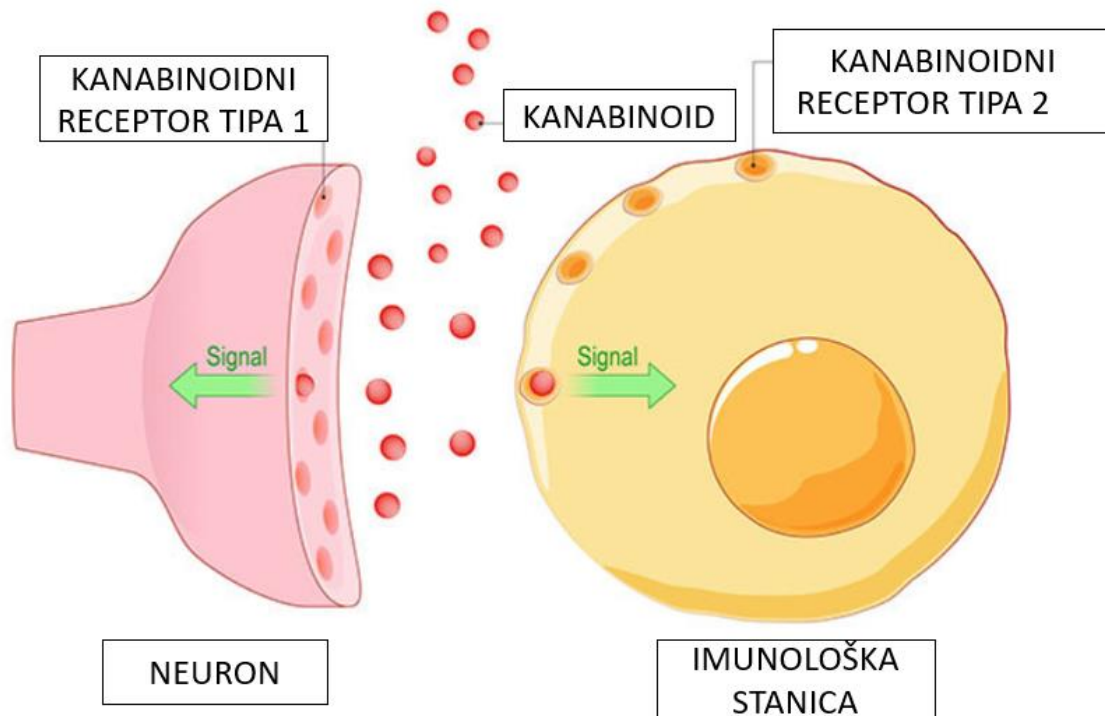
Endokanabinoidi su molekule lipida koje čine polinezasićene masne kiseline, amide, estere i etere koji se vežu na CB1 ili CB2 receptore. Djeluju kao neuromodulatori ili retrogradni glasnici koji utječu na otpuštanje raznih neurotransmitera u živčanim tkivima. Također imaju važnu ulogu u upalama, inzulinskoj osjetljivosti i metabolizmu masti i energije [8].

Endokanabinoidni sustav je neuromodulatorni sustav koji ima važnu ulogu u središnjem živčanom sustavu. Endokanabinoidni sustav sastoji se od kanabinoidnih receptora, endogenih kanabinoida i enzima odgovornih za sintezu i razgradnju endokanabinoida. Najzastupljeniji kanabinoidni receptori su CB1 i CB2. Aktivacija tih receptora ima različite funkcije na staničnu fiziologiju, uključujući sinaptičku funkciju, transkripciju gena, staničnu pokretljivost itd. Endogeni kanabinoidi su endogeni lipidi, a prvi otkriveni su anandamid i 2-arahidonoil glicerol (2-AG). Za navedene endokanabinoide postoje prekursori u lipidnim membranama [9].

### 3.3. Kanabinoidni receptori

Kanabinoidni receptori (Slika 2.) zajedno sa endogenim ligandima pretpostavljena su molekularna mjesta za liječenje raznih neurodegenerativnih bolesti, neuropatsku i upalnu bol, glaukom, multiplu sklerozu itd. Kanabinoidni receptori tipa 1 nalaze se u središnjem živčanom sustavu, a osobito u korteksu, hipokampusu, bazalnim ganglijima i malom mozgu. Također se nalaze i u perifernom živčanom sustavu. Endogeni kanabinoidi koji aktiviraju kanabinoidne receptore tipa 1 su anandamid i 2-AG, a također i THC [10].

Kanabinoidni receptori tipa 2 se u odnosu na kanabinoidne receptore tipa 1 nalaze u mnogo manjim koncentracijama u središnjem živčanom sustavu. Primarno su prisutni na stanicama imunološkog sustava. Također su prisutni u gastrointestinalnom sustavu i imaju terapijsku ulogu u upalnim bolestima crijeva poput Chronove bolesti [8].

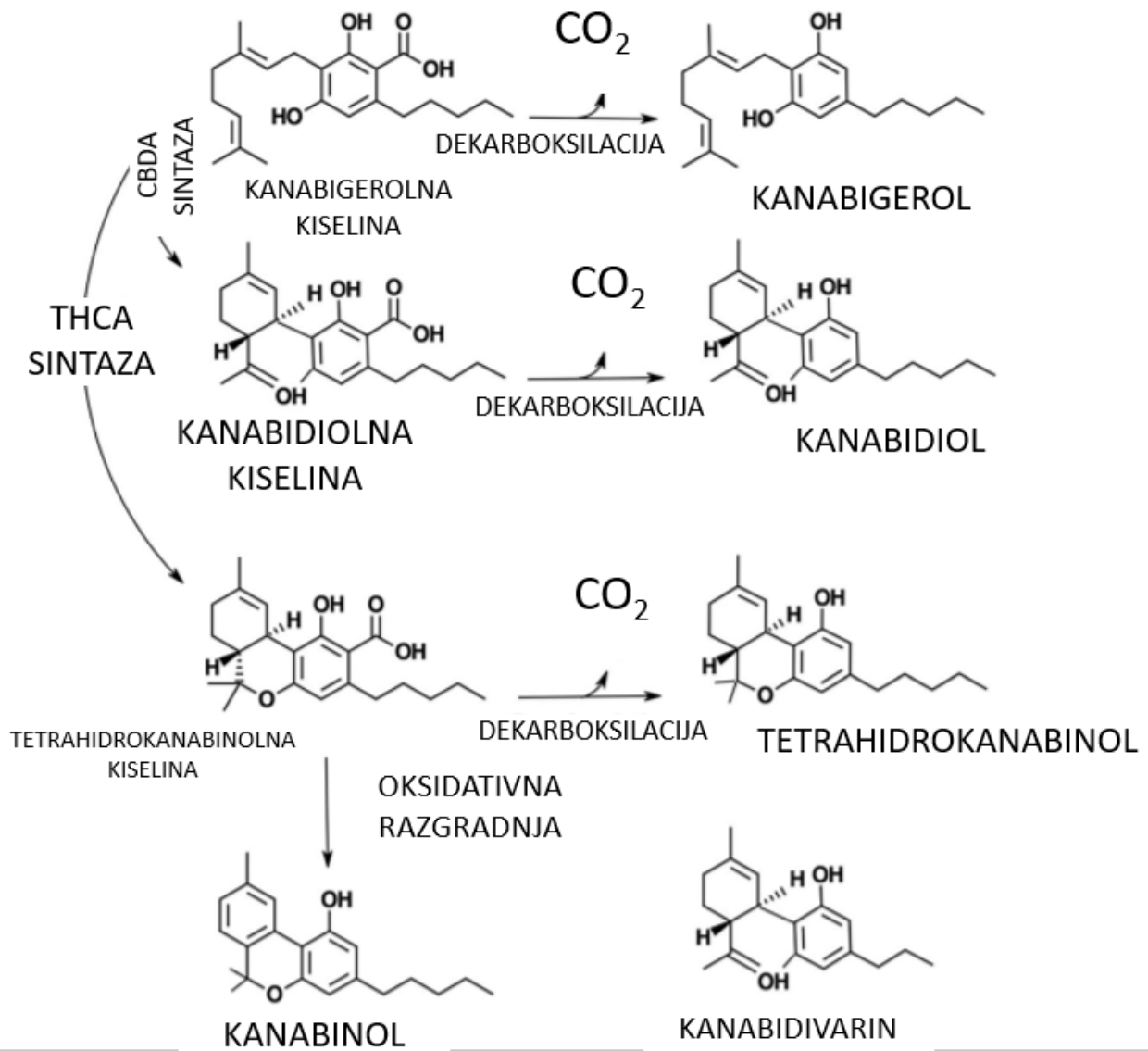


Slika 2. Kanabinoidni receptori. Izvor: prilagođeno iz [10].

### 3.4. Fitokanabinoidi

Fitokanabinoidi se u značajnim količinama pojavljuju samo u biljci kanabisa i koncentrirani su u viskoznoj smoli koja se proizvodi u žljezdanim strukturama poznati kao trihomi. Najzastupljeniji fitokanabinoidi su THC, CBD i CBN (kanabinol) [8]. Proučavanjem THC-a, CBD-a i CBN-a došlo se do zaključka da THC i u značajno manjoj mjeri CBN pokazuju psihoaktivna svojstva, dok se CBD ne smatra psihoaktivnom tvari [11].

Dva fitokanabinoida najpoznatija po svojim terapijskim djelovanjima su THC i CBD. To su neutralni homolozi tetrahidrokanabinolne kiseline (THCA), odnosno kanabidiolne kiseline (CBDA) [8]. Na slici 3 prikazano je nastajanje CBD-a i THC-a dekarboksilacijom, kao i formiranje nekih ostalih kanabinoida. U svježem biljnom materijalu kanabinoidi se javljaju u odgovarajućim kiselim oblicima, a zagrijavanjem dolazi do dekarboksilacije u THC i CBD [10]. Dekarboksilacija se u značajnoj mjeri odvija na visokim temperaturama, iznad 150 °C, npr. prilikom pušenja ili pečenja. Pojava viših razina dekarboksiliranih kanabinoida poput CBN ukazuje na oksidativnu degradaciju zbog produljenih ili nepravilnih uvjeta skladištenja [11]. Neki od ostalih fitokanabinoida su kanabigerol (CBG), kanabikromen (CBC), kanabiciklol (CBC), kanabivarin (CBV) itd. [7].

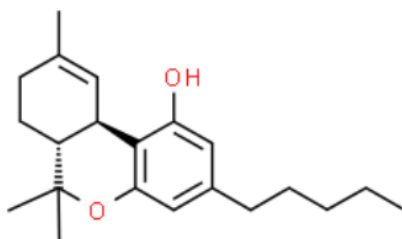


Slika 3. Kanabinoidi i put njihove pretvorbe. Izvor: prilagođeno iz [7].



## 4. THC (tetrahidrokanabinol)

THC prilikom zagrijavanja postaje viskozan i ljepljiv, a na hladnom je čvrst i staklast ukoliko se radi o njegovom čistom obliku. THC (Slika 4.) je topljiv u organskim otapalima poput heksana, a slabo topljiv u vodi. Pretpostavlja se da THC u konoplji služi biljci kao zaštita od štetočina [3].



Slika 4. Kemijska struktura tetrahidrokanabinola (THC). Izvor:

„<http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.15266.html?rid=69f97b05-462d-4187-a6b8-f77dc7c8ca37>“

U Tablici 1 prikazani su pripravci konoplje i njihov sadržaj THC-a. Proizvodnju THC-a kontrolira mala skupina gena u biljci. Proizvodi se enzimskim reakcijama sa CBG-om kao prekursorom. Uz svoja psihoaktivna svojstva, ima potencijalna analgetska i neuroprotektivna svojstva te smanjuje napetost mišića. Iako je THC netoksičan, neki liječnici smatraju da predoziranje THC-om dovodi do psihotoksičnosti. Može uzrokovati tjeskobu, ubrzani puls kod korisnika početnika, a visokim dozama dolazi do tolerancije receptora [12].

Tablica 1. Sadržaj THC-a u pripravcima od konoplje. Izvor: prilagođeno iz [3].

| IME                           | DIO BILJKE                                | THC sadržaj (%) |
|-------------------------------|-------------------------------------------|-----------------|
| Marijuana (bhang, dagga, kif) | Listovi, male stabljike                   | 1,0-3,0         |
| Sinsemilla                    | Sterilne ženske glavice cvjetova          | 3,0-6,0         |
| Ganja                         | Sabijene sterilne ženske glavice cvjetova | 4,0-8,0         |
| Hashish (charas)              | Rezina kanabisa                           | 10,0-15,0       |
| Cannabis ulje                 | Alkoholni ekstrakt rezine                 | 20,0-60,0       |

Brojne studije pokazale su da konzumacijom THC-a od 40 µg/kg i 300 µg/kg dolazi do opadanja motornih funkcija i pamćenja. Njegovo djelovanje najizraženije je sat vremena nakon

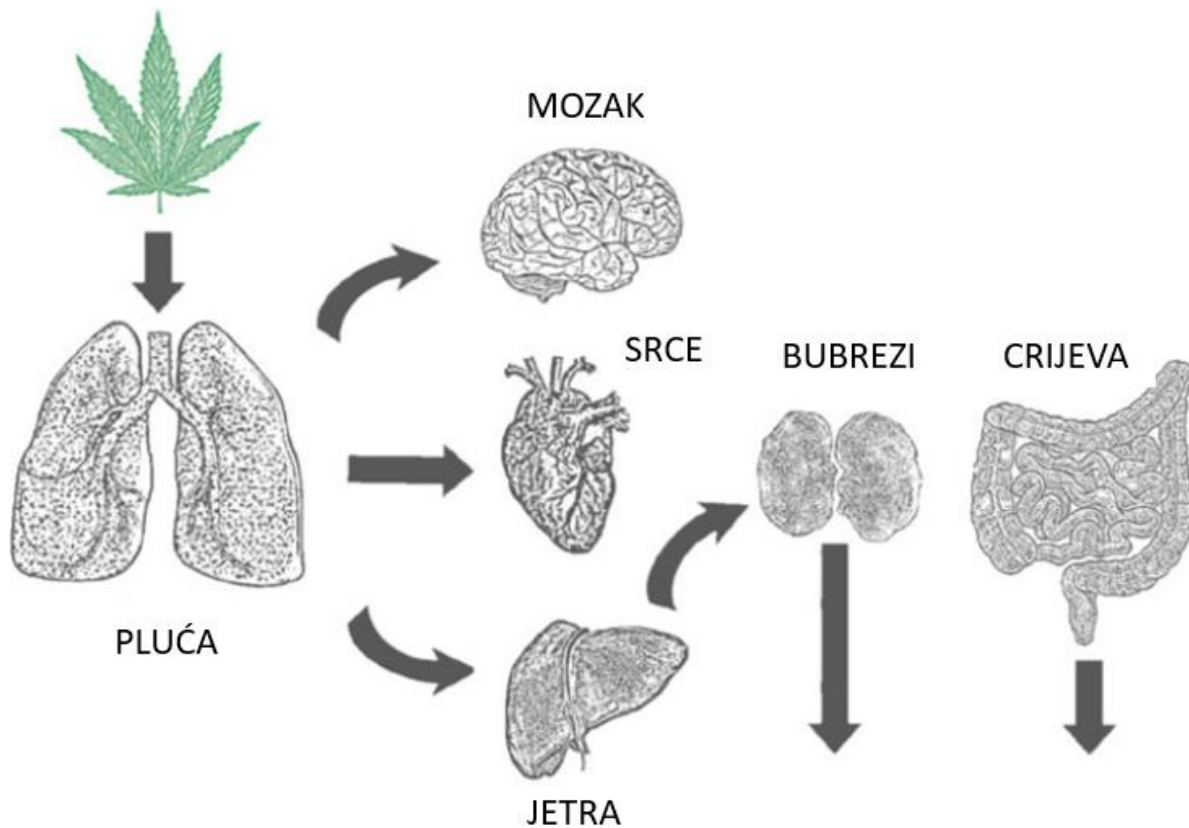
pušenja i 1-2 sata nakon oralnog unosa, a učinak mu nakon 3-4 sata opada [3]. Oralna apsorpcija THC-a u lijekovima od kanabisa je spora i nedosljedna. To je i razlog zašto su se mnogi oralni pripravci kanabisa koji su bili popularni u 19. stoljeću prestali konzumirati. Maksimalne razine u krvnoj plazmi često se postižu unutar 2 sata, ali neke studije navode da je ljudima trebalo do 7 sati da dostignu maksimalne razine [12].

THC svojim djelovanjem na endokanabinoidni sustav regulira fiziološke procese poput upala, pamćenja, boli itd. Kanabinoidi su pokazali učinkovito djelovanje u tretiranju stanja poput kemoterapijom inducirane mučnine i povraćanja, a također ublažavanja simptoma anoreksije i pretilosti. Zbog toga na tržištu postoje lijekovi koji sadrže THC. Sintetički THC (dronabinol) koristi se za liječenje kemoterapijom izazvanih mučnina, smanjenog apetita u pacijenata s AIDS-om i anoreksičnih pacijenata oboljelih od Alzheimerera. Kanada je odobrila lijek *Sativex* koji se koristi kod oboljelih od multiple skleroze za olakšavanje boli. Navedeni lijek uz THC sadrži i CBD [3].

#### **4.1. Apsorpcija i ekskrecija THC-a**

Nakon apsorpcije, 90% THC-a veže se za proteine u krvnoj plazmi te krvotokom odlazi u tkiva poput srca, masnih stanica i jetre, dok samo oko 1% završi u mozgu. Razgradnja THC-a prvenstveno se odvija u jetri, ali također u srcu i plućima. Razgradnjom THC-a u jetri primarni metabolit koji nastaje je 11-hidroksi-THC koji je dvostruko više psihoaktivan i traje dvostruko dulje od THC-a. Na kraju, navedeni metabolit prelazi u inertno stanje te se izlučuje iz tijela. U roku od 36 sati nakon konzumacije, THC i njegovi psihoaktivni metaboliti će biti eliminirani iz krvotoka. Nepsihoaktivni metaboliti mogu ostati tjednima kod teških konzumenata. Oko 30% metabolita se izlučuje iz urina i 70% iz fecesa [12], a shematski prikaz procesa metabolizma dan je Slikom 5.

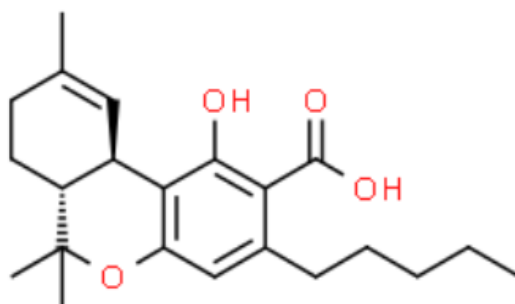
## TETRAHIDROKANABINOL



Slika 5. Metabolizam THC-a. Izvor: prilagođeno iz [12].

### 4.2. THCA (tetrahidrokanabinolna kiselina)

Ljudsko tijelo teško apsorbira kanabinoidne kiseline. Međutim, kada se zagrijavaju, kanabinoidne kiseline oslobađaju  $\text{CO}_2$  dekarboksilacijom što ih čini znatno biorasploživijima. Kanabinoidne kiseline vrlo su osjetljive pa već sobna temperatura potiče njihovu pretvorbu u neutralne oblike. Visoka temperatura prilikom pušenja, isparavanja ili kuhanja brzo ih transformira u neutralne oblike [12]. Studija na miševima pokazala je da THCA (Slika 6.) sprječava metaboličke bolesti uzrokovane pretilošću koja je inducirana prehranom [13].



Slika 6. Kemijska struktura THCA (tetrahidrokanabinolna kiselina). Izvor:

[http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.88974.html?rid=7ac1dbe1-c5b5-4f83-8db9-43c84c5d4427&page\\_num=0](http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.88974.html?rid=7ac1dbe1-c5b5-4f83-8db9-43c84c5d4427&page_num=0)

## 5. CBD (kanabidiol)

CBD je glavni kanabinoid biljke *Cannabis sativa* koji ne uzrokuje psihoaktivnost [14]. Iako nije psihoaktivan, pacijenti koji koriste kanabis s visokim udjelom CBD-a su uočili učinke slične blagoj psihoaktivnosti, ali subjektivno vrlo različito od THC-a. Ovaj kanabinoid ima važnu ulogu u središnjem živčanom sustavu i imunološkom sustavu aktiviranjem i inhibicijom nekanabinoidnih receptora kao i pojačavanje sinteze i aktivnosti anandamida. Konzumacijom, mala količina CBD-a u tijelu se razgrađuje do THC-a što može uzrokovati pospanost. Pokazalo se da CBD eliminira neke neugodne učinke THC-a, poput tjeskobe i ubrzanog pulsa. Također, studija sa lijekom *Sativex* je pokazala da pacijentima oboljelima od raka koji učestalo osjećaju bol kombinacija CBD-a i THC-a značajno smanjuje bol, za razliku od samog THC-a [3].

Kanabidiolna kiselina (CBDA) (Slika 7.) najčešći je fitokanabinoid industrijske konoplje, a drugi po učestalosti u nekim vrstama kanabisa. On se topline može pretvoriti u CBD tijekom vremena. CBD stupa u interakciju sa širokim rasponom receptora (više od THC-a) koji objašnjava njegove široke učinke. Iako CBD ne stupa u interakciju sa kanabinoidnim receptorima, djeluje u interakciji s nizom drugih signalnih sustava [12].



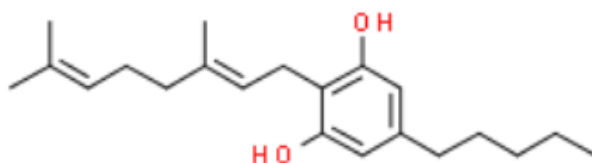
Slika 7. Dekarboksilacija kanabidiolne kiseline (CBDA) topline u CBD. Izvor:

<https://blogs.iu.edu/sciu/2020/10/03/cannabinoids-pain-relief/>

## 6. Ostali kanabinoidi

### 6.1. CBG (kanabigerol)

CBG (Slika 8.) je analgetski nepsihoaktivni kanabinoid koji je treći po zastupljenosti nakon THC-a i CBD-a u konoplji. Prekursor je u stvaranju THC-a i CBD-a u konoplji. Samo neke vrste industrijske konoplje imaju veću količinu CBG-a u svojoj zrelosti. Iako CBG nije proučavan u istoj mjeri kao THC i CBD, neke studije na miševima su pokazale da je učinkovit u liječenju upalne bolesti crijeva, a upravo je to bolest koja zahvaća milijune ljudi. CBG djeluje sa nizom receptora osim sa onima endokanabinoidnog sustava. Potencijalni je antiseptik i antibiotik koji ima snažno antibakterijsko djelovanje protiv patogena poput bakterije *Staphylococcus aureus*. Posjeduje antitumorska svojstva, a posebno za neke oblike raka prostate i usne šupljine [12].

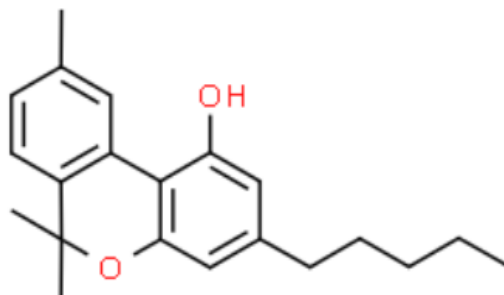


Slika 8. Kemijska struktura kanabigerola (CBG). Izvor:

„<http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.4474921.html?rid=9d1c6ea0-c07d-46b3-9095-0e46742560fe>“

### 6.2. CBN (kanabinol)

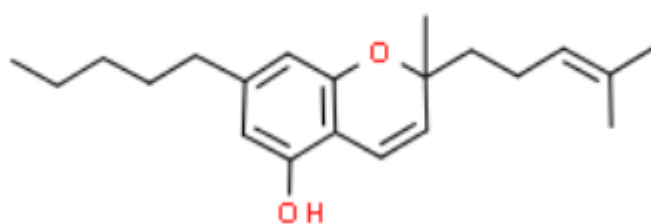
CBN (Slika 9.) je nusprodukt oksidacije THC-a kojeg konoplja ne proizvodi, ali se nalazi u starim uzorcima, smoli i ulju. Zbog toga je i CBN često pokazatelj lošeg skladištenja proizvoda od konoplje. CBN nije psihoaktivan, a djeluje sinergistički sedativno sa THC-om. Neke studije su pokazale da bi CBN mogao biti koristan u liječenju opekline jer smanjuje bol, a također je pokazao učinkovitost u liječenju nekih infekcija. Ova studija dokazuje da se čak i najlošije skladištena konoplja može potencijalno koristiti u medicinske svrhe [12].



Slika 9. Kemijska struktura kanabinola (CBN). Izvor: „<http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.2447.html?rid=e089daf1-3731-417b-a71a-4b0ebd37abc1>“

### 6.3. CBC (kanabikromen)

CBC (Slika 10.) je izoliran iz nekoliko srednjoazijskih vrsta kanabisa, ali možda postoji i u drugim sortama koje nisu analizirane na CBC tijekom ranog cvjetanja. Također se čini da, osim trihoma, CBC može biti koncentriran i u drugim dijelovima biljke. CBC se ne veže za kanabinoidne receptore, a pokazuje antibakterijska i antifungalna svojstva koja pomažu biljci u ranim fazama cvatnje. Djeluje protuupalno i analgetski, a u ispitivanju na životinjama je pokazao antidepresivne učinke [12].



Slika 10. Kemijska struktura kanabikromena (CBC). Izvor: „<http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.28064.html?rid=cb6d7f5c-9490-44e2-b93c-3b2212188a03>“

## 7. Proizvodi od industrijske konoplje

Konoplja je vrijedna sirovina koja se koristi u raznim industrijskim granama (Slika 11.). U Europi se industrijska konoplja uzgaja za vlakno, za sjeme i za druge namjene. U odnosu na industrijsku, ženske biljke indijske konoplje imaju više smole koja sadrži THC, ali to se temeljem vanjskog izgleda ne može sa sigurnošću utvrditi. Stoga je potrebna laboratorijska analiza THC-a u biljnom materijalu. Industrijska konoplja ima omjer THC-a i CBN-a prema CBD-u manji od 1, a kod indijske konoplje ovaj omjer je veći od 1.

Sjeme industrijske konoplje sadrži masti (25-35%), ugljikohidrate (20-30%), bjelančevine (20-25%) i vlakna (10-15%). Prinos ulja od sjemenki konoplje je 250-500 kg/ha. Od uljne pogače dobiva se brašno, a cijelo neoljušteno sjeme koristi se kao hrana za ptice i ribe. Drvenasti dio stabljike koristi se za proizvodnju celuloze, papira i ekološkog građevinskog materijala. Od konoplje se može dobivati biogorivo poput peleta, tekućih goriva i plina [15].



Slika 11. Široka primjena industrijske konoplje. Izvor: [15]



## 7.1. Ulje sjemenki industrijske konoplje

Ulje sjemenki industrijske konoplje (Slika 12.) jedno je od rijetkih ulja koja imaju preporučeni omjer  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 masnih kiselina prema EFSA-i (3-5:1) te sadrži oko 80% višestruko nezasićenih masnih kiselina. Najzastupljenija esencijalna kiselina je linolna (do 60%), a zatim  $\alpha$ -linolenska (do 20%). Od ostalih masnih kiselina tu se nalazi  $\gamma$ -linolenska (0,5-4,5%) i stearidonska (0,3-1,6%) koje se ne nalaze u biljnim uljima koja se uobičajeno koriste u prehrani. Ulje također sadrži antioksidanse poput tokoferola, tokotrienola i fitosterola koji sprečavaju oksidaciju tijekom skladištenja. Ukupni udjel tokoferola je 600-800 mg/kg pri čemu se  $\gamma$ -tokoferol nalazi u najvećem udjelu (oko 90%),  $\alpha$ - i  $\delta$ - tokoferoli čine 5%, a  $\beta$ -tokoferol oko 1%. Fitosteroli (3,6-6,7 g/kg ulja) koji su prisutni u hladno prešanim uljima smanjuju količinu LDL-kolesterola u krvi. Najzastupljeniji je  $\beta$ -sitosterol (70%), a od ostalih su prisutni kamposterol i stigmasterol. Kliničke studije pokazale su da ulje konoplje ima pozitivan utjecaj na imunološki sustav i da pomaže u zacjeljivanju rana na sluznici nakon operacije uha, nosa i grla [15].

Metoda prešanja na pužnim prešama omogućuje ekstrakciju 60-80% ulja iz sjemena, što je izuzetno dobro iskorištenje. U proizvedenom ulju mehaničkim postupcima se uklanjaju nečistoće, a zbog oksidacijske nestabilnosti mora se skladištiti u uvjetima bez kisika, svjetla ili izvora topline. Preporuka je da se ulje puni u bočice tamnog stakla malog volumena kako bi se potrošilo za 2 mjeseca jer kasnije ulje nije pogodno za prehranu. Ulje je zelene boje koje potječe od klorofila (oko 75 mg/kg) s ugodnim okusom po orašastim plodovima i blago gorkastim okusom. Oksidacijskim kvarenjem javlja se miris na lak, linoleum ili kit. Ulja neodgovarajuće kvalitete koriste se kao sirovina za proizvodnju boja i lakova. Nusprodukt proizvodnje ulja je odmaščena konopljina pogača čijim se mljevenjem dobiva brašno visokog udjela vlakana i proteina [15].



Slika 12. Ulje od sjemenki industrijske konoplje. Izvor: [„https://www.medicalnewstoday.com/articles/324450#skin-health“](https://www.medicalnewstoday.com/articles/324450#skin-health)

Sjemenke industrijske konoplje (Slika 13) također su bogate proteinima koji sadrže esencijalne aminokiseline poput metionina, cisteina, arginina i glutaminske kiseline. Na svojoj površini sadrže THC i ostale kanabinoide zato što su bile u kontaktu sa dijelovima biljke.



Slika 13. Sjemenke industrijske konoplje. Izvor: [„https://malaysia.exportersindia.com/zema-resources/high-quality-hemp-seeds-5477571.htm“](https://malaysia.exportersindia.com/zema-resources/high-quality-hemp-seeds-5477571.htm)

Za proizvodnju ulja, sjemenke se trebaju pažljivo očistiti od zelenih sjemenki, vanjskih ljuskica kako bi proizvedeno ulje imalo smanjeni udio THC-a. Rafinacijom ulja potpuno se uklanja THC, ali takvo ulje onda mora biti označeno kao rafinirano. Hrana od sjemenki sadrži količine THC-a koje se analitički mogu odrediti, a njegov udio se kreće u rasponu 3-150 mg/kg. Primjenom ulja industrijske konoplje u prehrambene svrhe postignuto je poboljšanje u industrijskom pročišćivanju i smanjenje koncentracije THC-a u praksi.

## 7.2. Proizvodi s CBD-om

Proizvodi sa CBD-om mogu se pronaći u raznim oblicima poput kapsula, ulja ili tinktura, bombona, balzama, cvjetova i sl. Istraživanja su pokazala da proizvodi bogati CBD-om imaju pozitivan učinak na pacijente s umjerenom do jakom boli, anksioznosti i depresijom [16].

Na tržištu postoji hrvatski brand iHemp koji proizvodi CBD ulja od industrijske konoplje koja se uzgaja u Hrvatskoj. U ponudi imaju CBD ulja, pastu (50% CBD-a) i kozmetiku. Od kozmetike nude balzame za njegu kože i usana (Slika 14). Balzami na bazi konoplje koji sadrže CBD se preporučuje za tretiranje oteklina, oštećenja kože i hidrataciju [17].



Slika 14. iHemp CBD balzam za kožu. Izvor: „<https://ihemp.hr/proizvod/cbd-balsam/>“

### 7.3. Konopljino brašno

Konopljino brašno se po svojem sastavu razlikuje od pšeničnog brašna, što je prikazano u Tablici 2.

Tablica 2. Razlike sastava pšeničnog i konopljinog brašna. Izvor: prilagođeno iz [18].

| Uzorci                        | Vlažnost (%) | Proteini (%) | Lipidi (%) | Pepeo (%) | Vlakna (%) |
|-------------------------------|--------------|--------------|------------|-----------|------------|
| Pšenično brašno 550           | 9,20         | 13,04        | 0,26       | 0,55      | 0,61       |
| Konopljino brašno varijetet 1 | 4,49         | 25,19        | 29,27      | 3,10      | 26,10      |
| Konopljino brašno varijetet 2 | 4,98         | 22,38        | 28,32      | 3,15      | 29,14      |

Iz priloženoga je vidljivo da konopljino brašno u odnosu na pšenično ima značajno veću količinu proteina, lipida i vlakana. Također postoji razlika u sadržaju mikroelemenata, što je vidljivo u Tablici 3.

Tablica 3. Sastav mikroelemenata u pšeničnom i konopljinom brašnu.

Izvor: prilagođeno iz [18].

| Uzorci (mg/100g)    | Cu  | Cd | Cr  | Ni | Pb  | Zn   | Fe   | Mn   | Ca  | Mg    | K      | P   |
|---------------------|-----|----|-----|----|-----|------|------|------|-----|-------|--------|-----|
| Pšenično brašno     | 1,1 | 0  | 0   | 0  | 0,1 | 4,60 | 5,77 | 4,69 | 463 | 131,3 | 1446,6 | 187 |
| Konopljino brašno 1 | 9,9 | 0  | 0,4 | 1  | 0,1 | 40   | 216  | 167  | 500 | 319   | 4052   | 350 |
| Konopljino brašno 2 | 10  | 0  | 1,2 | 4  | 0   | 38   | 89   | 112  | 715 | 599   | 4786   | 415 |

Što se tiče masnih kiselina, konopljino brašno sadrži sve potrebne za pravilno funkcioniranje ljudskog tijela, a njihov sastav je prikazan u Tablici 4 [18].

Tablica 4. Sastav masnih kiselina pšeničnog i konopljinog brašna. Izvor: prilagođeno iz [18].

| <b>Uzorci<br/>(% ukupnih masnih<br/>kiselina)</b> | <b>Pšenično<br/>brašno</b> | <b>Konopljino brašno 1</b> | <b>Konopljino brašno 2</b> |
|---------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Miristinska kiselina                              | 1,61                       | 0,24                       | 0,92                       |
| Palmitinska kiselina                              | 22,16                      | 11,92                      | 13,02                      |
| Stearinska kiselina                               | 3,96                       | 5,98                       | 6,23                       |
| Oleinska kiselina                                 | 17,36                      | 23,6                       | 20,58                      |
| Linolna kiselina                                  | 43,99                      | 38,83                      | 38,61                      |
| $\gamma$ - linolna kiselina                       | 5,41                       | 16,46                      | 18,61                      |
| Margarična kiselina                               | 0,88                       | 0,25                       | 0,29                       |
| Palmitoleinska kiselina                           | 0,5                        | 0,06                       | 0,11                       |
| Arahidonska kiselina                              | 0,22                       | 1,84                       | 4,48                       |

Od hrvatskih proizvođača konopljinog brašna ističe se NUTRI OIL sa svojim brandom bio&bio. Konopljino brašno (Slika 15.) je zelene boje s blagim okusom i mirisom orašastog voća, a dodaje se drugim brašnima u proizvodnji pekarskih i slastičarskih proizvoda [19].



Slika 15. Konopljino brašno. Izvor: „<https://www.biobio.hr/brasno-od-konoplje-proizvod-22863/>“

#### 7.4. Proteini od konoplje

Nekoliko studija identificiralo je da su glavni skladišni proteini edestin i globulin u koncentraciji 67-75% i albumin u koncentraciji 25-37%. Edestin je protein konoplje koji sadrži visok sadržaj sumpornih kiselina (metionin i cistein). Izolat proteina konoplje (HPI) izvor je svih devet esencijalnih kiselina sa visokim udjelom arginina i glutaminske kiseline. Probavljivost proteina iz sjemena konoplje veći je od ostalih biljnih proteina iz pšenice i mahunarki. U Tablici 5 prikazan je aminokiselinski sastav u izolatu od proteina konoplje. Razine lizina i aminokiselina koji sadrže sumpor znatno su veći od onih koji se nalaze u većini biljnih proteina, dok nema dovoljne koncentracije lizina da zadovolji preporučene dnevne doze. Izolat je bogat izvor glutamina, arginina, tirozina i fenilalanina [18].

Tablica 5. Aminokiselinski sastav proteina iz konoplje. Izvor: prilagođeno iz [18].

| Esencijalne aminokiseline | g/100g | FAO/WHO preporuke za odrasle | Dnevne potrebe (%) |
|---------------------------|--------|------------------------------|--------------------|
| Izoleucin+Leucin          | 5,21   | 3,20                         | 141,60             |
| Lizin                     | 2,88   | 1,60                         | 156,60             |
| Metionin+Cistein          | 5,49   | 1,70                         | 280,70             |
| Fenilalanin+Tirozin       | 9,63   | 1,90                         | 440,30             |
| Treonin                   | 3,79   | 0,90                         | 365,80             |
| Triptofan                 | 0,26   | 0,50                         | 44,40              |
| Arginin                   | 2,11   | 0,46                         | 458,70             |
| Valin                     | 4,53   | 1,80                         | 218,70             |

Od hrvatskih proizvođača proteina od konoplje poznata je Tvornica zdrave hrane s brandom Nutrigold. Proteinski prah (Slika 16.) proizvodi se od organskih sjemenki konoplje hladnim prešanjem, a nakon toga se izdvajaju vlakna kako bi se koncentrirao protein orašaste arome [20].



Slika 16. Nutrigold protein od konoplje. Izvor:

„<https://www.tvorniczdravehrane.com/proteinski-prah-konoplje-1000g-nutrigold-proizvod-14638/>“

## 8. Kemijska analiza kanabinoida

Uredba (EZ) br. 178/2002 usmjerena je na zaštitu potrošača i pružanju relevantnih informacija kako bi potrošači mogli donositi odluke o hrani koju konzumiraju. Cilj je sprječavanje prijevara ili zavaravajućih postupaka, patvorenja hrane i svih ostalih postupaka koji bi mogle dovesti potrošače u zabludu [21]. Stoga je nužna analiza kemijskog sastava proizvoda od konoplje kako bi se osiguralo da kupci ne kupuju proizvode koji sadrže neželjene kanabinoidne profile te kako bi se zaštitili od potencijalnih rizika. Najčešće metode za kvantitativno određivanje kanabinoida baziraju se na uporabi plinske i tekućinske kromatografije [7].

### 8.1. Kromatografske metode

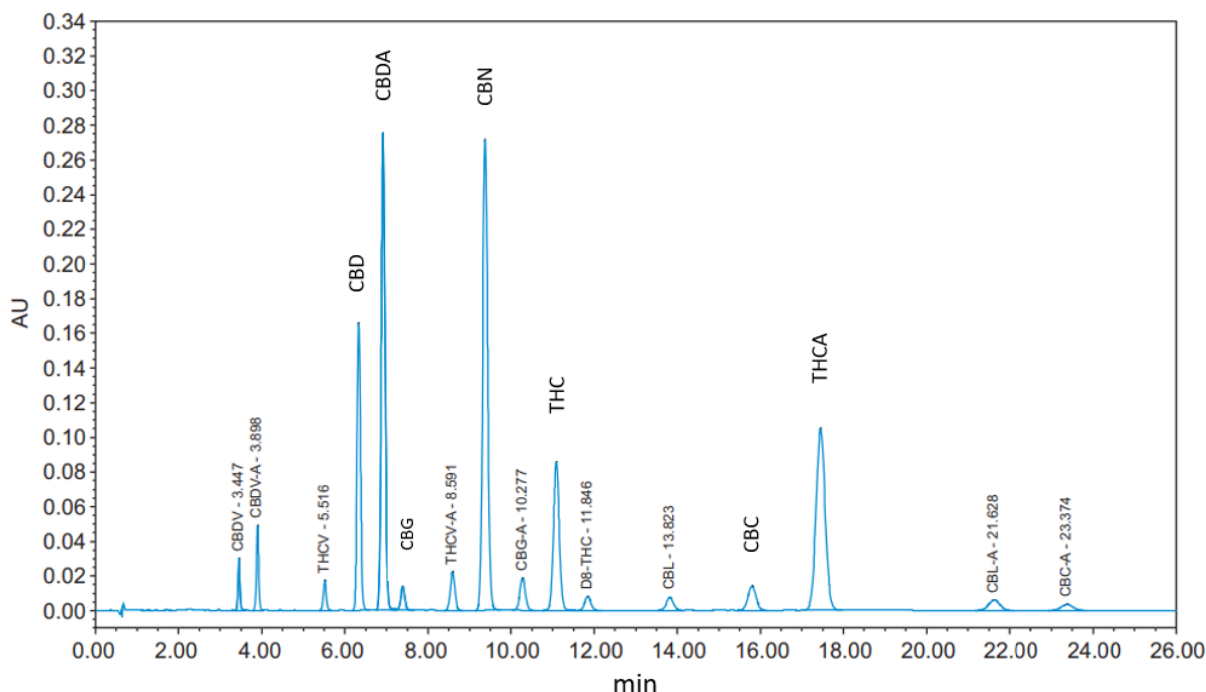
Kromatografija je fizikalno-kemijska metoda kojim se komponente smjese mogu odvojiti te je jedna od primarnih analitičkih metoda za identifikaciju i kvantifikaciju spojeva u plinovitom ili tekućem stanju. Načelo kromatografije temelji se na koncentracijskoj ravnoteži komponenti od interesa između dvije faze koje se ne miješaju. Stacionarna faza je imobilizirana unutar kolone ili fiksirana na nosač, a mobilna faza prolazi kroz stacionarnu fazu. Kako komponente uzorka imaju različitu topljivost u svakoj fazi, dolazi do njihovog razdvajanja na čvrstoj fazi. Kromatografija se koristi u mnogim laboratorijima za molekularnu analizu, te je najčešće korištena analitička tehnika u smislu široke primjene među svim analitičkim tehnikama [22].

Plinska kromatografija (GC) jedna je od najčešće korištenih kromatografskih metoda u kvantitativnoj analizi kanabinoida. Budući da ova tehnika zahtijeva visoke temperature, kiseli kanabinoidi podliježu dekarboksilaciji tijekom prolaska kroz analitičku kolonu, stoga se kiseli kanabinoidi ne mogu odrediti ako nisu derivatizirani prije analize. Plinska kromatografija obično je povezana sa spektrometrijom masa (MS) ili plameno ionizacijskim detektorom (FID) za detekciju i kvantifikaciju kanabinoida. Plameno-ionizacijski detektor koristi relativno jeftine analitičke standarde, dok spektrometrija masa obično zahtijeva ekvivalentne deuterirane standarde koji su skupi i nedostupni za sve kanabinoide [7].

*Cannabis sativa* je biljka koja proizvodi najmanje 100 različitih kanabinoida, a laboratoriji su svoje analize fokusirali na primarne spojeve: THC, THCA, CBDA, CBD i CBN. Kako je u zadnje vrijeme fokus i na ostalim kanabinoidima, javila se potreba za metodama koje ih mogu detektirati i kvantificirati [23]. Tekućinska kromatografija visoke djelotvornosti (HPLC) često je korištena tehnika u kvantitativnoj analizi kanabinoida. Glavna razlika u analitičkoj provedbi između HPLC-a i GC-a jest u tome što se kod HPLC-a koriste niže temperature zbog čega ne dolazi do dekarboksilacije kiselih oblika kanabinoida. Nedostatak HPLC-a je u tome što ne može analizirati



hlapljive spojeve poput terpena [7]. U odnosu na GC, HPLC je preferirana metoda za analizu biljnog materijala i koncentrata (ukupni THC, ukupni CBD ili omjer THC/CBD) zato što može identificirati i kvantificirati strukturno slične kanabinoide i njihove različite oblike u jednoj analizi [23]. Primjer HPLC kromatograma koji uključuje 16 različitih kanabinoida dan je Slikom 17.



Slika 17. HPLC kromatogram 16 vrsta kanabinoida; AU (apsorbancija), min (minute).

Izvor: prilagođeno iz [23].

Za analizu kanabinoida mogu se koristiti različite tehnike detekcije u kombinaciji sa HPLC-om, primjerice MS i UV detektor. U odnosu na MS, UV detektor je jeftinija i jednostavnija opcija, međutim, ne daje dovoljno informacija da bi se mogla koristiti zasebno za točnu identifikaciju kanabinoida pa se koristi detektor niza elektroda (DAD) koji snima vidljivi (Vis) i ultraljubičasti (UV) spektar. DAD može pomoći u poboljšanju specifičnosti jer kiseli i neutralni kanabinoide imaju različite apsorpcijske spektre. Unatoč tome, najbolju specifičnost ima MS što je važno kod analiza složenih ekstrakata poput konoplje. Spojeve poput CBG-a i CBD-a teško je odvojiti uporabom UV-a pa je MS poželjnija tehnika jer učinkovitije razdvaja različite kanabinoide na temelju vrijednosti njihovog molekularnog iona ( $m/z$ ) [7].

Obzirom na različite varijacije, postoji potreba za standardizacijom metoda u određivanju kanabinoida, kako bi se omogućila veća točnost analize, ali i usporedivost rezultata mjerenja, a sve sa ciljem osiguranja veće pouzdanosti laboratorijskih ispitivanja te naposljetku povjerenja potrošača u proizvode dostupne na tržištu [23].

## 9. Zaključak

Industrijska konoplja je zbog svog sastava biljka koja ima široku primjenu, ali kontroverzna zbog toga što sadrži THC koji ima psihoaktivno djelovanje. Iz tog razloga industrijska konoplja prema legislativi Europske Unije ne smije sadržavati više od 0,2% THC-a u suhoj tvari. THC i CBD su kanabinoidi koji su najviše istraživani u industrijskoj konoplji, ali ne treba zanemariti i ostale kanabinoide koji pokazuju potencijalne koristi. Osim kanabinoida, industrijska konoplja ima takav sastav makronutrijenata da se njenom preradom mogu dobiti razni visokovrijedni prehrambeni proizvodi. Kako bi se prema Uredbi (EZ) br. 178/2002 potrošačima pružili proizvodi sa željenim kanabinoidnim profilom i zaštitilo od rizika, potrebne su standardizirane analitičke metode za njihovo određivanje. Zbog složenosti uzoraka konoplje (velik broj različitih i strukturno sličnih kanabinoida), najboljom analitičkom opcijom se pokazala HPLC metoda sa MS tehnikom detekcije.

## 10. Literatura

- [1] Pellegrino C. et al. (2021). A Review of Hemp as Food and Nutritional Supplement. *Cannabis and Cannabinoid Research*, 6 (1), str. 19-27.
- [2] David G. (2015). An Overview of Products and Bias in Research. *Neurotherapeutics*, 12 (4), str. 731-734.
- [3] Paić A. T. (2012). Svojstva kanabinoidnih receptora ljekovite biljke *Cannabis sativa*. *Medicinski vjesnik*, 44 (1-4), str. 147-162.
- [4] Narodne novine (2019). *Zakon o izmjenama i dopunama zakona o suzbijanju zlouporabe droga (NN 39/2019)*.
- [5] Ministarstvo poljoprivrede. Duhan i konoplja. <https://poljoprivreda.gov.hr/duhan-i-konoplja/198>, pristupljeno 23.2.2023.
- [6] One hundred fifteenth congress of the United States of America. <https://www.congress.gov/115/bills/hr2/BILLS-115hr2enr.pdf>, pristupljeno 20.2.2023.
- [7] Lazarjani M. P. et al. (2020). Methods for quantification of cannabinoids: a narrative review. *Journal of Cannabis Research*, str. 1-10.
- [8] Chakravarti B. et al. (2014). Cannabinoids as therapeutic agents in cancer: current status and future implications. *Oncotarget*, 5 (15), str. 5852-5872.
- [9] Lu H. i Mackie K. (2015). An introduction to the endogenous cannabinoid system. *Biological Psychiatry*, 79 (7), str. 516-525.
- [10] The endocannabinoid system: Essential and mysterious. [www.health.harvard.edu/blog/the-endocannabinoid-system-essential-and-mysterious-202108112569](http://www.health.harvard.edu/blog/the-endocannabinoid-system-essential-and-mysterious-202108112569), pristupljeno 21.2.2023.
- [11] Kladar et al. (2021). European hemp-based food products-Health concerning cannabinoids exposure assessment. *Food Control*, 129, str. 1-8.
- [12] Backes M. (2017). *Cannabis Pharmacy: The Practical Guide to Medical Marijuana*. New York: Black Dog & Leventhal
- [13] Palomares et al. (2020). Tetrahydrocannabinolic acid A (THCA-A) reduces adiposity and prevents metabolic disease caused by diet-induced obesity. *Biochemical Pharmacology*.
- [14] Price K. N. et al. (2021). *A Comprehensive Guide to Hidradenitis Suppurativa: Complementary and Alternative Medicine*, 1<sup>st</sup> edition. New York: Elsevier.
- [15] Petrović M. et al. (2015). Znanstveno mišljenje o utjecaju na zdravlje različitih vrsta hrane od sjemenki i koja sadrži sjemenke industrijske konoplje. Hrvatska agencija za hranu.
- [16] Rapin L. et al. (2021). Cannabidiol use and effectiveness: real world evidence from a Canadian medical cannabis clinic. *Journal of Cannabis Research* 3, 19
- [17] CBD Balzam. <https://ihemp.hr/proizvod/cbd-balsam/>, pristupljeno 28.2.2023.

- [18] Rusu I-E. et al. (2021). Advanced Characterization of Hemp Flour (*Cannabis sativa* L.) from Dacia Secuieni and Zenit Varieties, Compared to Wheat Flour. *Plants*.
- [19] Brašno od konoplje. <https://www.biobio.hr/brasno-od-konoplje-proizvod-22863/>, pristupljeno 28.2.2023.
- [20] Proteinski prah konoplje. <https://www.tvornicazdravehrane.com/proteinski-prah-konoplje-1000g-nutrigold-proizvod-14638/>, pristupljeno 28.2.2023.
- [21] Uredba (EZ) br. 178/2002 europskog parlamenta i vijeća o utvrđivanju općih načela i uvjeta zakona o hrani, osnivanju Europske agencije za sigurnost hrane te utvrđivanju postupaka u područjima sigurnosti hrane.
- [22] Rouessac F., Rouessac A. i Brooks S. (1994). *Chemical Analysis: Modern Instrumentation Methods and Techniques*, 2<sup>nd</sup> edition. Chichester: Wiley.
- [23] Aubin A. et al. (2018). Separation of 16 Cannabinoids in Cannabis Flower and Extracts Using a Reversed-Phase Isocratic HPLC Method. Milford: Waters Corporation.

## 11. Popis slika

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1. Morfološke razlike triju vrsta roda Cannabis .....                            | 2  |
| Slika 2. Kanabinoidni receptori .....                                                  | 5  |
| Slika 3. Kanabinoidi i put njihove pretvorbe.....                                      | 7  |
| Slika 4. Tetrahidrokanabinol (THC).....                                                | 8  |
| Slika 5. Metabolizam THC-a.....                                                        | 10 |
| Slika 6. THCA (tetrahidrokanabinolna kiselina) .....                                   | 11 |
| Slika 7. Dekarboksilacija kanabidiolne kiseline (CBDA) toplinom u CBD .....            | 12 |
| Slika 8. Kanabigerol (CBG) .....                                                       | 13 |
| Slika 9. Kanabinol (CBN). .....                                                        | 14 |
| Slika 10. Kanabikromen (CBC).....                                                      | 14 |
| Slika 11. Široka primjena industrijske konoplje.....                                   | 15 |
| Slika 12. Ulje od sjemenki industrijske konoplje .....                                 | 17 |
| Slika 13. Sjemenke industrijske konoplje.....                                          | 17 |
| Slika 14. iHemp CBD balzam za kožu .....                                               | 18 |
| Slika 15. Konopljino brašno .....                                                      | 21 |
| Slika 16. Nutrigold protein od konoplje .....                                          | 22 |
| Slika 17. HPLC kromatogram 16 vrsta kanabinoida; AU (apsorbancija), min (minute) ..... | 24 |

## 12. Popis tablica

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Tablica 1. Sadržaj THC-a u pripravcima od konoplje.....                 | 8  |
| Tablica 2. Razlike sastava pšeničnog i konopljinog brašna .....         | 19 |
| Tablica 3. Sastav mikroelemenata u pšeničnom i konopljinom brašnu ..... | 19 |
| Tablica 4. Sastav masnih kiselina pšeničnog i konopljinog brašna.....   | 20 |
| Tablica 5. Aminokiselinski sastav proteina iz konoplje .....            | 22 |



**IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU**

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Domagoj Turk (*ime i prezime*) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom Kanabinoidi u proizvodima od industrijske konoplje (*upisati naslov*) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:

(*upisati ime i prezime*)

Domagoj Turk

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Domagoj Turk (*ime i prezime*) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom Kanabinoidi u proizvodima od industrijske konoplje (*upisati naslov*) čiji sam autor/ica.

Student/ica:

(*upisati ime i prezime*)

Domagoj Turk

(vlastoručni potpis)

**6.4%**

PlagScan by Turnitin Results of plagiarism analysis from 2023-05-10 09:01 UTC

Završni rad - Domagoj Turk - ispravci - Copy.docx

Date: 2023-05-10 08:58 UTC

\* All sources 27 | Internet sources 22 | Organization archive 5

|                                     |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |      |           |                                    |
|-------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | [0]  | <a href="http://zir.nsk.hr/islandora/object/fzsri:1390/datastream/PDF/view">zir.nsk.hr/islandora/object/fzsri:1390/datastream/PDF/view</a>                                                                                                                                                       | 1.3% | 8 matches | 1 documents with identical matches |
| <input checked="" type="checkbox"/> | [2]  | <a href="http://zir.nsk.hr/islandora/object/ptfos:2467/datastream/PDF/view">zir.nsk.hr/islandora/object/ptfos:2467/datastream/PDF/view</a>                                                                                                                                                       | 1.3% | 9 matches |                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> | [3]  | <a href="http://core.ac.uk/download/pdf/212450577.pdf">core.ac.uk/download/pdf/212450577.pdf</a>                                                                                                                                                                                                 | 1.2% | 9 matches | 1 documents with identical matches |
| <input checked="" type="checkbox"/> | [5]  | <a href="http://www.bib.irb.hr/875426">www.bib.irb.hr/875426</a>                                                                                                                                                                                                                                 | 0.9% | 8 matches |                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> | [6]  | <a href="http://hrcak.srce.hr/187829">hrcak.srce.hr/187829</a>                                                                                                                                                                                                                                   | 1.0% | 6 matches |                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> | [7]  | <a href="http://hrcak.srce.hr/en/187829">hrcak.srce.hr/en/187829</a>                                                                                                                                                                                                                             | 1.0% | 6 matches |                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> | [8]  | <a href="http://repositorij.fazos.hr/islandora/object/pfos:108/datastream/PDF/download">repositorij.fazos.hr/islandora/object/pfos:108/datastream/PDF/download</a>                                                                                                                               | 0.7% | 6 matches | 1 documents with identical matches |
| <input checked="" type="checkbox"/> | [10] | <a href="http://www.veleri.hr/sites/default/files/2021-07/va_knjigapravilnaprehranaizdravlje_web_dec2016_0.pdf">www.veleri.hr/sites/default/files/2021-07/va_knjigapravilnaprehranaizdravlje_web_dec2016_0.pdf</a>                                                                               | 0.6% | 5 matches |                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> | [11] | <a href="http://zir.nsk.hr/islandora/object/pfos:1938/datastream/PDF/view">zir.nsk.hr/islandora/object/pfos:1938/datastream/PDF/view</a>                                                                                                                                                         | 0.6% | 4 matches |                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> | [12] | <a href="http://vlada.gov.hr/UserDocsImages/2016/Sjednice/2022/Prosinac/174_sjednica_Vrh/174 - 10.docx">vlada.gov.hr/UserDocsImages/2016/Sjednice/2022/Prosinac/174_sjednica_Vrh/174 - 10.docx</a>                                                                                               | 0.6% | 2 matches |                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> | [13] | "Zakonodavstvo gotovo.docx" dated 2022-11-06                                                                                                                                                                                                                                                     | 0.5% | 3 matches |                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> | [14] | "Završni rad - Lea Radmanić.docx" dated 2022-09-12                                                                                                                                                                                                                                               | 0.5% | 2 matches |                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> | [15] | <a href="http://faolex.fao.org/docs/pdf/cro154225.pdf">faolex.fao.org/docs/pdf/cro154225.pdf</a>                                                                                                                                                                                                 | 0.4% | 2 matches |                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> | [16] | <a href="http://www.hah.hr/doneseno-znanstveno-misljenje-hah-a-o-utjecaju-na-zdravlje-razlicitih-vrsta-hrane-od-sjemenki-i-koja-sadrzi-sjemenke-indus">www.hah.hr/doneseno-znanstveno-misljenje-hah-a-o-utjecaju-na-zdravlje-razlicitih-vrsta-hrane-od-sjemenki-i-koja-sadrzi-sjemenke-indus</a> | 0.4% | 3 matches |                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> | [17] | <a href="http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=celex:32002R0178">eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=celex:32002R0178</a>                                                                                                                                                   | 0.4% | 1 matches |                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> | [18] | <a href="http://faolex.fao.org/docs/pdf/cro192088.pdf">faolex.fao.org/docs/pdf/cro192088.pdf</a>                                                                                                                                                                                                 | 0.4% | 1 matches |                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> | [19] | <a href="http://repository.biotech.uniri.hr/islandora/object/biotechri:250/datastream/PDF/view">repository.biotech.uniri.hr/islandora/object/biotechri:250/datastream/PDF/view</a>                                                                                                               | 0.4% | 2 matches |                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> | [20] | <a href="http://www.telegraf.rs/zivot-i-stil/zdravlje/3506556-cbd-nije-droga-10-predrasuda-o-kanabidiolu">www.telegraf.rs/zivot-i-stil/zdravlje/3506556-cbd-nije-droga-10-predrasuda-o-kanabidiolu</a>                                                                                           | 0.4% | 2 matches |                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> | [21] | <a href="http://zir.nsk.hr/islandora/object/unipu:3905/datastream/PDF/download">zir.nsk.hr/islandora/object/unipu:3905/datastream/PDF/download</a>                                                                                                                                               | 0.3% | 2 matches |                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> | [22] | "ZAVRŠNI RAD_Kukec Valerija.docx" dated 2022-09-17                                                                                                                                                                                                                                               | 0.2% | 2 matches |                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> | [23] | "Doktorska disertacija_Dean Valdec.pdf" dated 2020-09-16                                                                                                                                                                                                                                         | 0.1% | 2 matches |                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> | [24] | "Andrea Jozinović.docx" dated 2022-09-01                                                                                                                                                                                                                                                         | 0.1% | 2 matches |                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> | [25] | <a href="http://repositorij.kemija.unios.hr/islandora/object/kemos:450/datastream/PDF/view">repositorij.kemija.unios.hr/islandora/object/kemos:450/datastream/PDF/view</a>                                                                                                                       | 0.2% | 2 matches |                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> | [26] | <a href="http://ljekarna-cakovec.hr/konoplja-u-ljekarni/">ljekarna-cakovec.hr/konoplja-u-ljekarni/</a>                                                                                                                                                                                           | 0.1% | 2 matches |                                    |



0.1% 4 matches

- 
- [27] [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8838193/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8838193/)  
0.2% 1 matches
- 
- [28] [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4789136/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4789136/)  
0.1% 1 matches
- 
- [29] [www.researchgate.net/publication/336077283\\_Cannabinoids\\_In\\_search\\_for\\_an\\_explanation](http://www.researchgate.net/publication/336077283_Cannabinoids_In_search_for_an_explanation)  
0.1% 1 matches
- 

47 pages, 6052 words

PlagLevel: 6.4% selected / 6.4% overall

47 matches from 30 sources, of which 25 are online sources.

#### Settings

Data policy: *Compare with web sources, Check against my documents, Check against my documents in the organization repository, Check against organization repository, Check against the Plagiarism Prevention Pool*

Sensitivity: *Medium*

Bibliography: *Consider text*

Citation detection: *Reduce PlagLevel*

Whitelist: --